ISSN 0798 - 0639

UNIVERSIDAD DE ORIENTE - CUMANÁ, VENEZUELA / VOLUMEN 51 / Nº 1 – 2012



BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

BOLETÍN DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

CUMANÁ – VENEZUELA

COMITÉ EDITORIAL

ARTURO ACERO P.
Instituto de Ciencias Naturales,
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá, Colombia.

JOAQUÍN BUITRAGO
EDIMAR
Fundación La Salle
Isla de Margarita, Venezuela

LUIS D´CROZ
Tropical Smithsonian Institute
Panamá.

FERNANDO CERVIGÓN
Museo Marino Boca de Río
Isla de Margarita, Venezuela.

DAVID DIE
Rosenstiel School of Marine and
Atmospheric Science
University of Miami
Miami, FL. USA

JUAN ANTONIO GÓMEZ
Centro de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad de Panamá, Panamá.

GEDIO MARÍN ESPINOZA
Departamento de Biología
Universidad de Oriente
Cumaná, Venezuela.

RAFAEL LEMAITRE
National Museum of Natural History,
Smithsonian Institution
Washington, DC, USA

ILDEFONSO LIÑERO ARANA
Instituto Oceanográfico de Venezuela
Universidad de Oriente
Cumaná, Venezuela.

TAIZO OKUDA
Instituto Oceanográfico de Venezuela
Universidad de Oriente
Cumaná, Venezuela.

EVELYN ZOPPI
Instituto de Zoología Tropical
Universidad Central de Venezuela
Caracas, Venezuela.

El Instituto Oceanográfico de Venezuela (IOV) constituye el núcleo primigenio de la Universidad de Oriente, creada por el Decreto de la Junta de Gobierno Nº 459 de fecha 21 de noviembre de 1958. Sus actividades comenzaron el 12 de octubre de 1959, en la ciudad de Cumaná estado Sucre, Venezuela y han continuado ininterrumpidamente desde entonces.

EL BOLETÍN DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA es una revista arbitrada que tiene como objeto fundamental difundir el conocimiento científico sobre la oceanografía del Mar Caribe y el Océano Atlántico Tropical.

El Boletín fue editado por primera vez en el mes de octubre del año 1961, siendo publicado con el nombre de "Boletín del Instituto Oceanográfico". A partir del volumen n° 8 publicado en el año 1970, la portada, el formato y las normas editoriales fueron modificadas. En el año 1980 es rebautizado con el nombre actual de "Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela".

INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA

MAYRÉ JIMÉNEZ
Directora

GREGORIO MARTÍNEZ.
Jefe Departamento de Oceanografía

NIEVES AGUADO
Jefe Departamento de Biología Pesquera

JORGE BARRIOS
Jefe Departamento de Biología Marina

MARY ISABEL SEGNINI DE BRAVO
Coordinador Postgrado en Ciencias Marinas

OSCAR DÍAZ
Editor
jeiovudo@sucre.udo.edu.ve

ILDEFONSO LIÑERO, JULIO PÉREZ & GEDIO MARÍN
Editores Asociados

CARLOS A. FIGUEROA ASCANIO
Asistente Técnico

Indizada en :
Aquatic Sciences & Fisheries Abstracts, Biosis, Latindex, Periódica, Ulrich´s Periodicals Directory, Wildlife Review Abstracts, Zoological Record.
Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT)
Nº Reg.- 19990243

ISSN 0798-0639 *DEPÓSITO LEGAL* pp 196103SU82

BOLETÍN DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Vol. 51 (nro. 1) 2012

CONTENIDO

Página

MÁRQUEZ, A., O. GARCÍA, W. SENIOR, G. MARTÍNEZ, Á. GONZÁLEZ & I. FERMÍN. Metales pesados en sedimentos superficiales del río Orinoco, Venezuela. 3

LIRA, C., G. HERNÁNDEZ, J. BOLAÑOS, J. HERNÁNDEZ, R. LÓPEZ, M. PIÑATE & I. HERNÁNDEZ-ÁVILA. Crustáceos decápodos bentónicos litorales de la isla de La Tortuga. I.- Familia Porcellanidae Haworth, 1825. 19

HERNÁNDEZ, G. & I. MAGÁN. Redescripción de los primeros estadios postembrionarios del cangrejo anomuro *Petrolisthes magdalenensis* Werding, 1978 (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). 35

BRITO, L., M. SEGNINI DE B. & O. CRESCENTE. Actividad citotóxica de extractos orgánicos de macroalgas marinas del oriente de Venezuela. 53

LEMUS, M., M. BALZA & C. MARTÍNS. Respuestas fisiológicas y acumulación de cadmio en el bivalvo *Lima scabra* (Born, 1778) (Pterioida: Limidae). 59

KIMBERLY M. & J.G. RODRÍGUEZ-QUINTAL. Caracterización de las colonias de *Acropora palmata* (Scleractinia: Acroporidae) en cayo Sombrero, Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. 67

RAMOS, C., E. CASTRO-PÉREZ, C. RAMADUGU, J. GÓMEZ, J. VILLALAZ & M. AVILÉS. Phylogenetic relationships among species of *Protothaca* from Panama based on cytochrome c oxidase I (COI) sequences. 75

CRESCINI, R., W. VILLALBA, A. PRIETO & R. LEIVA. Parámetros de crecimiento y mortalidad de *Tivela mactroides* (Veneridae) en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. 85

RONDÓN, R. I. SPROCK, J. BOLAÑOS, C. LIRA, J. HERNÁNDEZ, K. SALAZAR & E. RON. Aspectos de la biología reproductiva de *Raninoides louisianensis*, Rathbun, 1933 (Decapoda: Raninoidea: Raninidae) en la plataforma deltana venezolana. 93

Normas para la preparación de manuscritos a ser sometidos al Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela. 101

Depósito Legal, pp 196103SU82
Composición de Textos, Diagramación
y Arte Final: Carlos A. Figueroa Ascanio.
Fotolito e Impresión a cargo de
Editorial Universitaria
de la Universidad de Oriente.
Cumaná, Edo. Sucre

ADQUISICIÓN Y CANJE

Biblioteca “Rafael A. Curra”
Instituto Oceanográfico de Venezuela
Apartado Postal 294, Cumaná 6101A
Estado Sucre, Venezuela
bibrac@sucre.udo.edu.ve

PRECIO

VENEZUELA Bs. 30,00 EXTERIOR US$ 10.00

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 3-18 (2012) 5 Fig., 8 Tabs.

METALES PESADOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL RÍO ORINOCO, VENEZUELA

ARISTIDE MÁRQUEZ[1], ORLYS GARCÍA[2], WILLIAM SENIOR[1], GREGORIO MARTÍNEZ[1], ÁNGEL GONZÁLEZ[3] & IVIS FERMÍN[1]

[1]*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
aristd@gmail.com

[2]*Programa de Postgrado en Química, IVIC, Venezuela.*

[3]*Instituto Limnológico, Universidad de Oriente, Caicara del Orinoco, Venezuela.*

RESUMEN: En Febrero de 2001 y Abril de 2002, se recolectaron sedimentos superficiales en Orinoco medio, Venezuela, con el propósito de estudiar la variación temporal de los metales pesados y el impacto en la zona. Utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con llama de aire-acetileno se determinaron en la zona concentraciones promedios de: Fe (56,82 µg g^{-1}) > Mn (271,35 µg g^{-1}) > Zn (86,02 µg g^{-1}) > Ni (9,35 µg g^{1}) > Cu (5,77 µg g^{-1}) > Co (5,37 µg g^{-1}) > Cr (4,48 µg g^{-1}) > Pb (2,56 µg g^{-1}) > Cd (0,15 µg g^{-1}). Mercurio no fue detectado. Las concentraciones de los metales fueron mayores en Febrero del 2001 para todos los elementos, excepto para hierro. Todos los metales estuvieron asociados a las partículas finas del sedimento, también a la materia orgánica, exceptuando Pb y Zn, y a carbonatos (menos Zn, Pb, Fe, Cd). Para algunas estaciones, los valores de Cu, Ni, Zn y Pb son superiores a los reportados en la literatura, para sedimentos no contaminados, lo cual evidencia intervención antropogénica. Sin embargo, los promedios están por debajo de las concentraciones medias reportadas para algunos ríos del mundo.

Palabras clave: Sedimento, geoquímica de metales, río Orinoco.

ABSTRACT: With the purpose of studying the transient variation of heavy metals and their impact on the area of study, surface sediments were collected in Mid Orinoco, Venezuela, in February 2001 and April 2002. Using air-acetylene flame atomic absorption spectrophotometry, the mean concentrations for these elements were determined as follows: Fe (56.82 µg g-1) > Mn (271.35 µg g-1) > Zn (86.02 µg g-1) > Ni (9.35 µg g1) > Cu (5.77 µg g-1) > Co (5.37 µg g-1) > Cr (4.48 µg g-1) > Pb (2.56 µg g-1) > Cd (0.15 µg g1). Mercury was undetected. Concentrations were larger than they had been in February 2001 for all elements except iron. All metals were bound to fine sediment particles; all but Pb and Zn were bound to organic matter; and all save Zn, Pb, Fe, and Cd were associated to carbonates. Cu, Ni, Zn, and Pb values were higher for some stations than those reported in the literature, suggestive of anthropogenic intervention. Mean concentrations are, however, below those reported for other important rivers in the world.

Key words: Sediment, geochemistry of metals, Orinoco river.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son unos de los constituyentes inorgánicos mayores en los ecosistemas acuáticos (EMOYAN *et al*. 2006). Su entrada en las aguas superficiales de los ríos y posterior deposición en los sedimentos representan un serio problema para estos ecosistemas (SCHERER *et al*. 2011). En las aguas de los ríos, provienen de procesos naturales como meteorización de rocas y erosión de los suelos; sin embargo, los aportes de las actividades antropogénicas contribuyen significativamente al incremento de las concentraciones, aunque a través de la precipitación y la deposición atmosférica, cantidades importantes de estos metales entran también en el ciclo hidrológico a través de las aguas de la superficie (FURHAN *et al*. 2006; FERIA *et al*. 2010). En los medioambientes contaminados, los organismos bioacumulan, debido a la estabilidad geoquímica que presentan (IBRAGIMOW & GOSIÑSKA 2010). Es por ello que el monitoreo del contenido del metales pesados en los cuerpos de aguas, especialmente el derivado de las actividades antropogénicas es particularmente importante para la valoración de la calidad y protección de los ecosistemas (PRIJU & NARAYANA 2007; MÁRQUEZ *et al*. 2010).

El río Orinoco ocupa el tercer lugar entre los ríos más caudalosos del mundo. Su elevada descarga promedio (1,1 x 1.012 m^3año^{-1}) solamente es superada por los ríos Amazonas (6,3 x 1.012 m^3 año^{-1}) y Zaire (1,3 x 1.012 m^3 año^{-1}, (MILLIMAN & MEADE 1983). La cuenca está compartida geopolíticamente por Venezuela y Colombia y abarca una superficie de 1.080.000 km^2, de los cuales Venezuela posee el 71% y Colombia el 29%. El río Orinoco se ha delimitado geográfica e hidrológicamente en alto, medio y bajo Orinoco (VILA 1960; MORA POLANCO *et al*. 2007). Por su margen derecha, el Orinoco recibe los aportes de tributarios que drenan el Escudo Guayanés, mientras que por su margen izquierda recibe los ríos que drenan los Andes colombianos y venezolanos, al igual que los Llanos ubicados entre los Andes y el Escudo Guayanés (CRESSA *et al*. 1993)

Debido al difícil acceso a la zona, se han realizado pocos estudios en relación a metales pesados en el Orinoco medio. Sólo algunos trabajos como los de SALAZAR (1989), GONZÁLEZ *et al*. (2000), MÁRQUEZ *et al*. (2008) y MÁRQUEZ *et al*. (2010) han sido realizados en relación a metales y a la fisicoquímica de agua en sitios aledaños a la zona de estudio, como la confluencia del río Apure con el río Orinoco y la laguna Castillero. Debido a lo expuesto, se hace necesario el desarrollo de investigaciones que permitan determinar las condiciones actuales de los sedimentos de este ecosistema. Una serie de actividades industriales se han desarrollando en las cercanías de las riberas del río Orinoco y otras están contempladas a futuro, como la construcción del tercer puente sobre el Orinoco, tramo Caicara del Orinoco-Cabruta, y la explotación petrolera en la faja del Orinoco. Estas operaciones podrían modificar la hidroquímica del agua, los sedimentos y la biota de este ecosistema. La presente investigación puede servir como referencia para estudios posteriores en el río Orinoco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó específicamente desde aguas arriba de la desembocadura del río Apure hasta el sector Punta Brava en Caicara del Orinoco, Municipio Cedeño, Estado Bolívar (Fig.1) en un transecto aproximado de 76 km. Una característica especial que presenta esta zona, es que en sitios aledaños se está construyendo el tercer puente sobre el rio Orinoco, el cual unirá a los estados Guárico y Bolívar a través de las ciudades Cabruta y Caicara del Orinoco. También se encuentran los puertos de embarcaciones de ambas ciudades.

DISEÑO DEL MUESTREO

Se recolectaron sedimentos superficiales utilizando una draga tipo Diez Laffont de 0,02 m^2 en dos muestreos de 14 estaciones (28 muestras) durante los meses de febrero del 2001 y abril del 2002. Se escogieron estos meses, porque son meses de aguas bajas del régimen hidrológico del río Orinoco, lo cual facilitó la recolección. Para evitar contaminación de los sedimentos y/o alteración de los resultados, las muestras fueron colocadas en envases secos de polietileno previamente lavados con HNO_3 al 10 % y abundante agua desionizada. Las muestras fueron trasportadas refrigeradas hasta los laboratorios del Instituto Limnológico de la Universidad de Oriente y se mantuvieron bajo congelación a -20 º C hasta su procesamiento y análisis en el laboratorio de metales traza del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Para la determinación de los metales, las muestras fueron secadas a 80 ºC, y luego pulverizadas en un mortero de porcelana. Las muestras utilizadas para los análisis de mercurio fueron secadas a temperatura ambiente para evitar la evaporación del metal.

Debido a la imposibilidad para capturar un volumen de muestra significativo en las estaciones 13 y 14, se utilizaron las doce primeras estaciones para el análisis granulométrico. Las muestras secas fueron pasadas por tamices con diámetros de 4,00; 2,00; 1,00; 0,85; 0,50; 0,25 y 0,063 mm para separar los diferentes tamaños del grano según lo sugerido por MÁRQUEZ *et al*. (2009). Para la determinación de la materia orgánica total (MOT), 1 g de muestra se calcinó a 540°C por 12 horas y luego se cuantificó el porcentaje por diferencia de peso (GONZÁLEZ & RAMÍREZ 1995). La concentración de carbonatos se determinó por el método de VOGEL (1960). Se pesaron 0,50 g de sedimentos previamente calcinados y se agregaron 15 ml de HCl, 0,10 mol.l^{-1}, luego se llevó hasta ebullición, y se filtró para eliminar la cantidad de sedimento que obstaculizaba el cambio de color del indicador en el punto final de la titulación. Después se valoró con NaOH, 0,29 mol.l^{-1}, usando como indicador azul de bromofenol.

Para los análisis de metales, se pesaron, por triplicado, aproximadamente 2 g, de la fracción del sedimento menor a 0,063 mm, empleando para ello una balanza analítica con precisión de 0,0001g, y luego extraída con una mezcla de HNO_3, HCl y $HClO_4$ (3:2:1) en un digestor de microondas Microdigest 401 de Prolabo a 110 ºC por espacio de 30 minutos, según lo propuesto por LEWIS & LANDING (1992). Las cuantificaciones fueron realizadas por

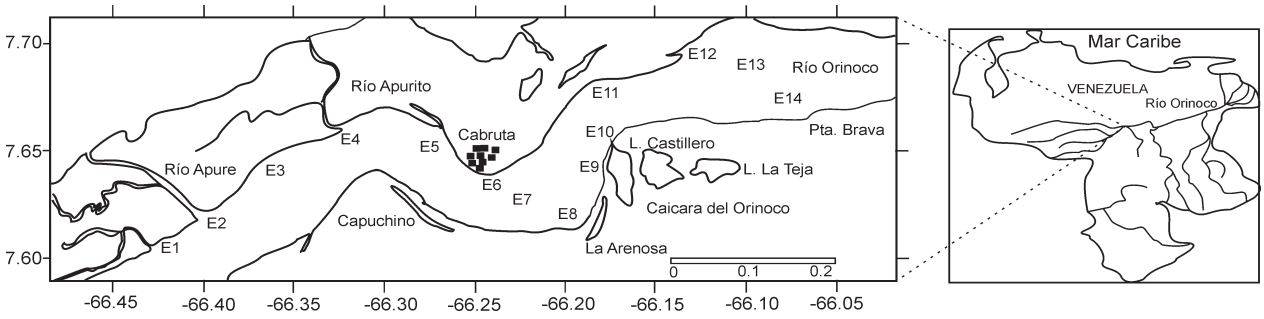


Fig.1. Área de estudio muestreada en el Orinoco Medio, Venezuela, durante los meses febrero 2001 y abril 2002.

espectrofotometría de absorción atómica con llama de aire-acetileno y corrector de fondo de deuterio, utilizando un equipo Perkin Elmer modelo 3110. Para la determinación de mercurio se pesó 1 g de muestra y se sometió a digestión con una mezcla de HNO_3 y H_2O_2 en un baño de arena a 70°C por tres horas. Las soluciones resultantes se filtraron en balones de 25 ml y se enrasaron con agua desionizada. La determinación de mercurio se realizó por el método propuesto por EASTERLING *et al*. (2000) utilizando la técnica de vapor frío (CVAAS) a 253,7 nm en un equipo de absorción atómica Perkin Elmer MHS-10, adaptando una celda para el paso de nitrógeno y la inyección de borohidruro de sodio.

Para evaluar la calidad analítica de las extracciones de los metales, se utilizó un estándar de sedimento certificado por la Enviromental Resource Associates: Catálogo número 540, lote 237 (Priority Pollutn/CPL. Soil). Los porcentajes de extracción de metales fueron bastantes representativos, tal como lo demuestran las desviaciones estándar significativamente bajas obtenidas con el rango aceptable y el valor del estándar certificado (Tabla 1). Los límites de detección del método de análisis utilizado para la cuantificación de los metales pesados en los sedimentos son mostrados en la Tabla 2. El agua utilizada tanto en la preparación de reactivos, curvas de calibración y blancos de reactivos fue agua desionizada altamente pura (agua calidad NANOPURE de conductividad 18 Ω/cm) obtenida con un equipo NANOPURE UV, Marca Barnstead.

Para establecer la existencia o no de contaminación por metales pesados en los sedimentos, se realizaron comparaciones con los niveles propuestos en el libro de texto de SADIQ (1992) y otras referencias bibliográficas, debido a que, uno de los principales problemas al interpretar los resultados e indicar si un sedimento está

TABLA 1. Precisión del método de extracción de metales pesados totales en el estándar de sedimento certificado. Lot. N° 237.Cat. N° 540.

Metal	Valor Exp. ($\mu g g^{-1}$)	Valor Certif. ($\mu g g^{-1}$)	Rango Acep. ($\mu g g^{-1}$)	Ds
Fe	7991	7760	2890-12600	6,0
Zn	87,57	87,8	67,9-108	0,4
Mn	112	127	101-154	1,0
Cr	81,3	88,2	70,5-106	0,4
Cu	107	108	88,7-127	0,6
Ni	51,7	55,9	43,7-68	0,4
Cd	48,1	52,4	40,3-64,5	0,5
Pb	70,7	75,1	57,2-93	1,2
Co	46,8	46,9	37,3-56,5	0,2

Lot: Lote; Cat.= Catálogo; Exp= Experimental; Certif.= Certificado Acep.=Aceptado; .Ds=desviación estándar

TABLA 2. Limite de detección del método de análisis utilizado para la cuantificación de los metales pesados en los sedimentos en sedimentos superficiales del Orinoco Medio, Venezuela (Metales en concentración de (µg/g).

Metales	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Fe**	**Ni**	**Mn**	**Pb**	**Zn**
LD	0,004	0,02	0,02	0,01	0,004	0,002	0,001	0,002

LD= limite de detección

contaminado en Venezuela, es que se carece de normativas legales que señalen valores considerados como contaminantes para los sedimentos.

Para validar los datos y determinar si existían diferencias significativas en las concentraciones de los metales en los factores muestreos y estaciones, se aplicó Análisis Multifactorial (ANOVA tipo III) con un nivel de significancia $P<0,05$ (SOKAL & ROHLF 1969). En el análisis estadístico de ANOVA se practicó la prueba de Cochran para chequear la homogeneidad de las variancias, al mismo tiempo que se utilizó la prueba de rango múltiple de Student-Newman-Keuls a un nivel del $P<0,05$. Se aplicó análisis de correlación de Pearson a un nivel de significancia $P<0,05$ para las relaciones entre los metales, materia orgánica y carbonato de calcio y análisis de conglomerados empleando el método de mínima variancia de Ward y la distancia métrica Euclidiana para determinar asociaciones entre la concentración de los metales y el tamaño de la partícula en el sedimento. Los datos se analizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4,1.

Con el propósito de verificar la posible influencia de los niveles del rio Orinoco y Apure sobre el lavado de los sedimentos del lecho del río y sobre las concentraciones de los metales, se graficaron los niveles del río Orinoco (expresados en metros), durante los años 2001 y 2002 y caudal (m^3/s). Estos datos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Canalizaciones, División de Caicara del Orinoco, Estado Bolívar, Venezuela. También se consideraron los niveles del río Apure reportados por MÁRQUEZ *et al*. 2009b.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 3 muestra las características granulométricas en sedimentos del transecto estudiado en el Orinoco Medio. Las diferentes estaciones (E) presentaron bastante heterogeneidad en cuanto a la textura. El lecho del río Orinoco cerca de la confluencia con del rio Apure está compuesto exclusivamente por partículas muy finas (E2), observándose un alto porcentaje de lodos (99 %) y 1 % de arena media fina (AMF). En la estación 1, la cual no está impactada directamente por la descarga del río Apure, ya que está aguas arriba, los porcentajes fueron bastantes discrepantes, apreciándose 97 % de textura de tipo arenosa, distribuidos los valores en 44 % de AF; 32 % de AM; 13 % de AG, 6 % de AMG y 2 % de AMF, sólo 1 % de lodos fue apreciado. Posterior a la descarga del río Apure sobre las aguas del Orinoco, se observaron variaciones bastantes discrepantes en el resto del área estudiada. En las estaciones 3 y 4 (desembocadura del río Apurito), se observa el incremento de sedimento de grano fino (lodos), debido a que es una zona de baja energía que permite la sedimentación de las partículas transportadas en las

TABLA 3. Características granulométricas de los sedimentos superficiales del Orinoco Medio, Venezuela.

	AG	AMG	AM	AF	AMF	Lodos	% Total
E1	13	6	32	44	2	3	100
E2					1	99	100
E3	0	0	0	0	2	98	100
E4	0	0	0	0	0	100	100
E5	22	6	34	28	8	2	100
E6	21	4	36	24	13	2	100
E7	31	10	35	18	5	1	100
E8	2	0	5	59	17	17	100
E9		0	0	24	31	45	100
E10	7,94	7	3	35	10	37,06	100
E11	1	0	2	39	36	22	100
E12	31	12	33	16	7	1	100

AMF = arena muy fina; AF = arena fina; AM = arena media; AMG =arena muy gruesa; AG = arena gruesa).
Los valores representan el promedio de los dos muestreos.

aguas. Posterior a la descarga del río Apure sobre el Orinoco, el tipo de sedimento fue de consistencia arenosa y de bajo contenido de limo (< 17 %), exceptuando las estaciones 8, 9, 10 y 11, donde los valores de lodos fueron 17, 45, 37,06 y 22 %, respectivamente.

El porcentaje promedio de la materia orgánica total (MOT %) fue 2,40 % (Tabla 4 Fig. 2A), con un mínimo de 0,33% a un máximo de 6,51%. Los valores fueron mayores durante el mes de febrero del 2001 donde se determinó una media de 2,83% respecto a la concentración de abril del 2002 (1,97 %, Tabla 5). El análisis de variancia multifactorial muestra variaciones estadísticas significativas para la concentración de MOT entre las estaciones ($p<0,05$; $F=4,94$, Tabla 6), al igual que para los muestreos. Los valores máximos fueron observados en las estaciones 3 y 4, así como aguas abajo en la 11 (Fig.2A). El patrón de distribución fue un tanto irregular, en la zona de descarga del río Apure las concentraciones fueron altas; sin embargo, aguas abajo, los valores descienden a valores inferiores a 2% en las estaciones 5 y hasta la 8 y se incrementan nuevamente hasta la estación 11. Esta observación podría estar sugiriendo patrones de sedimentación diferentes en la zona, debido a áreas de altas y bajas energías y/o mecanismos de degradación de materia orgánica. Por otra parte, las concentraciones ubicadas en el margen izquierdo son superiores a las detectadas en el margen derecho poniendo en evidencia que las descargas del río Apure ejercen gran influencia en la presencia del MOT en este tramo del río Orinoco. La distribución y contenido de la MOT en sedimentos depende del origen, textura, tasa de sedimentación y descomposición orgánica que presenta la fracción sedimentaria, además de las condiciones hidrográficas, hidroquímicas y biogeoquímicas del ambiente sedimentario. Salazar *et al*. (1989) indican que los afluentes aportan al ecosistema grandes cantidades de materia orgánica, tanto biogénica como antrópica. Al igual que las actividades domésticas de las viviendas cercanas y los organismos planctónicos que sedimentan. Valores comparables a los determinados en esta investigación fueron reportados por Bonilla *et al*. (1985) quienes registraron para la zona norte de Venezuela y la plataforma continental del delta del Orinoco valores de 6,49 a 8,97 % con un promedio de 7,83 %, y concentraciones de 2,30 a 1,10% con un promedio de 1,80 %, en sedimento del río Orinoco. Páez-Osuna *et al*. (1986) señalan como zonas de alta contaminación aquellas que presentan contenidos de materia orgánica total iguales o superiores al 20%. Para este estudio, las concentraciones determinadas no sobrepasarion este valor.

El valor promedio de $CaCO_3$ presentó un margen de variación entre 0,84 y 8,11 % con una media de 2,40 %. Los valores fueron mayores en febrero del 2001 respecto a abril del 2002 (3,95 y 3, 76 % respectivamente, Tabla 5). El análisis de varianza multifactorial realizado reveló diferencias estadísticas significativas ($p<0,05$; $F=5,52$, Tabla 6) en las concentraciones de $CaCO_3$ en las estaciones analizadas. Mientras que en los dos muestreos realizados no se determinaron diferencias significativas ($F=0,16$; $p>0,05$, Tabla 4) para este parámetro. El patrón de distribución del $CaCO_3$ (Fig. 2B) es bastante similar al de la MOT, lo que sugiere que estos parámetros son afectados por los mismos fenómenos fisicoquímicos en la zona. Las concentraciones de carbonatos de calcio determinadas en esta investigación son bajas, caracterizando a estos

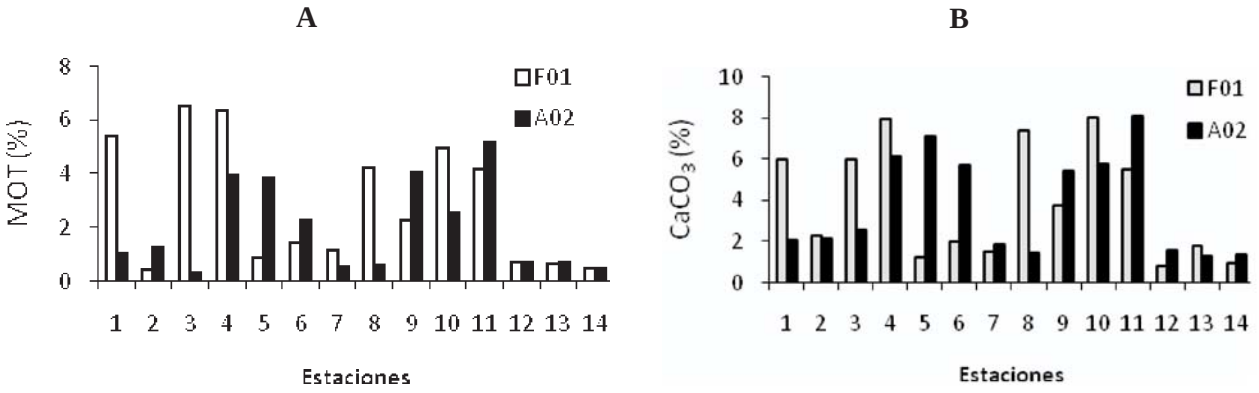


Fig.2. Distribución estacional y espacial de la materia orgánica total y carbonatos en sedimentos del Orinoco Medio, Venezuela (meses febrero 2001(F01) y abril 2002(F02).

sedimentos como no biogénicos ni calcareníticos ya que son muy pobres en su contenido. BONILLA *et al*. (1985), en sedimentos de la plataforma del Orinoco, reportaron concentraciones entre 9,49 y 14 %, valores que son ligeramente más altos a las obtenidos en esta investigación.

Metales

Los valores promedios de metales (μgg^{-1}) para la zona, en febrero del 2001y abril del 2002, son mostrados en las tablas 4 y 5. Los elementos mostraron un gradiente de concentración decreciente en el área de estudio: Fe (56.829)>Mn (267,31)> Zn (85,47>Ni (9,19) > Cu (5,60)> Co (5,27) > Cr (4,36) > Pb (2,47)>Cd (0,15) (Tabla 4). No se detectó la presencia de Hg. Los máximos, excepto para el Zn, se determinaron en febrero del 2001; sin embargo, las concentraciones medias fueron mayores en febrero del 2001 respecto a abril del 2002 menos para hierro (Tabla 5). El ANOVA arrojó diferencias significativas para casi todos los metales en las estaciones, con excepción de Mn, Cd y Pb, mientras que por muestreos hubo más heterogeneidad, observándose variaciones estadísticas significativas para Mn, Cr, Cd, Pb y Ni (Tabla 6).

La concentración promedio de hierro (Tabla 4) determinadas en la zona oscilaron entre 126.116 μgg^{-1} a 4.268 con una media de 55.197 μgg^{-1}. En febrero del 2001 el margen de variación osciló entre 126.116 y 4.268 mientras que en abril del 2002 fue de 121.239 a 11.126 μgg^{-1} (Tabla 5) (Fig.3A). El patrón de distribución del hierro en la zona fue irregular en febrero del 2001 la concentración fue baja en la confluencia de los río Apure y Orinoco (E2), así como en casi toda la zona, a excepción de la estación 3; luego, en abril del 2002, se incrementaron los valores. El análisis estadístico (Tabla 6) mostró variaciones significativas en las estaciones, no así en los muestreos. El descenso de los niveles de hierro en febrero del 2001 es difícil de explicar; sin embargo, los niveles de las aguas fueron más altos en el río Orinoco en el 2002 (Fig. 4). Otro factor es el hecho de que las minas de explotación de bauxita se encuentran ubicadas aguas arriba de la zona de estudio. Una mayor liberación y transporte de partículas contentivas de hierro, derivadas de la minería, y una mayor deposición, pudieran explicar este hecho. No obstante, la falta de información respecto a esta actividad impidieron aseverar lo planteado.

GESAMP (1990) [Grups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Enviromenmental Protection] y SALOMONS & FROSTER (1984) reportan que el valor de concentraciones de hierro recomendados para sedimentos no contaminados es de 41.000 µg/g. Al compararlo con los resultados obtenidos para esta investigación, se observa que las concentraciones sobrepasan este valor; sin embargo, es difícil de asegurar que existe contaminación por este metal en la zona, ya que se desconocen los valores en la fracción biodisponible. Por otra parte, este metal es considerado un macroelemento, por lo que son esperados sus altos valores. En las zonas aledañas al río Orinoco, las rocas de origen sedimentario con grado de metamorfismo corresponden a facies de granulita y anfibolita, rocas plutónicas, volcánicas y esquistos verdes que contienen hierro (GONZÁLEZ DE JUANA *et al*. 1980.

Las concentraciones de manganeso variaron entre 702,45 μgg^{-1} y 55,81 con una media de 267,31 μgg^{-1} (Tabla 4). El ANOVA reveló variaciones significativas en las concentraciones para los muestreos, no siendo el mismo caso para las estaciones. El máximo valor fue determinado en febrero del 2001 (Tabla 5). La distribución del manganeso (Fig.3B) fue heterogénea con valores alternados durante los dos muestreos, especialmente en las estaciones intermedias (E5 a E8). TEIXEINA *et al*. (2001) para el río de Jacuí, Brasil, indicaron un 43,49 % en la fracción asociada a los carbonatos y casi un 27,58% asociado a la fracción residual. SALOMONS & FROSTER (1984) señalaron concentraciones para Mn de 770 μgg^{-1}como valores recomendados para sedimentos no contaminados. Estos valores son superiores a los reportados en esta investigación. Al igual que el Fe, el Mn es un macroelemento abundante en la corteza terrestre y un elemento de baja toxicidad (AZAM & AHMED 2003). El manganeso también se encuentra en muchas rocas y minerales. En ambientes acuáticos es altamente reactivo y presenta una alta capacidad de adsorción en forma de óxidos coloidales, lo cual contribuye en el comportamiento de otros elementos (MÁRQUEZ *et al*. 2010).

Las concentración de cobre en la zona osciló entre 18,37 y 0, 69 μgg^{-1} (Tabla 4), siendo los valores mayores para febrero del 2001(Tabla 5). Los máximos valores se detectaron en las estaciones ubicadas aguas abajo de la desembocadura del rio Apure, específicamente en las estaciones 3 y 4 (Fig.3C). SADIQ (1992) señala concentraciones <10 μgg^{-1} de Cu total en sedimentos no contaminados, valores que son inferiores a los reportados en esta investigación. SÁNCHEZ (1990) reportó concentraciones de Cu cercanos a 4 μgg^{-1} para los

sedimentos del río Orinoco en las cercanías de la zona industrial de Matanzas, valores que son inferiores a los determinados en esta investigación. DA SILVA *et al*. (2002), para sedimentos del sistema de ríos Tietê-Pinheiros en el estado de Sao Paulo, Brasil, señalaron que el Cu estuvo fuertemente asociado a los sulfuros y la materia orgánica, y TEIXEINA *et al*. (2001), en río Jacuí, Brasil, indicaron que el Cu estaba presente en la fracción biodisponible en un 3,45% del Cu total.

Las concentraciones de níquel en la zona variaron entre 21,67 μgg^{-1} y 3,70 mgg^{-1} (Tabla 4), siendo los valores muy superiores en febrero del 2001 respecto a abril del 2002 (Tabla 5). Los valores máximos se encontraron en estaciones aguas abajo de la desembocadura del río Apure (E3 y E4) y en las adyacencias de Caicara del Orinoco (E10 y E11, Fig.3D). El ANOVA indicó la existencia de variaciones significativas para las concentraciones de este elemento tanto para los muestreos, como para las estaciones (Tabla 6). SADIQ (1992) indica que concentraciones de Ni menores a 10 mg/g es indicativo de sedimentos no contaminados. Estos valores son inferiores a los encontrados en esta investigación. DA SILVA *et al*. (2001) y TEXEINA *et al*. (2001) indicaron un predominio de este metal en la fracción asociada a los carbonatos, fase intercambiable, y en la materia orgánica en la región del sistema Tietê-Pinheiros y del río Jacuí (Brasil). El níquel es un elemento que puede estar presente en muchos minerales, óxidos, carbonatos y silicatos de hierro y manganeso (MOORE & RAMAMMORTHY 1984), siendo un elemento que por influencia de procesos inorgánicos, exhibe remoción desde la fase sólida suspendida en el agua y desde los sedimentos de fondo (ZHANG 1995).

El promedio de la concentración de cobalto fue de 5,27 μgg^{-1}, con un máximo y mínimo que variaron entre 10,56 μgg^{-1} y 1, 96 mgg^{-1} (Tabla 4). Durante febrero del 2001, los valores fueron superiores a los de abril del 2002 en la mayoría de las estaciones, tal como se observa en la tabla 5. Se observaron variaciones estadísticas significativas en las concentraciones de cobalto en las estaciones, no siendo el mismo caso para los muestreos (Tabla 6). La distribución espacial del cobalto fue muy similar a la de cobre y níquel, encontrándose los máximos valores en las estaciones 3, 4 y 10 (Fig. 3E). Hay evidencias que en muchos ecosistemas el cobalto es predominante en la fracción extraíble, carbonatos y en menor proporción en fracción residual (IKEM *et al*. 2003). TEIXEINA *et al*. (2001), indicaron que en el río Jacuí las mayores concentraciones se encontraban en la fracción residual. MÁRQUEZ *et al*. (2010) señalaron que, el cobalto es un elemento que es raro hallarlo aislado en la naturaleza. Se encuentra en la corteza en un $2{,}5x10^{-3}$ % en peso, donde frecuentemente está asociado con minerales de níquel (forbesita [$(Ni,Co)HAsO_4$], siegenita [$(Co,Ni)3S_4$]), plata (yacimientos hidrotermales:hauchecornita [$(Ni, Co, Bi)_4(S, Sb)_3$]), plomo (galena PbS), cobre (carrollita [$CuCo_2S_4$, junto a calcosina (Cu_2S) y calcopirita (FeCuS2), bloquita [$(Ni, Co, Cu) Se_2$), hierro (vivianita [$Fe_3(PO4)_2.8H_2O$, vallamaninita [$(Ni, Cu, Co, Fe) (S, Se)_2$], mispiquel [FeAsS]).

La concentración de zinc osciló entre 183,40 μgg^{-1} y 19,95 μgg^{-1} (Tabla 4), siendo febrero del 2001 el de mayor concentración (Tabla 5). El ANOVA no reveló existencia de diferencias significativas en las concentraciones de Zn en los muestreos, pero sí en las estaciones (Tabla 6). El patrón de distribución del zinc (Fig.3F) es parecido al

TABLA 4. Concentraciones promedios de materia de materia orgánica total (%MOT), carbonato, (% $CaCO_3$) y metales pesados (μgg^{1}) en sedimentos superficiales para el transepto estudiado en el Orinoco Medio, Venezuela.

	MOT	$CaCO_3$	Fe	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Cr	Cd	Pb
Max (G)	6,51	8,11	126.116	702,45	18,37	21,67	10,6	183,4	12,10	1,39	15,75
Min (G)	0,33	0,84	4.268	55,81	0,69	3,70	1,96	19,95	1,13	ND	ND
Prom (G)	2,40	3,86	55.197	267,31	5,60	9,19	5,27	85,47	4,36	0,15	2,47
Ds (G)	2,04	2,57	45.203	193,27	5,54	5,11	2,59	43,14	3,32	0,27	3,94

Max (G)= máximo global 2002, Min (G)= mínimo global, , Prom= promedio global, Ds (G)= desviación estándar global.

TABLA 5. Concentraciones de materia orgánica total (%MOT), carbonato, (% $CaCO_3$) y metales pesados ($\mu g g^{-1}$) en sedimentos superficiales del río Orinoco durante febrero 2001 (F01) y abril 2002 (A02).

E	Muestreo	MOT	$CaCO_3$	Fe	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Cr	Cd	Pb
1	F (01)	5,41	6,02	126.116	518,78	12,35	13,64	6,79	74,31	7,56	1,39	6,85
2	F (01)	0,43	2,3	8.308	75,48	1,38	4,33	2,46	19,95	1,94	0,39	0,23
3	F (01)	6,51	6,01	120616	647,88	17,3	20,19	9,41	128,1	12,1	0,28	7,66
4	F (01)	6,38	7,99	73.773	615,82	18,37	21,67	10,6	132,8	12,1	0,25	9,61
5	F (01)	0,85	1,25	10.620	122,69	1,45	5,86	3,38	102,4	2,37	0,01	ND
6	F (01)	1,44	2,02	9.680	163,32	2,83	8,27	3,4	68,06	2,86	ND	ND
7	F (01)	1,13	1,49	10.043	68	2,17	5,6	2,48	89,01	2,7	0,01	15,75
8	F (01)	4,23	7,37	6.012	702,45	8,14	14,02	7,4	179,5	9,62	0,04	5,83
9	F (01)	2,29	3,79	4268	158,41	4,25	9,49	5,61	89,39	3,73	0,1	ND
10	F (01)	4,99	8,05	7.779	412,15	10,52	15,54	8,79	128,4	7,84	0,08	4,86
11	F (01)	4,2	5,49	6.616	143,33	1,18	4,04	2,29	60,94	1,31	0,07	ND
12	F (01)	0,69	0,84	8.319	109,91	1,12	4,31	5,06	71,2	1,47	0,06	ND
13	F (01)	0,63	1,79	12.012	385,97	0,76	4,95	2,64	56,89	1,65	0,02	ND
14	F (01)	0,5	0,93	6.203	506,79	9,04	14,47	8,78	164	8,39	0,04	3,63
	Max (F01)	**6,51**	**8,05**	**126.116**	**702,45**	**18,37**	**21,67**	**10,6**	**179,5**	**12,1**	**1,39**	**15,75**
	Min(F01)	**0,43**	**0,84**	**4.268**	**68**	**0,76**	**4,04**	**2,29**	**19,95**	**1,31**	**ND**	**0,23**
	Prom(F01)	**2,83**	**3,95**	**29.312**	**330,78**	**6,49**	**10,46**	**5,65**	**97,50**	**5,40**	**0,21**	**6,80**
	Ds (F01)	**2,34**	**2,76**	**43.549**	**234,54**	**6,18**	**6,09**	**2,96**	**44,33**	**4,03**	**0,37**	**4,58**
1	A(02)	1,05	2,09	107.403	105,95	2,42	6,27	3,62	52,46	2,96	0,09	ND
2	A(02)	1,24	2,13	107.848	129,42	1,84	5,27	3,65	66,01	1,86	0,37	ND
3	A(02)	0,33	2,58	73.066	183,9	1,71	3,98	3,45	88,15	1,63	0,04	ND
4	A(02)	3,97	6,16	47.243	227,79	16,91	13,29	8,65	69,84	5,41	0,16	2,14
5	A(02)	3,84	7,14	75.066	367,07	8,93	12,23	6,58	65,33	6,31	0,18	2,2
6	A(02)	2,28	5,69	115.901	276,78	5,24	8,72	4,92	47,04	4,43	0,09	ND
7	A(02)	0,56	1,85	86.508	159,95	1,04	6,05	3,54	24,6	1,77	0,04	ND
8	A(02)	0,58	1,45	70.085	85,57	0,69	3,7	1,96	183,4	1,13	0,01	ND
9	A(02)	4,05	5,45	105.549	380,18	7,91	11,09	6,76	104,9	5,61	0,13	0,51
10	A(02)	2,57	5,77	121.239	181,37	5,2	8,77	5,04	50,41	4,28	0,03	2,42
11	A(02)	5,21	8,11	11.126	158,15	0,89	4,87	2,63	70,4	1,26	ND	ND
12	A(02)	0,69	1,58	85.991	109,63	1,05	6,12	3,34	70,37	1,45	0,04	ND
13	A(02)	0,68	1,28	67.721	55,81	1,09	5,35	5	28,22	1,59	0,06	ND
14	A(02)	0,51	1,38	60.397	432,09	11,01	15,2	9,43	107,1	6,82	0,13	7,56
	Max (A02)	**5,21**	**8,11**	**121.239**	**432,09**	**16,91**	**15,2**	**9,43**	**183,4**	**6,82**	**0,37**	**7,56**
	Min(A02)	**0,33**	**<1,28**	**11.126**	**55,81**	**0,69**	**3,7**	**1,96**	**24,6**	**1,13**	**ND**	**ND**
	Prom(A02)	**1,97**	**3,76**	**81082**	**203,83**	**4,71**	**7,92**	**4,90**	**73,45**	**3,32**	**0,11**	**2,97**
	Ds (A02)	**1,67**	**2,47**	**30.068**	**117,85**	**4,89**	**3,70**	**2,22**	**39,89**	**2,08**	**0,10**	**2,68**

E= estaciones, F(01) = febrero 2001, A (02)= abril 2002, Max (F01)= máximo febrero 2001, Min= mínimo febrero 2001, Prom = promedio febrero 2001, Max (A02)= máximo abril 2002, Min= mínimo Abril 2002, , Prom= promedio abril 2002, Ds= desviación abril 2002,

mostrado por Mn, Cu, Ni y Co, sin embargo, al igual que el manganeso, el máximo valor fue hallado en la estación 8. El zinc se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuros, carbonatos, silicatos, óxidos y en los sistemas acuáticos se halla formando halogenuros e hidróxidos, según las condiciones redox del medio (Moore & Ramammorthy 1984). Teixeina *et al*. (2001) señalan que en el río Jacuí, 74,94% del Zn analizado se encontró en fracción residual y 10,55% en la biodisponible. Mogollón & Bifano (1986) indicaron que un valor 146 $\mu g g^{1}$ es característico de sedimentos pertenecientes a zonas contaminadas. En esta investigación sólo en la estación 8 se sobrepasan estos valores.

La concentración de cromo en la zona varió entre 12,10 a 1,13 $\mu g g^{-1}$, con una media de 4,36 $\mu g g^{-1}$ (Tabla 4), siendo el muestreo realizado en febrero del 2001, el de mayor concentración (Tabla 5). El ANOVA reveló variaciones significativas en las concentraciones, tanto en los muestreos, como en las estaciones (Tabla 6). Los máximos se ubicaron aguas abajo de la desembocadura del río Apure (E3 y E4, Fig.3G). Sadiq (1992) señala que las concentraciones para sedimentos no contaminados podrían considerarse aquellas que sean menores a 20 $\mu g g^{1}$, valores que son superiores a los reportados en esta investigación. Da Silva *et al*. (2002) y Teixeina *et al*. (2001) indicaron que, para los sedimentos del sistema de los ríos Tietê-Pinheiros en y en el río Jacuí (Brasil), la mayor proporción de Cr fue encontrado en la fracción residual (cercana a un 80%) y una porción menor (15-25%) en la fracción asociada a la materia orgánica En el sedimento, las mayores concentraciones se encuentran en la forma trivalente que es menos tóxica que la hexavalente (Aislabie & Loutit 1986).

La concentración de cadmio en la zona de estudio varió entre no detectado (ND) y 1,39 $mg g^{-1}$ (Tabla 4). En el muestreo de febrero de 2001, las concentraciones fueron mayores que en abril de 2002 (Tabla 5). El ANOVA mostró variaciones significativas tanto en los muestreos como en las estaciones (Tabla 6). La distribución espacial del cadmio (Fig. 3H) fue homogénea en la zona excepto en la estación 1 ubicada aguas arriba de la confluencia de los ríos Apure-Orinoco, donde las concentraciones descendieron drásticamente de 1, 39 $\mu g g^{-1}$ en febrero de 2001 hasta valores inferiores a 0,2 $\mu g g^{-1}$ en abril de 2002. Fergusson (1990) indicó que las concentraciones en sedimentos no contaminados con Cd están en un margen <0,1-0,5 $\mu g g^{-1}$. A excepción de la estación 1 (E1), durante el mes de febrero del 2001, las otras estaciones investigadas mostraron concentraciones por debajo de este margen. Debido a que el mayor origen del Cd es de tipo antrópico, la presencia en los ecosistemas acuáticos está ligada a las actividades antrópicas. Klavins *et al*. (2001), obtuvieron valores cercanos a los detectados en esta investigación en sedimentos del río de Latvia, con un mínimo de 0,15 $\mu g g^{-1}$ y un máximo de 2,40 $mg g^{-1}$. Los autores señalaron que 23 % estuvo presente en la fracción biodisponible y 22% asociado a los óxidos de Fe/Mn, mientras que 27% residió en la fracción residual. Da Silva *et al*. (2002), en sedimentos de río Tietê-Pinheiros, Sao Paulo, Brasil, determinaron que el Cd se encontró en mayor porcentaje en la fracción biodisponible. El cadmio es un elemento que puede estar adsorbido a las partículas en suspensión y en la superficie de los granos del sedimento de fondo, donde muestra afinidad con los halógenos y fosfatos (Sadid 1992). Sin embargo, son consideradas las actividades antropogénicas como la principal fuente de su ingreso a los sistemas acuáticos (Moore & Ramammorthy 1984, Landing *et al.* 1992).

Las concentración de plomo fluctuaron entre 15,75 $\mu g g^{-1}$ y no detectado (ND) (Tabla 4). Los valores fueron mayores en febrero de 2001 respecto a abril de 2002 (Tabla 5). El ANOVA indicó la existencia de variaciones estadísticas en las concentraciones entre los muestreos y entre las estaciones (Tabla 6). La distribución espacial de los niveles de plomo fue irregular con un máximo en la estación 7 y un segundo pico en la estación 4 (Fig.3I) Sadiq (1992) considera que el nivel límite de plomo en sedimentos no contaminados es de 5 $mg g^{-1}$. Valores superiores al reportado por este autor fueron observados solo en las estaciones 1, 3, 4, 7, 8 y 10, especialmente en febrero del 2001. González & Ramírez (1995) señalan que el plomo junto con el cobre y el zinc son buenos indicadores de contaminación antropogénica, debido a que sus concentraciones en el ambiente son reflejo de las actividades humanas y fuentes industriales Texeina *et al*. (2001) indicaron para el río Jacuí, que cerca del 1% del plomo total se encontró en fracción biodisponible y una mayor proporción en la fracción residual. Da Silva *et al*. (2002), por otra parte, señalaron que en el sistema del río Tietê-Pinheiros, el plomo estuvo asociado a los carbonatos, a fracción oxidable y reducible y que además, una proporción de 50% se determinó en la fracción residual.

El análisis de mercurio presentó valores no detectables. Los resultados demostraron que las concentraciones

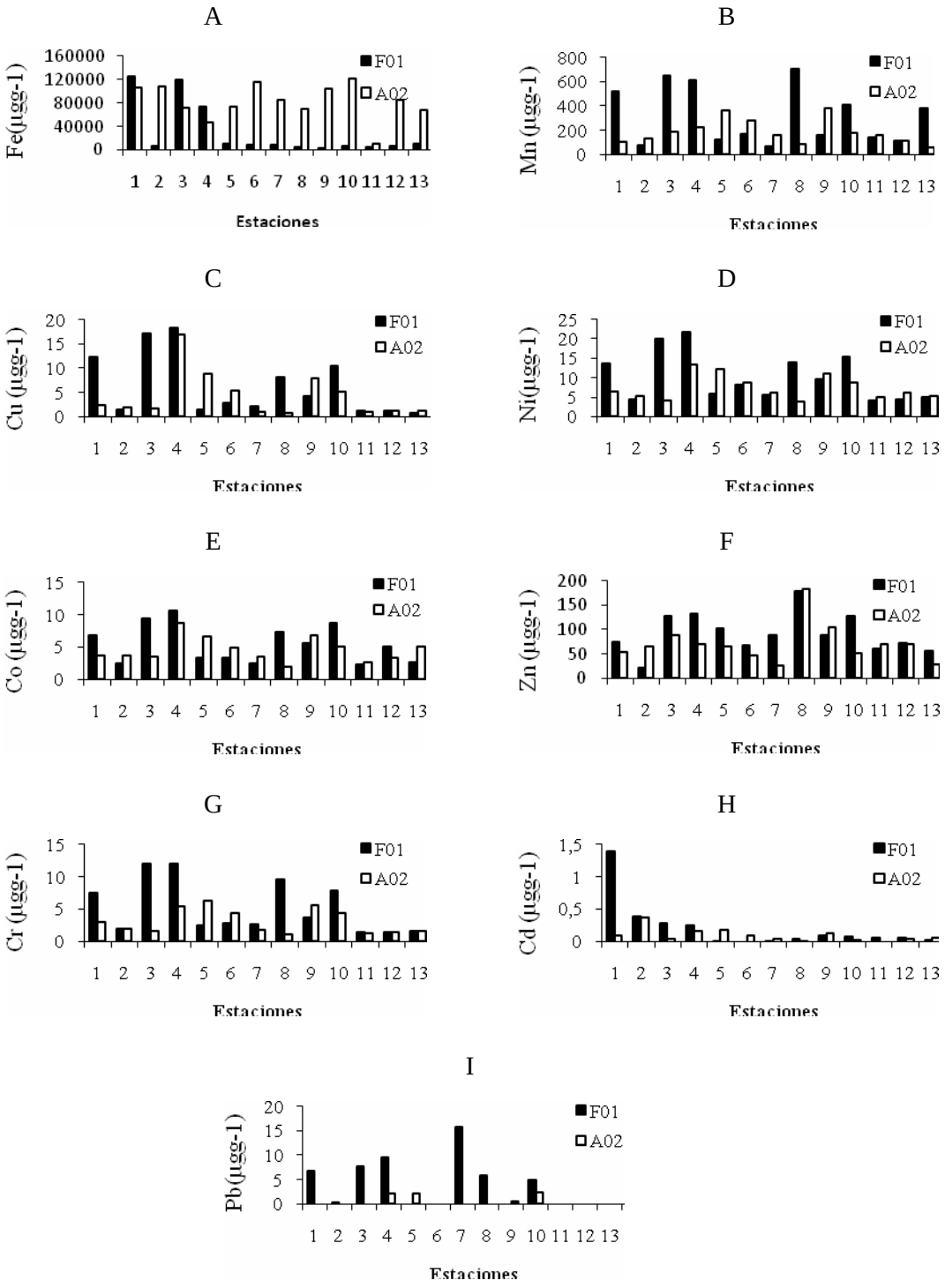


Fig. 3. Distribución espacial de la concentración de metales en sedimentos del Orinoco Medio, Venezuela (meses Febrero 2001 (F01) y Abril 2002 (A02). (A=Fe; B=Mn; C=Cu; D=Ni; E=Co; F=Zn; G=Cr; H=Cd; I=Pb).

máximas para la mayoría de los metales se encontraron en las estaciones con mayor contenido de lodos, materia orgánica y carbonatos, como lo fueron las estaciones 3,4, 9, 10 y 11, a excepción de la estación 2, la cual corresponde a la confluencia de los ríos Apure y Orinoco. Esta última observación sugiere que las bajas concentraciones en esta estación pueden ser debido, en primer caso, a un bajo aporte de metales provenientes de los sedimentos del río Apure: (Fe (12,969)>Mn (74,10)> Cr (16,60)>Ni (8,15)> Zn (6,02)> Co (3,21)> Pb (1,44)> Cd (0,30 $\mu g g^{-1}$), tal como lo señaló Márquez *et al*. (2010). Otro factor es que haya una desorción del metal debido a la turbulencia originada por el choque de las aguas de los dos ríos.

La matriz de correlación de Pearson (Tabla 7) reveló correspondencia lineal positiva entre la mayoría de los metales (excepto Zn (r= 0,40) y Pb (r= 0,40) con la materia orgánica Mn (r=0,50), Fe (r= 0,63), Cd (r= 0,54), Co (r= 0,84),

TABLA 6. ANOVA multifactorial (*P<0,05*) aplicado a las concentraciones de estaciones y muestreos de sedimentos del Orinoco Medio, Venezuela.

	Factor			
Parámetros	**Muestreos**		**Estaciones**	
	F	*P*	*F*	*P*
MOT	4,94	0,0318*	4,64	0,0001*
$CaCO_3$	0,16	0,6892	5,52	0,0000*
Fe	2,93	0,0945	3,35	0,0015*
Zn	3,90	0,0551	10,46	0,0000*
Mn	5,23	0,0275*	1,81	0,0734
Cu	1,90	0,1754	7,26	0,0000*
Cr	8,71	0,0052*	3,88	0,0004*
Ni	5,52	0,0237*	5,31	0,0000*
Co	2,39	0,1300	6,40	0,0000*
Cd	5,97	0,0189*	1,88	0,0628*
Pb	6,30	0,0161*	1,48	0,1650*

*= significativo

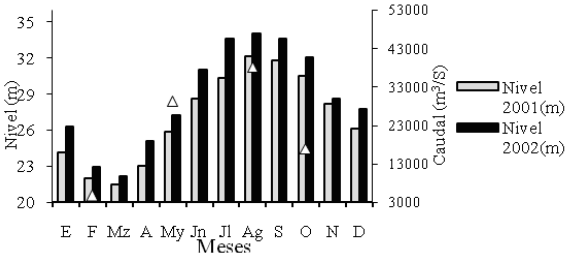


Fig. 4 Niveles métricos (m) y caudal del río Orinoco (m^3/s) en el transepto Caicara del Orinoco, estado Bolívar, durante los años 2001 y 2002.

Cu (r= 0,92), Cr (r= 0,93), Ni (r= 0,93), Manganeso (r= 0,50), Co (r= 0,84), Cu (r= 0,85), Cr (r= 0,86) y Ni (r= 0,89), también se correlacionaron con los carbonatos. Esta correlación puede ser explicada por el hecho de que en el agua y sedimentos la materia orgánica, consiste en minerales de arcilla, óxidos e hidróxidos de hierro y/o manganeso, carbonatos, sustancias orgánicas (ácidos húmicos) y biológicas. Por otra parte los metales tienden a adsorberse a la superficie de estas partículas (Rosas 2001).

Entre metales, las asociaciones mayores fueron apreciadas para Cd-Cr (r= 0,60), Cd-Cu (r= 0,55), Cd-Fe (r= 0,53). Por otra parte se evidencia una correlación entre el Cd (r= 0,53), Cr (r= 0,58) y Cu (r= 0,63) con Fe, lo cual sugiere que una fracción de estos metales podría estar asociada a la superficie de los oxihidróxidos de hierro. Entre el Cr-Mn también se observa una asociación (r=0,55) lo que indica que una proporción del cromo pudiera estar asociada los oxihidróxidos de manganeso. Un hecho notorio es que no se observó correlación alguna entre Fe y Mn. Esta misma situación ha sido ya indicada para la laguna de Castillero (laguna de inundación del Orinoco Medio). Márquez *et al*. (2008) señalaron que, este comportamiento fue explicado por Rodríguez Betancourt (1999) como producto del incremento del nivel del río. Esta observación ha sugerido que la oxidación del hierro bivalente a forma trivalente puede ocurrir durante el período de aguas altas, mientras que en aguas bajas, por condiciones de anóxicas, se produce una acumulación de hierro bivalente el cual se acumula en forma de de $Fe_3(PO_4)_2$.

Rubio *et al.* (2000) indicaron que la correlación de los metales con el hierro debe ser el comportamiento esperado en condiciones naturales ya que el hierro es un elemento definitorio de las características de los sedimentos, razón por la cual la relación del hierro con cualquier otro metal formará una

Tabla 7. Matriz de correlación de Pearson (*P<0,05*), n= 56 para los parámetros orgánicos e inorgánicos en sedimentos recientes del Orinoco Medio, Venezuela

	$CaCO_3$	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	MOT	Ni	Pb	Zn
$CaCO_3$	1,00										
Cd	0,40	1,00									
Co	0,84	0,37	1,00								
Cr	0,86	0,60	0,83	1,00							
Cu	0,85	0,55	0,81	0,87	1,00						
Fe	0,43	0,53	0,28	0,58	0,63	1,00					
Mn	0,50	0,03	0,44	0,55	0,31	0,13	1,00				
MOT	0,91	0,54	0,84	0,93	0,92	0,63	0,50	1,00			
Ni	0,89	0,56	0,91	0,96	0,92	0,49	0,49	0,93	1,00		
Pb	0,40	0,38	0,37	0,52	0,45	0,33	0,21	0,40	0,48	1,00	
Zn	0,20	0,17	0,26	0,38	0,25	0,11	0,38	0,30	0,30	0,28	1,00

tendencia lineal, lo contrario podría ser significativo de una contaminación de tipo antrópico. Solo Cd, Cr y Cu muestran correlación con el Fe por lo que, si asumimos estas consideraciones, se podría inferir que el resto de los metales analizados podrían ser de aporte antropogénico. Con respecto a la asociación entre los metales y el tamaño del grano del sedimento, se observó que, excepto zinc que está asociado a las partículas arenosas media y gruesas, los metales estudiados están correlacionados con las partículas de granos finos como los lodos y arenas finas (Fig. 5). Estas observaciones son concordantes con los resultados presentados MÁRQUEZ *et al.* (2010) para la desembocadura del río Apure, quienes señalaron que, en los sedimentos superficiales del lecho del río Apure, la mayoría de los metales están correlacionados a las partículas más finas del sedimento. Esta característica sugiere que la descarga de sedimentos del rio Apure tiene una marcada influencia sobre la zona de estudio.

SÁNCHEZ & VÁZQUEZ (1986) y SÁNCHEZ (1990) indicaron que las concentraciones de metales pesados considerados como niveles normales para el ecosistema del Orinoco, se encuentran aguas arriba de ciudad Bolívar y Guayana en el estado Bolívar, Venezuela. Sin embargo, los resultados obtenidos de esta investigación contrastan con estas observaciones ya que se evidencia contaminación por Cu, Ni, Zn y Pb. En comparación con otros ríos del mundo, y en especial para algunos de los grandes ríos de Latinoamérica (Tabla 8), el Orinoco Medio presenta valores inferiores al promedio reportado para algunos otros ríos del mundo. Los valores solo son superiores a los reportados para la desembocadura del río Apure (tributario de margen izquierda del río Orinoco), y la laguna Castillero (laguna de inundación).

La presencia de metales pesados el río Orinoco es compleja debido a la geología de su cuenca. Sus aguas reciben aporte del drenaje de las cuatro provincias que se encuentran sobre el escudo Guayanes (Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima), así como de Los Andes, la Cordillera de la Costa y la región de Los Llanos (VÁSQUEZ & WILBERT 1992). Las tres primeras provincias, que tienen influencia más directa sobre el área estudiada en esta investigación, están compuesta por rocas de origen sedimentario

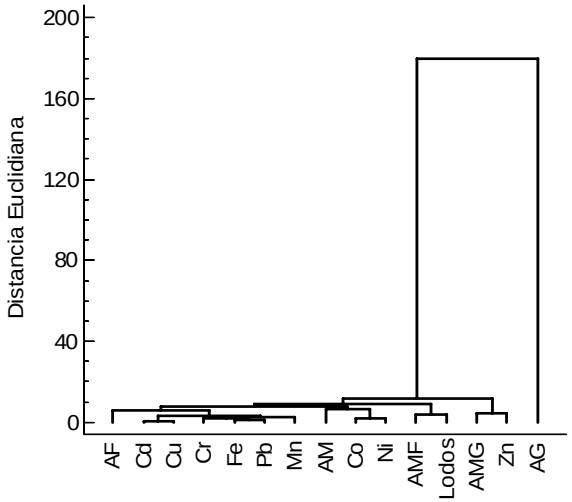


Fig.5. Dendrograma de similitud obtenido con el análisis de conglomerado (método de Ward) mostrando la asociación entre las concentraciones de metales pesados y la composición textural de los sedimentos del Orinoco Medio, Venezuela.

Tabla 8. Concentraciones de metales (µgg^{-1}) para diferentes ríos del mundo

Río	Fe	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Cr	Cd	Pb	Referencia
Promedio mundial	46700	850	45	68	….	95	90	0,30	20	TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961
Rio La Plata, Argentina	……	…..	12,65	….	….	….	17,47	0,05	10,86	CARP,1989
Jacuí, Brasil	47, 726	0,84	0,62	0,23	0,33	0,36	0,21	…..	0,30	TEIXEINA *et al.* 2001
Boca del Amazonas, Brasil	38300	600	37,5	26,70	….	110	65	…..	83	SIQUEIRA, 2003
Rapacurá, Brasil	291,03	85,54	29,14	3,30	….	2,6	2,97	1,65	0,66	APRILE & BOUVY, 2008
Magdalena, Colombia	35300	534,10	57,2	5,60	….	167	34,3	4,50	25,9	GUIZA GONZÁLEZ , 2001
Montevideo (Puerto),Uruguay	…..	……	96,50	….	….	333	166	1,30	86	MUÑIZ *et al*. 2004
Almendares, Cuba	…..	……	158	….	…..	262	138	2,50	93	OLIVARES-RIEUMONT *et al.*2005
Laguna Castillero, Venezuela	3,77	0,132	……	……	0,0047	0,253	……	…..	0,017	MÁRQUEZ *et al*. 2008
Boca Rio Apure, Venezuela	12,97	0,074	0,0046	0,0082	0,0021	0,0060	0,017	0,00030	0,0014	MÁRQUEZ *et al*. 2010
Orinoco Medio	56,83	0,27	0,0058	0,0094	0,0054	0,086	0,0045	0,00015	0,0026	Presente investigación

con grado de metamorfismo correspondiente a facies de granulita y anfibolita para primera; rocas volcánicas metamórfisadas con grado de anfibolitas y esquistos verdes para la segunda y rocas plutónicas y volcánicas del Proterozoico (GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* 1980; GIBBS & BARRON 1983; YANES & RAMÍREZ 1988). La región de los Andes y los llanos por su parte están compuestos por esquistos, gneises y granitos instructivos recubiertos de areniscas, lútitas, pizarras y calizas (GONZALES DE JUANA *et al.* 1980). Por otra parte hay que adicionar los aportes antropogénicos.

CONCLUSIONES

El promedio de las concentraciones de metales en los sedimentos del Orinoco Medio tuvieron un gradiente decreciente: Fe (56.829)>Mn (267,31)> Zn (85,47>Ni (9,19) > Cu (5,60)> Co (5,27) > Cr (4,36) > Pb (2,47)>Cd (0,15). Las concentraciones de metales fueron mayores en febrero del 2001 respecto a abril del 2002 y especialmente en las estaciones con alto contenido de lodos, carbonatos y materia orgánica.

A pesar de que el nivel del río fue mayor en el año 2002, las concentraciones de Mn, Zn, Ni, Cu, Co, Cr, Cd y Pb en el sedimento no se vieron afectadas por el lavado del lecho del río. No obstante, el hierro presentó un caso contrario, no teniéndose aún una explicación para ello.

Todos los metales, a excepción de plomo y zinc, se correlacionaron positivamente con la materia orgánica. Metales como Co, Cr Cu, Mn Ni se asociaron a los carbonatos. Igualmente, los metales se asociaron a las partículas tipo lodo y arenas finas, la excepción la tuvo el zinc que se correlacionó con la arena media gruesa.

El ANOVA mostró la existencia de diferencias significativas para las concentraciones de la mayoría de los metales en las estaciones, con excepción de Mn, Cd

y Pb, mientras que en los muestreos se observaron variaciones significativas para Mn, Cr, Pb, Cd, y Ni. También revelaron diferencias en las concentraciones de materia orgánica en los muestreos y estaciones al igual que ocurrió en los niveles de carbonatos en las estaciones. Debido a que los metales estuvieron asociados a estos dos parámetros, se sugiere que las concentraciones de los elementos pudieron haber variado en función de los niveles de materia orgánica y carbonatos.

En la zona, especialmente aguas abajo de la confluencia de los ríos Apure y Orinoco, se observó evidencia de intervención antropogénica en algunas estaciones, especialmente para Cu, Ni, Zn y Pb, los cuales presentaron valores que están por encima a los reportados en la literatura para sedimentos no contaminados. A pesar de esto, los promedios de todos los metales evaluados, exceptuando hierro, están por debajo de los valores medios reportados para otros ríos del mundo.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a FUNDACITE GUAYANA toda la colaboración prestada para el desarrollo de esta investigación a través del financiamiento del proyecto 000606.

REFERENCIAS

AISLABIE, J & M. LOUTIT. 1986. Accumulation of Cr (III) by bacteria isolated from polluted sediments. *Mar. Envir. Res.* 20: 221-232.

AZAM, M & Y. AHMED. 2003. Trace metals in littoral sediments from the North East Coast of the Bay Bengal along the ship breaking area, Chittagong, Bangladesh. *J. Biol. Sci.* 3(11): 1050-1057.

BONILLA, J., Y. POYER & B. GAMBOA. 1985. Características geoquímicas en núcleos de sedimentos de la Región Nororiental y Río Orinoco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela,* 24 (1-2): 43-61.

CARP. 1989. Estudios para la evaluación de la contaminación del río de la Plata. CARP-Servicio de Hidrografía Naval (Argentina)-Servicio Oceanográfico, Hidrográfico y Meteorológico de la Armada (Uruguay). Informe de Avance. Buenos Aires-Montevideo. 42 pp.

CRESSA, C., E. VASQUEZ, E. ZOPPI, J. RINCON & C. LOPEZ. 1993. Aspectos generales de la limnología en Venezuela. *Interciencia,* 18(5): 237-248.

DA SILVA, I., G. ABATE, J. LICHTIG & J. MASINI, 2002. Heavy metals distribution in recent sediments of the Tietê-Pinheiros River System in São Paulo State, Brazil. *Applied Geochem*. 17: 105-116.

EASTERLING, D., E. HOIVANITZ & K. STREET. 2000. Comparison of the adsorbed mercury screening method with cold-vapor atomic absorption spectrophotometry for determination of mercury in soil. *An. Lett.* 33 (8): 1665-1689.

EMOYAN, O., F. OGBAN & E. AKARAH. 2006. Evaluation of heavy metals loading of River Ijana in Ekpan – Warri, Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*. 10 (2): 121 – 127.

FERGUSSON, J. 1990. *The heavy metals elements chemistry environmental impact and health effects*. Pergamon Press, New York. USA. 278pp

FERIA, J., J. L. MARRUGO & H. GONZÁLEZ. 2010. Heavy metals in Sinú river, department of Córdoba, Colombia, South America. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* 55: 35-44.

FURHAN, I., R. NADEEM, A. A. MUHAMMAD & A. MUHAMMAD.2006. Contamination of Kallar Kahar Lake by inorganic elements and heavy metals and their temporal variations. *J. Appl. Sci. Environ. Manage* 10(2): 95 – 98.

GESAM. 1990. Reports and Studies. Lands/sea boundary flux of contaminants: Contributions from rivers. INCO/FAO/UNESCO/WHO/IAEA/UN/UNEP/ JUIN/ GESAM. 32: 78-81.

GIBBS, A. & C. BARRON. 1983. The Guiana Shield reviewed. *Episodes,* 21: 2. 7-14.

GONZÁLEZ, A., A. MÁRQUEZ & K. CHUNG. 2000. Hierro y cobre en *Plagioscion squamosissimus* (Pisces: Sciaenidae) del río Orinoco, Venezuela. *Rev. Biol. Trop*. 48 (1): 207-213.

González De Juana, C., J. Irrutalde & X. Picard. 1980. *Geología de Venezuela y sus campos petrolíferos*. FONINVES (Eds). Caracas, Venezuela. 105 pp.

González, H. & M. Ramirez. 1995. The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay, Cuba. *J. Geochem. Explore* 52 (1-2): 183-192.

Güiza González, S. 2001. Compilación y análisis de datos geoquímicos de metales traza en algunas zonas del río Magdalena (Colombia). Informe técnico INGEOMINAS, Colombia. 59 pp.

Ibragimow, A. & G. Gosiñska. 2010. Heavy metals in fluvial sediments of the Odra riverflood plains-introductory research. *Quest. Geograph*. 29 (1): 3747

Ikem, A., O. Egiebor & K. Nyavor. 2003. Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. *Water, Air and Soil Poll*. 149: 51-75.

Klavins, M. & M. Vircavs. 2001. Metals in sediments of inland waters of Latvia. *Boreal. Env. Res.* 6: 297-306

Lewis, B. & W. Landing. 1992. The investigation of dissolved and suspended particulate trace metals fractionation in the Black Sea. *Mar. Chem.* 40: 105-141.

Márquez, A., W. Senior, G. Martínez, J. Castañeda & A. González. 2008. Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la Laguna de Castillero, Venezuela. *Rev. Cien. FCV-LUZ*. 18 (2): 1 – 13.

_____., W. Senior, G. Martínez & Á. González. 2009a. Metales totales y biodisponibles en sedimentos recientes de la laguna Los Patos, estado Sucre, Venezuela. *Ciencia*, 17(1): 87 – 97.

_____., W. Senior, G. Martínez, J. Castañeda & A. González. 2009b. Descripción de las características fisicoquímicas de las aguas del río Apure en su confluencia con el río Orinoco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 48 (1): 57-65

_____., G. Martínez, W. Senior & A. González. 2010. Metales pesados en las aguas superficiales y sedimentos del río Apure en su confluencia con el río Orinoco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela,* 49 (1): 3-16

Milliman, J. & R. Meade. 1983. World-wide delivery of river sediments to the oceans. 1. *J. Geol*. 91*:* 1-21.

Mogollón, J. & R. Bifano. 1986. Contaminación por Cu, Ni, Zn, en sedimentos de la cuenca del Lago de Valencia. *Acta Científ. Venez*. 40: 157-158

Moore, J. & S. Ramammorthy. 1984. *Heavy metal in natural waters*. Pergamon Press, U. K. 268 pp.

Mora Polanco, A., L. Sánchez, C. Calderón, C. Lasso Alcalá & C. M. Romero. 2007. Parámetros fisicoquímicos de algunos cuerpos de agua adyacentes a la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, estado Amazonas, Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 41 (1). 44-59

Muniz, P., E. Danula, B. Yannicelli, J. Garcia-Alonso, G. Medina & M. Bicego. 2004. Assessment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay). *Environ. Inter*. 29: 1019.1028.

Paez-Osuna, F., A. Botello & S. Villanueva. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion Lagoon, México. *Mar. Poll. Bull.* 34(2): 123-128.

Priju, C. & A. Narayana. 2007. Heavy and trace metals in Vembanad Lake sediments. *Int. J. Environ. Res.*1 (4): 280-289.

Rodríguez, J. & L. Betancourt. 1999. Caracterización fisicoquímica de una laguna de inundación del tramo Orinoco medio y su relación con la biomasa de la cobertura de Bora (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms). *Interciencia*, 24 (4): 243- 249.

Rubio, B., M. Nombela & F. Vilas. 2000. Geochemistry of majors and trace elements in sediment of the Ria deVigo (NW Spain): an assessment of metal pollution. *Mar. Poll. Bull.* 40 (11): 968-980.

Sadid, M. 1992. *Toxic metal chemistry in marine*

environments. Pergamon Mercel Dekker Inc. New York, USA. 390 pp.

SALAZAR, J. 1989. Condiciones hidrogeoquímicas de la región estuarina-deltaica del río Orinoco durante el mes de noviembre de 1985. Trab. Grad. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.128 pp.

SALOMONS, W. & U. FROSTER .1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer Verlag, Berlin, Germany, 349 pp.

SÁNCHEZ, L. & E .VÁSQUEZ. 1986. Notas sobre las macrofítas acuáticas en la sección baja del río Orinoco. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle* 46 (125-26):107-125.

SÁNCHEZ, M. 1990. La calidad de las aguas del río Orinoco. En: *El Río Orinoco como ecosistema*. EDELCA. CCAVN. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuala. 430 pp.

SCHERER, U., S. SAGEMANN & F. STEPHAN. 2011. Emission via erosion and retention of heavy metals in river basins of Germany. *Geophys. Res. Abstr*. 13: 4769

SIQUEIRA, G. 2003. Study of heavy metals levels and other elements in surface sediments at the Santos Estuarine System and Shelf Coastal of the Amazon. Trab. Grad. PhD, Univ. São Paulo, Brasil, 386 pp.

SOKAL, R. & J. ROHLF. 1969. The principles and practice statistics in biological research. In: *Biometry* W. H. Freeman and Company. New York, USA. 776 pp.

OLIVARES-RIEUMONT, S., D. DE LA ROSA, L. LIMA, D. GRAHAM, K. ALESSANDRO, J. BORROTO, F. MARTÍNEZ & J. SÁNCHEZ. 2005. Assessment of heavy metal levels in Almendares River sediments-Havana City, Cuba. *Water. Res*. 39(16): 3945.3953

ROSAS, H. 2001. *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Trab. Grad. Dr. Recursos Naturales y Contaminación. Universidad Politécnica de Manresa, España. 315 pp.

TEIXEINA, E., L. ORTIZ, M. ALVES & J. SÁNCHEZ. 2001. Distribution of selected heavy metal in fluvial sediments of the coal mining region of Baixo, Jacuí, RS, Brazil. *Environ. Geol*. 41: 145-154.

TUREKIAN, K. & K. WEDEPOHL. 1961. Distribution of the element in some major units of the earth crust. *Bull. Geol. Soc. Am*. 72: 175-192

VASQUEZ, E. & W. WILBERT. 1992. The Orinoco: physical, biological and cultural diversity of major tropical alluvial river. In: Blackwell Scientific Publications (Eds). *The Rivers Handbook.* Vol. 1. Oxford, England. 510 pp.

VILA, P. 1960. *Geografía de Venezuela* 1. El territorio nacional y su ambiente físico. Ministerio de Educación, Dirección de Cultura y Bellas Artes, Caracas, Venezuela. 454 pp.

VOGEL, A. 1960. *Química analítica cuantitativa*. Vol 1. Editorial Kapelusz, S.A. Buenos Aires, Argentina. 811 pp.

YANES, C. & A. RAMÍREZ.1988. Estudio geoquímico de grandes ríos venezolanos. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*. 48: 41-58

ZHANG, J. 1995. Geochemistry of trace metals from Chinese rivers/estuary systems. *Estuar. Coast. Sci*. 41: 631-658.

RECIBIDO: Abril 2011
ACEPTADO: Junio 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 19-33 (2012) 3 Figs., 1 Tab.

CRUSTÁCEOS DECÁPODOS BENTÓNICOS LITORALES DE LA ISLA DE LA TORTUGA. I.- FAMILIA PORCELLANIDAE HAWORTH, 1825

CARLOS LIRA, GONZALO HERNÁNDEZ, JUAN BOLAÑOS, JESÚS HERNÁNDEZ, RÉGULO LÓPEZ ,

MARIANELA PIÑATE & IVÁN HERNÁNDEZ-ÁVILA

Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela, carlos.lira@ne.udo.edu.ve

RESUMEN: Fue analizada taxonómicamente la comunidad de acngrejos porcelánidos de isla La Tortuga, Venezuela. Para ello fueron recolectados 480 ejemplares en seis localidades diferentes de la isla entre 2001 y 2003, pertenecientes a cuatro géneros y 15 especies. El género con mayor cantidad de especies fue Petrolisthes (9), seguido de Pachycheles (4) y Porcellana y Megalobrachium (una cada uno). Once especies resultaron primeros registros para la isla, elevando así a 19 y 41 el número de especies de porcelánidos y de decápodos conocidas para isla La Tortuga, respectivamente.

Palabras clave: Biodiversidad, anomura, bentos, Mar Caribe.

ABSTRACT: Porcellanids crab community from La Tortuga island, Venezuela, was analyzed taxonomically. Four hundred and eighty specimens were collected from six different locations between 2001 and 2003, these belonging to four genera and 15 species. Petrolisthes genus was the most diverse with nine species, followed by Pachycheles (4) and Porcellana y Megalobrachium (one each). Eleven species are new records for the island, bringing to 19 and 41 the number of porcellanids species and decapods known to La Tortuga island, respectively.

Key words: Biodiversity, anomura, benthos, Caribbean Sea.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de las taxocenosis han adquirido renovada importancia a nivel internacional, a raíz del Convenio Sobre Diversidad Biológica firmado en la Conferencia de Río (Brasil), en 1992, por una gran parte de los países asistentes. Este convenio reconoce los derechos de los países sobre su biota autóctona, debido a su importancia potencial por los avances en farmacología, ingeniería genética, medicina, etc. En esa misma conferencia se aprobó la Agenda 21, en la que los estados ribereños se comprometen, entre otras cosas, a elaborar y mantener bases de datos para la evaluación y la ordenación de las zonas costeras y todos los mares y sus recursos, proceder regularmente a la evaluación ambiental de las zonas marinas, y a la conservación y el restablecimiento de los hábitat críticos alterados (ONU 1996).

Venezuela, como firmante del mencionado convenio, ratificado en 1994, reconoce la necesidad de elaborar estrategias, planes o programas biológico (ENDIBIO) y su plan de acción (MARN 2001), el cual contempla entre sus objetivos generales: "establecer acciones para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad biológica a nivel de ecosistemas, comunidades, especies silvestres y domesticadas, recursos genéticos y servicios ambientales", y entre sus líneas estratégicas: utilización turística de ecosistemas, impacto mínimo y capacidad de carga; conocimiento, conservación y uso sustentable de ambientes coralinos; promoción del conocimiento, la conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica marina, insular y costera, entre otras.

La Tortuga, a pesar de ser la segunda de las islas de Venezuela en cuanto a sus dimensiones, ha sido objeto de

muy pocos estudios biológicos, no sólo en cuanto a su fauna marina en general, sino también en cuanto a los crustáceos en particular. Los registros que sobre organismos de este grupo han sido efectuados, provienen de estudios realizados en áreas más amplias y que sólo han considerado a La Tortuga como una estación adicional y/o circunstancial (GLASELL 1945; HAIG 1956; GORE & ABELE 1976; RODRÍGUEZ 1980; SCELZO 1982; HERNÁNDEZ *et al*. 1996).

El desconocimiento de la biodiversidad de La Tortuga, aunado al hecho que actualmente existen proyectos de explotación turística de cierta intensidad hacia esta isla, hacen necesaria la realización de estudios con el fin de reunir la información básica preliminar que permita orientar la toma de decisiones por parte de los planificadores, para minimizar el impacto de la intervención antrópica sobre el medio.

Debido a ello, el Laboratorio de Carcinología de la Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, inició un inventario de los crustáceos decápodos bentónicos litorales de la mencionada isla, contando para ello con el apoyo financiero por parte del Fondo Nacional para la Investigación, la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (FONACIT) a través del Proyecto S1-99000932.

Producto de este proyecto, se han realizado los primeros registros para Venezuela de las especies *Pomatogebia operculata* (SCHMITT 1924), *Upogebia vasquezi* NGOC-HO 1989 y *Uhlias limbatus* STIMPSON 1871 (*fide* LIRA *et al*. 2002; 2005; HERNÁNDEZ-ÁVILA *et al*. 2005).

En el presente trabajo se presenta un inventario de las especies de Porcellanidae (Anomura) colectadas en la isla de La Tortuga, suministrándose una clave abreviada que facilite su determinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Seis estaciones de estudio fueron seleccionadas a lo largo de las costas de la isla La Tortuga: Cayo Herradura (1), Punta del Este (2), Los Mogotes (3), Carenero (4), Boca de Palo (5), Los Tortuguillos (6) (Fig. 1). Los muestreos fueron realizados tanto en horas diurnas como nocturnas. La colecta de los ejemplares fue realizada mediante capturas manuales y/o con ayuda de salabardos, nasas, buceo en apnea, bomba yabby, y extracción de trozos de coral, esponjas, rocas, a los cuales se les efectuó una revisión cuidadosa para extraer los decápodos presentes.

Las muestras fueron narcotizadas con hielo y posteriormente fijadas en formalina al 10% y preservadas en alcohol etílico (98%), almacenadas y etiquetadas con la información del sector, fecha de captura, método de colecta, profundidad y tipo de sustrato.

En el laboratorio se estudió la morfología de los especímenes colectados, con la ayuda de un microscopio estereoscópico o compuesto, según fue requerido.

Para las mediciones de los ejemplares se utilizó un vernier de 0,05 mm de apreciación o microscopio estereoscópico con ocular calibrado, según fue necesario; las medidas tomadas fueron largo (LC) y ancho del caparazón (AC). En la especificación del material analizado, las hembras no ovígeras fueron diferenciadas de las ovígeras mediante los símbolos ♀ y ♀♀, respectivamente; los machos fueron identificados con el símbolo ♂, mientras que los juveniles cuyo sexo no pudo ser determinado son referidos con la abreviación "juv".

El material identificado reposa en la colección de referencia del Grupo de Investigación en Carcinología de la Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta (GICUDONE), en Boca del Río, Isla de Margarita, Venezuela.

RESULTADOS

En total fueron recolectados 480 ejemplares de porcelánidos pertenecientes a cuatro géneros y quince especies. El género con mayor cantidad de especies fue

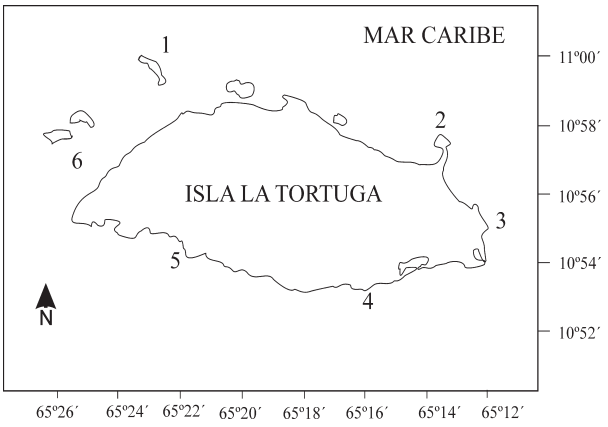


Fig. 1. Mapa de la isla La Tortuga mostrando las localidades de muestreo: 1) Cayo Herradura; 2) Punta del Este; 3) Los Mogotes; 4) Carenero; 5) Boca de Palo; 6) Los Tortuguillos

Petrolisthes Stimpson, 1858 , con nueve representantes, mientras que *Pachycheles* Stimpson, 1858 estuvo representado por cuatro especies y *Porcellana* Lamarck, 1801 y *Megalobrachium* Stimpson, 1858 con una especie cada uno.

Familia Porcellanidae Haworth, 1825

Clave para las especies de Porcellanidae de Isla La Tortuga (Modificada de Gore y Abele, 1976)

1A.- Antena con artejo basal corto (no alcanza el margen anterior del caparazón), artejos del pedúnculo antenal con libre acceso a la órbita ...…….....2

1B- Antena con artejo basal pronunciado anteriormente (alcanza el margen anterior del caparazón), de tal manera que los artejos del pedúnculo sin acceso a la órbita ……14

2A.- Porciones de la pared del caparazón ubicadas detrás de la región epibranquial constituidas por una o más placas pequeñas, separadas por espacios membranosos .....*Pachycheles* (3)

2B.- Porciones de la pared del caparazón ubicadas detrás de la región epibranquial, enteras, no constituidas por pequeñas placas y espacios membranosos..... .....*Petrolisthes* (6)

3A.- Telson compuesto por siete placas …… *P. susanae*

3B.- Telson compuesto por cinco placas …… 4

4A.- Quelípedos cubiertos con numerosas setas rígidas ……..…….....*P. pilosus*

4B.- Quelípedos glabros o con pubescencia corta, nunca con setas rígidas ….....…….....…...…… 5

5A.- Frente cubierta con un penacho de setas. Carpo y propodo de los quelípedos con tubérculos en forma discoidal dispuestos oblicuamente y espaciados por setas cortas ….....*P. monilifer*

5B.- Frente recta sin penacho de setas. Carpo de quelípedos glabros, sin gránulos ni tubérculos..... *P. riseii*

6A.- Quelípedos con carpo entero ….....7

6B.- Quelípedos con carpo con dientes, espinas o lóbulos en el margen flexor.....8

7A.- Quelípedos con carpo subrectangular, es decir, con los márgenes flexor y extensor casi paralelos entre sí ....… .....*P. quadratus*

7B.- Quelípedos con carpo subromboidal, es decir, con los márgenes flexor y extensor no paralelos, más anchos proximalmente ……...…….*P. tonsorius*

8A.- Telson constituido por cinco piezas ..... *P. jugosus*

8B.- Telson constituido por siete piezas..... 9

9A.- Espina epibranquial ausente..... 10

9B.- Espina epibranquial presente 11

10A.- Margen flexor del carpo de los quelípedos con 3 espinas subiguales, equidistantes entre sí y distribuidas a lo largo de todo el margen flexor ……*P. politus*

10B.- Margen flexor del carpo de los quelípedos armado en el tercio proximal con 3-4 espinas, las más distales unidas en su base o totalmente fusionadas, tercio distal inerme ..... ……..*P. magdalenensis*

11A.- Margen flexor del carpo de los quelípedos con 3 espinas separadas..... *P. armatus*

11B.- Margen flexor del carpo de los quelípedos con 4 espinas separadas..... 12

12A.- Caparazón áspero, con prominentes estrías setosas transversas ..... *P. galathinus*

12B.- Caparazón casi liso, con excepción de algunos pliegues en la región posterolateral .....……. 13

13A.- Espina supraorbital ausente, sin espinas en el margen lateral del caparazón ….……...….... *P. marginatus*

13B.- Espina supraorbital presente, con 1-3 espinas cortas en el margen lateral del caparazón..... *P. amoenus*

14A.- Frente redondeada en vista dorsal..... .....*Megalobrachium poeyi*

14B.- Frente prominente, claramente tridentada en vista dorsal.....*Porcellana sayana*

Pachycheles susanae GORE & ABELE, 1973
Fig. 2A

RECONOCIMIENTO.- GORE Y ABELE, 1973: 560, figs. 1, 3b.- GORE Y ABELE, 1976, 20.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- SCELZO (1984), HERNÁNDEZ *et al*. (1996).
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 07/III/2002, 6 ♂, 3♀♀, sustrato rocoso, 0,5m.- Punta del Este**:** 08/III/2002, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.- Cayo Herradura**:** 08/III/2002**,** 1♂, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 2,90 – 5,50 mm LC y 2,95 – 5,85 mm AC; ♀♀: 5,00 – 6,00 mm LC y 6,10 – 7,80 mm AC.
HÁBITAT.- Asociada a corales cercanos al intermareal o al alga coralina del género *Halimeda* (GORE Y ABELE 1976).
DISTRIBUCIÓN.- México, costa caribeña de Panamá y Colombia, Venezuela, Martinica (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Los ejemplares vivos pueden ser identificados por las dos manchas blancuzcas ubicadas una a cada lado de la región cardiaca; estas manchas son fácilmente distinguibles en ejemplares preservados que aún conservan parcialmente su coloración, pero se pierden en ejemplares con mucho tiempo de preservación. De las especies de *Pachycheles* señaladas de Venezuela, sólo *P. serratus* (BENEDICT, 1901) comparte con *P. susanae* GORE & ABELE, 1974 la característica de poseer un telson conformado por siete placas (cinco piezas en las demás especies), pero diferentes, entre otros aspectos, por la ausencia de pleópodos en los machos de *P. susanae*.

Pachycheles pilosus (H. MILNE EDWARDS, 1837)
Fig. 2B.

RECONOCIMIENTO.- WILLIAMS 1984: 241, Fig. 176.- ABELE & KING 1986: 412, 417.- SCELZO Y VARELA 1988: 39, Fig. 2.- HERNÁNDEZ *et al*. 1996: 4.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- SCELZO & VARELA (1988), GARCÍA (1995), HERNÁNDEZ *et al*. (1996).
MATERIAL ESTUDIADO.- Punta del Este: 05/VIII/2001**,** 2♂, sustrato rocoso, intermareal; 09/VIII/2002, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.- Carenero: 06/VIII/2001**,** 29♂, 16♀ (13♀♀), sustrato rocoso, 0-2m; 10/VIII/2002, 1♂, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 01/XI/2003, 1♂, sustrato rocoso, 0,5 m.- Boca de Palo**:** 08/III/2002, 1♂, sustrato rocoso-coral, 0,5m.- Cayo Herradura: 09/III/2002, 1♂, sustrato rocoso, intermareal; 07/III/2002, 3♂, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 3♂, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 2,60 – 7,20 mm LC y 2,60 – 7,50 mm AC; ♀: 5,40 – 5,80 mm LC y 5,45 – 6,15 mm AC; ♀♀: 3,50 - 7,40 mm LC y 3,60 – 7,90 mm AC
HÁBITAT.- En corales y debajo de piedras próximas a conglomerados de animales sésiles (WERDING 1984).
DISTRIBUCIÓN.- Desde Charleston hasta la Bahía de Sarasota (Florida, EE.UU), México, Puerto Rico, Cuba, St. Thomas, Guadalupe, Tobago, Colombia, Aruba, Bonaire, Curazao, Bahamas, Venezuela (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- *P. pilosus* había sido recolectada previamente en Isla de Aves y La Blanquilla. En La Tortuga es una especie que aparece con cierta regularidad y ha sido hallada en diversas localidades. Representa cerca del 80% de todos los ejemplares congenéricos colectados (60 de 77).

Pachycheles monilifer (DANA, 1852)
Fig. 2C.

RECONOCIMIENTO.- HAIG 1960: 160-162, lám. 33, fig. 4.- MELO 1999: 238, Fig. 160.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- HAIG (1956), RODRÍGUEZ (1980), SCELZO (1982), MORAO (1983), HERNÁNDEZ (1992), HERNÁNDEZ *et al*. (1996), LIRA (1997).
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001**,** 1♂, sustrato coralino, intermareal.
MEDIDAS.- Macho: 4,50 mm LC y 4,90 mm AC.
HÁBITAT.- Entre conglomerados de animales sésiles y debajo de piedras. A veces asociada con las bases de *Gorgona ventalina* (LINNAEUS 1758), con las colonias de *Tubastrea tenuilamellosa* (MILNE-EDWARDS & HAIME 1848), con colonias de zoantarios y con exoesqueletos de cirrípedos balanomorfos; en arrecifes de gusanos sabeláridos y entre algas pardas (WERDING 1977).
DISTRIBUCIÓN.- Atlántico Occidental: Florida (EE.UU.), México, Colombia, Venezuela, Trinidad, St. Thomas y St. John; desde Pará hasta Santa Catarina (Brasil). Pacífico Oriental: La Libertad (Ecuador), Cancas (Perú) (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- *P. monilifer* es fácilmente diferenciable de otros ejemplares congenéricos por presentar tubérculos en forma discoidal dispuestos oblicuamente en el carpo y propodo de quelípedos.

Pachycheles riseii (STIMPSON, 1858)

Fig. 2D.

RECONOCIMIENTO.- HAIG, 1956: 7, 12.- WERDING, 1977: 187, 192, 293, fig. 14.- FIGUEREDO *et al*. 1993: 23.- MELO, 1999: 240, Fig. 161.

REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.

REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- FIGUEREDO *et al.* (1993), HERNÁNDEZ *et al*. (1996), LIRA (1997).

MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001**,** 1♂, 1♀, en trozos de coral muerto, intermareal; 06/VIII/2001**,** 1♂, sustrato rocoso, intermareal; 01/XI/2003, 1♂, sustrato rocoso, 0,5 m.

MEDIDAS.- ♂: 3,00 – 3,95 mm LC y 3,35 – 4,10 mm AC; ♀: 3,40 mm LC y 3,90 mm AC.

HÁBITAT.- Debajo de piedras y de corales muertos de los géneros *Acropora* y *Porites* (WERDING 1984).

DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), Belice, Colombia, Venezuela, Tobago, Puerto Rico, St. Thomas, Barbados, Brasil (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).

COMENTARIOS.- *P. riseii* es poco frecuente y siempre ha sido hallada en pocas cantidades, generalmente en parejas; su primer hallazgo en aguas venezolanas fue realizado en Playa Tacuantar, Isla de Margarita, en 1993, y desde esa fecha han sido pocos los nuevos hallazgos realizados. En La Tortuga sólo ha sido recolectada en la Laguna de Carenero. Su llamativo color rojo y el par de manchas blancas en la región epibranquial permiten diferenciarla fácilmente en ejemplares frescos o recién conservados de los de otras especies congenéricas.

Petrolisthes quadratus BENEDICT, 1901
Fig. 2E.

RECONOCIMIENTO.- HAIG 1956: 18.- WERDING 1977: 204, fig. 23.

REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.

REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- HAIG (1956), SCELZO & VARELA (1988), HERNÁNDEZ *et al*. (1996).

MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001**,** 4♂, 3♂ (1♀♀), sustrato rocoso, intermareal; 06/VIII/2001**,** 16♂, 23♀ (17♀♀), sustrato rocoso asociado a manglar, intermareal.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 41♂, 23♀ (4♀♀), sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 8♂, 8♀ (2♀♀), sustrato rocoso, intermareal.- Cayo Herradura**:** 09/III/2002, 3♂, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 1♂, 2♀ (1♀♀), sustrato rocoso, intermareal; 07/III/2002, 11♂, 12♀ (6♀♀), sustrato rocoso, intermareal.- Los Tortuguillos**:** 08/III/2002, 9♂, 19♀ (2♀♀), sustrato rocoso, intermareal.

MEDIDAS.- ♂: 1,95 – 8,00 mm LC y 1,95 – 8,00 mm AC; ♀: 2,05 – 5,80 mm LC y 2,20 – 5,90 mm AC; ♀♀: 3,20 – 6,10 mm LC y 3,10 – 6,25 mm AC.

HÁBITAT.- Zona de pleamar, bajo fragmentos de corales, en oquedades de superficies duras (WERDING 1977).

DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), Belice, Puerto Rico, Dominica, golfo de México, Panamá, Colombia, Aruba, Curazao, Bonaire, Venezuela, Trinidad, Islas Vírgenes (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).

COMENTARIOS.- *P. quadratus* está muy emparentada con *P. tonsorius* con la cual comparte el mismo hábitat, siendo muy difícil la separación de ambas especies en ejemplares juveniles, basándose en la presencia (*P. quadratus*) o ausencia (*P. tonsorius*) de un amplio lóbulo en el carpo de los quelípedos. HAIG (1960) sugirió que su especie *P. tonsorius* podría ser realmente una sinonimia de *P. quadratus*; sin embargo, WERDING (1977) señala que efectivamente se trata de especies distintas.

Petrolisthes tonsorius HAIG, 1960
Fig. 2F.

RECONOCIMIENTO.- HAIG, 1960: 85, lám. 3.- WERDING, 1977: 205, fig. 24; 1978: 221.- GORE, 1982: 20.- SCELZO, 1982: 1134.- HERNÁNDEZ, 1992: 61-63, fig. 10a.

REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- HAIG (1960).

REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- RODRÍGUEZ (1980), SCELZO (1982, 1984), HERNÁNDEZ (1992), LIRA (1997).

MATERIAL ESTUDIADO.- Cayo Herradura: 27/09/2003, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 25/09/2003, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.

MEDIDAS.- ♀: 5,00 mm LC y 5,00 mm AC; ♀♀: 7,30 mm LC y 7,25 mm AC.

HÁBITAT.- Bajo piedras y cantos rodados, desde la zona supralitoral e intermareal hasta 20 m (HAIG 1960).

DISTRIBUCIÓN.- Atlántico Occidental: Colombia y Venezuela. Pacífico Oriental: golfo de California, Costa Rica, Colombia, Ecuador, islas Cocos y Galápagos (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).

COMENTARIOS.- *P. tonsorius* ha sido encontrada en diversas islas de Venezuela, incluyendo La Tortuga, además de Margarita, Coche y Cubagua (HAIG 1960; RODRÍGUEZ 1980; SCELZO 1982; 1984; HERNÁNDEZ 1992).

Petrolisthes jugosus STREETS, 1872
Fig. 2G.

RECONOCIMIENTO.- HAIG, 1956: 16.- WERDING, 1977: 203, fig. 21.

REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- HAIG (1956).
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- SCELZO Y VARELA (1988), LIRA (1997).
MATERIAL ESTUDIADO.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 3♂, 2♀♀, sustrato rocoso, intermareal.- Carenero: 06/VIII/2001, 18♂, 6♀ (4♀♀), sustrato rocoso, intermareal.- Cayo Herradura: 07/III/2002, 4♂, 1♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 1,45 – 4,90 mm LC y 1,45 – 4,90 mm AC; ♀: 3,15 – 4,65 mm LC y 3,30 – 5,20 mm AC; ♀♀: 2,95 – 3,60 mm LC y 3,10 – 3,60 mm AC.
HÁBITAT.- En asociación con la anémona colonial *Zoanthus sociatus* (ELLIS 1768), con el falso coral *Millepora* sp., con corales escleractinios tales como *Maeandra* spp., en arrecifes de gusanos sabeláridos y con el alga roja coralina *Goniolithon* sp., bajo rocas (HAIG 1956).
DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), golfo de México, Belice, Panamá, Colombia, Curazao, Bonaire, Venezuela, Tobago, Cuba, Puerto Tico, St. Martin, Islas Vírgenes, Barbados (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- *P. jugosus* es la única especie de *Petrolisthes* del Atlántico que posee un telson formado por 5 placas calcáreas, característica que sólo comparte con *P. hians* NOBILI 1901, del Pacífico oriental.

Petrolisthes politus (GRAY, 1831)
Fig. 2H.

RECONOCIMIENTO.- HAIG, 1956: 21-22.- GORE, 1974: 713, fig. 5.- GORE Y ABELE, 1976: 12.- WERDING 1977: 203, fig. 22; 1982: 444.- RODRÍGUEZ 1980: 217, lám. 4.- SCELZO 1982: 1134.
REGISTROS PREVIOS EN VENENZUELA.- RODRÍGUEZ (1980), SCELZO (1982, 1984), SCELZO & VARELA (1988), GARCÍA (1995), HERNÁNDEZ *et al*. (1996), LIRA (1997).
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001, 15♂, 5♀ (3♀♀), sustrato rocoso, intermareal; 06/VIII/2001, 1♂, 1♂, sustrato rocoso asociado a manglar, intermareal; 10/VIII/2002, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal.- Punta del Este: 08/III/2002, 7♀♀, sustrato rocoso, intermareal.- Cayo Herradura: 07/III/2002, 2♂, 2♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 09/III/2002, 2♂, 4♀♀, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 4,40 – 11,65 mm LC y 4,40 – 12,90 mm AC; ♀: 2,85 – 7,00 mm LC y 2,85 – 7,40 mm AC; ♀♀: 4,95 – 11,00 mm LC y 5,20 – 11,55 mm AC.
HÁBITAT.- Cantos dispersos de aristas redondeadas ubicados a poca profundidad. A veces en asociación con el erizo de mar *Echinometra lucunter* (LINNAEUS 1758) (*fide* HAIG 1956).
DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), golfo de México, Belice, Panamá, Colombia, Aruba, Bonaire, Curazao, Tobago, Bahamas, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Antigua, Guadalupe, Barbados y Venezuela (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Es una de las especies de porcelánidos de mayor tamaño en Venezuela; los juveniles son frecuentemente hallados bajo rocas del intermareal, mientras que los adultos son hallados a partir de 0,5 m de profundidad (SCELZO & VARELA 1988).

Petrolisthes magdalenensis WERDING, 1978
Fig. 2I.

RECONOCIMIENTO.- WERDING, 1978: 307, fig. 1. HERNÁNDEZ *et al*. 2005: pp no enumerada.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- LIRA (1997), MUÑOZ & BLANCO-RAMBLA (1999).
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001, 1♀, asociado a *Porites* sp., 1m.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 2♂, 1♀, sustrato rocoso, intermareal; 09/VIII/2002, 1♂, 1♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 2B&, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 3,10 – 5,60 mm LC y 3,00 – 5,60 mm AC; ♀: 4,15 – 5,90 mm LC y 4,00 – 5,60 mm AC.
HÁBITAT.- Bajo rocas en la zona intermareal (WERDING 1978).
DISTRIBUCIÓN.- México, Honduras, Panamá, Venezuela, Trinidad y Tobago (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- WERDING (1977) señala la existencia en Colombia de ejemplares de una especie que él denominó *Petrolisthes* sp. II, la cual guardaba semejanzas con *P. lewisi* (GLASSELL 1936). Esta especie fue posteriormente descrita como *P. magdalenensis* WERDING 1978. En 1996 fueron hallados en Venezuela algunos ejemplares que coinciden con las descripciones de *P. lewisi*, así como con las de *P. magdalenensis*, dada la imposibilidad de revisar material proveniente de Colombia, y las diferencias aparentemente inconsistentes entre ambas especies, tales ejemplares fueron determinados como *P. lewisi* (LIRA *et al*. 1996; LIRA 1997).
HERNÁNDEZ *et al*. (2005) realizan una comparación entre ambas especies, llegando a la conclusión que sí existen diferencias entre ellas, por lo cual *P. lewisi* del Atlántico debe ser tratada como una sinonimia de *P.*

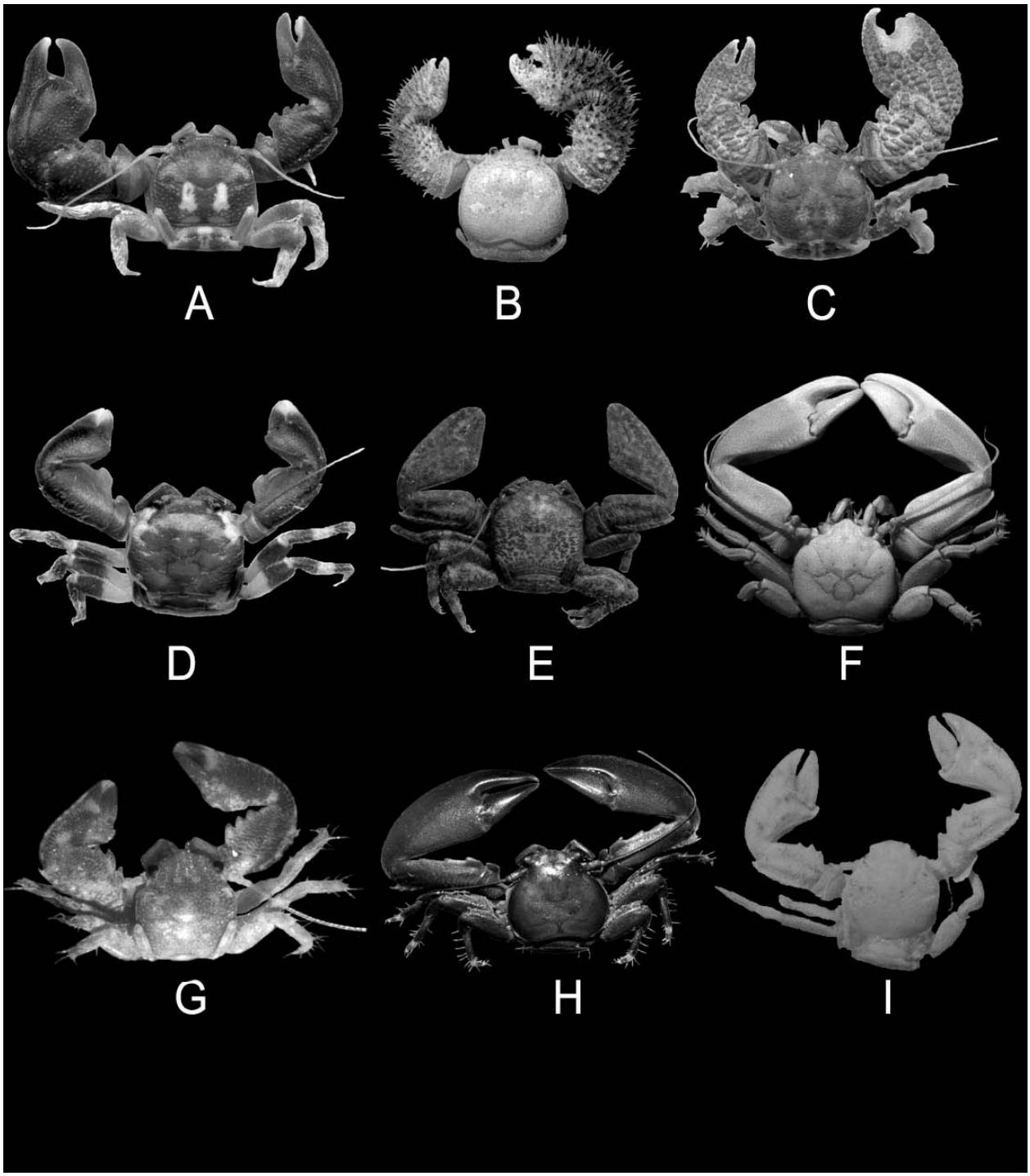


Fig. 2. Crustáceos porcelánidos de la isla de La Tortuga: A) *Pachycheles susanae* (B&;5,50 mm LC – 5,85 mm AC); B) *P. pilosus* ♀♀…;5,40 7,40 mm LC – 5,45 mm AC); C) *P. monilifer* (B&; 4,50 mm LC – 4,90 mm AC); D) *Pachycheles riseii* (1♂; 3,00 mm LC – 3,35 mm AC); E) *Petrolisthes quadratus* (♀; 3,20 mm LC – 3,10 mm AC); F) *P. tonsorius* (♂; 10,55 mm LC – 9,95 mm AC); G) *Petrolistes jugosus* (♂; 4,90 mm LC – 4,90 mm AC); H) *P. politus* (♀♀; 11,00 mm LC – 11,55 mm AC); I) *P. magdalenensis* (♀; 4,15 mm LC – 4,00 mm AC)

magadalenensis.

Petrolisthes armatus (GIBBES, 1850)
Fig. 3A.

RECONOCIMIENTO.- HAIG 1956: 19; 1957: 9; 1960: 50, lám. 19, fig. 2.- COÊLHO 1966: 55.- GORE 1970: 964; 1974: 709; 1982: 11.- GORE & ABELE 1976: 21.- WERDING 1977: 198, fig. 18; 1978: 219; 1982: 442.- RODRÍGUEZ 1980: 217, lám. 3.- SCELZO 1982: 1134.- HERNÁNDEZ 1992: 63, fig. 10B.- MELO 1999: 248, Fig. 168.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- RODRÍGUEZ (1980), SCELZO (1982), SCELZO & VARELA (1988), HERNÁNDEZ (1992), LIRA (1997).
MATERIAL ESTUDIADO.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.- Carenero: 06/VIII/2001, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- B&: 7,85 – 8,90 mm LC y 7,00– 8,90 mm AC.
HÁBITAT.- Entre piedras, en raíces de mangle, en corales, en conglomerados de esponjas, en arrecifes de gusanos sabeláridos, en conglomerados de mejillones y en praderas de *Thalassia* sp. Desde la zona intermareal hasta un máximo de 60 m (MELO 1999).
DISTRIBUCIÓN.- Atlántico occidental: Connecticut hasta Texas (EE.UU.), México, Belice, Costa Rica, Panamá, Colombia, Curazao, Venezuela, Bermuda, Bahamas, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Bahía hasta Santa Catharina (Brasil). Atlántico oriental: Gibraltar, Senegal hasta Angola, Isla Ascensión. Pacífico oriental: México, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Esta especie es una de las más abundantes entre los porcelánidos de Venezuela, ha sido recolectada en gran variedad de hábitats y localidades, sin embargo, resultó una especie no conspicua en la isla La Tortuga.

Petrolisthes marginatus STIMPSON, 1858
Fig. 3B.

RECONOCIMIENTO.- HAIG 1956: 26; 1957: 10-11; 1960: 47, lám. 20, fig. 1.- MELO 1999: 254, Fig. 174.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- RODRÍGUEZ (1980); SCELZO (1982); SCELZO & VARELA (1988); HERNÁNDEZ & BOLAÑOS (1992, 1995); GARCÍA (1995); GARCÍA *et al*. (1996).
MATERIAL ESTUDIADO.- Cayo Herradura: 09/03/2002, 1♀, sustrato rocoso, intermareal; 25/09/2003, 1♀♀, en coral muerto, 1,5 m.
MEDIDAS.- ♀: 7,50 mm LC y 7,45 mm AC; ♀♀: 10,65 mm LC y 10,55 mm AC.
HÁBITAT.- En aguas someras, bajo rocas (MELO 1999).
DISTRIBUCIÓN.- Atlántico Occidental: México, Panamá, Colombia, Curazao, Venezuela, Trinidad y Tobago, Puerto Rico, Barbados, San Luis y Fernando de Noronha (Brasil) Atlántico Oriental: Islas Cabo Verde hasta Annobon (África Occidental) (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- *P. marginatus* está muy emparentada con *P. amoenus* (GUÉRIN-MÉNEVILLE 1855), de la cual se diferencia por no presentar ni espina suprocular, ni espínulas en los márgenes laterales del caparazón, presentes estas últimas en número de 1-3 en *P. amoenus*. Otra especie muy relacionada con *P. marginatus* es *P. dissimulatus*, descrita por GORE (1983), la cual se diferencia de la primera porque presenta dos espinas epibranquiales, característica ésta que sólo comparte con *P. rosariensis* Werding, 1982.

Petrolisthes galathinus (BOSC, 1802)
Fig. 3C.

RECONOCIMIENTO.- HAIG 1956: 22; 1960: 36, lám. 19, fig. 4; 1966: 352.- WILLIAMS 1965: 107, fig. 83; 1984: 243, fig. 178.- GORE 1970: 965; 1974: 712.- GORE & ABELE 1976: 21.- WERDING 1977: 210, fig. 20; 1978: 219; 1982: 443.- RODRIGUEZ 1980: 217.- SCELZO 1982: 1133.- HERNÁNDEZ 1992: 65-66, fig. 10c.- MELO 1999: 252, Fig. 172.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- HAIG (1956), RODRÍGUEZ (1980), GRAJAL & LAUGHLIN (1984), SCELZO (1984), SOLER (1984), MAZA (1986), SCELZO & VARELA (1988), HERNÁNDEZ & BOLAÑOS (1992), HERNÁNDEZ (1992), LIRA (1997).
MATERIAL ESTUDIADO.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 1♀ sustrato rocoso, intermareal.- Carenero: 06/08/2001, 1♀, sustrato rocoso, intermareal.- Boca de Palo: 08/III/2002, 1♀, sustrato rocoso-coral, 0,5m.
MEDIDAS.- ♀: 5,35 – 9,70 mm LC y 5,05 – 9,20 mm AC.
HÁBITAT.- Litoral hasta 50 m. Bajo piedra, en los intersticios de *Porites* sp., en la base de colonias de la anémona *Zoanthus sociatus* (ELLIS, 1768), entre esponjas, en arrecifes de gusanos sabeláridos (WERDING 1984).
DISTRIBUCIÓN.- Atlántico occidental: desde Cabo Hatteras hasta Texas (EE.UU.), México, Belice, Panamá, Colombia, Aruba, Curazao, Bonaire, Venezuela, Trinidad, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Barbados, desde Pernambuco hasta Trinidade (Brasil). Pacífico Oriental: Costa Rica, Nicaragua, Panamá, Ecuador

(Rodríguez *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Werding (1983) define el complejo *P. galathinus*, compuesto por cuatro especies del Atlántico: *P. galathinus* (Bosc 1802), *P. rosariensis* Werding 1978, *P. caribensis* Werding 1983 y *P. columbiensis* Werding 1983, así como por *P. glasselli* Haig 1957. Posteriormente a este complejo se adicionaron las especies *P. sanmartini* Werding & Hiller 2001 y *P. bolivariensis* Werding & Krauss 2003. La inexistencia del holotipo de la especie y de una descripción minuciosa del mismo complica el panorama en este grupo. La especie acá descrita concuerda con la aceptada por Werding (1983) como *P. galathinus*.

Petrolisthes amoenus (Guérin, 1855)
Fig. 3D.

RECONOCIMIENTO.- Werding 1977: 198, fig. 17. Melo 1999: 246, fig. 166.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- Chace (1956), Scelzo (1982), Melo (1999).
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 10/08/2002, 1♂, en *Millepora* sp., 2,5 m; 10/08/2002, 1♂, sustrato rocoso, intermareal.
MEDIDAS.- ♂: 3,15 – 4,00 mm LC y 3,05 – 3,85 mm AC.
HÁBITAT.- Bajo rocas en la zona intermareal no expuesta, y asociado a coral del género *Millepora*, ha sido hallado hasta 140 m de profundidad (Werding 1984).
DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), México, Colombia, Curazao, Bonaire, Venezuela, Trinidad, Cuba, Puerto Rico, Barbados, Alagoas y Bahia (Brasil) (Rodríguez *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Los ejemplares de *P. amoenus* examinados presentaban dos espinas agudas sobre el margen extensor del dedo fijo, una en el cuarto proximal y la otra subterminal, según Werding (1977) estas espinas son características en los juveniles de la especie, pero desaparecen en los adultos de mayor tamaño.

Megalobrachium poeyi (Guérin 1855)
Fig. 3E.

RECONOCIMIENTO.- Haig 1956: 33; 1960: 214, lám. 39, fig. 1; 1962: 188; 1968: 71.- Coêlho 1966: 63.- Gore 1974: 704; 1982: 6 Gore & Abele 1976: 17.- Werding 1977: 182, fig. 5; 1984: 5.- Rodríguez 1980: 219.- Scelzo 1982: 1131.- Lira *et al*, 2001: 58, fig. 2.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Haig (1956)
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- Scelzo (1982), Hernández *et al*. (1996), Lira (1997), Lira *et al*. (2001)
MATERIAL ESTUDIADO.- Carenero: 06/VIII/2001, 2♂, 1♀♀, asociado a *Porites* sp., 0,5 - 1m; 06/VIII/2001, 5♂, 4♀, sustrato rocoso, intermareal; 06/VIII/2001, 1♀, sustrato arenoso, 2m.- Punta del Este: 05/VIII/2001, 7♂, 12♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 3♂, 2♀♀, sustrato rocoso, intermareal.- Cayo Herradura**:** 08/III/2002, 3♂, 3♀ (2♀♀), sustrato rocoso, intermareal; 09/III/2002, 1♀♀, sustrato rocoso, intermareal; 08/III/2002, 1♂, sustrato rocoso-coralino, 1,5m.
MEDIDAS.- ♂: 2,55 – 9,80 mm LC y 2,65 – 10,15 mm AC; ♀: 2,70 – 9,55 mm LC y 2,70 – 9,80 mm AC; ♀♀: 7,45 – 8,90 mm LC y 8,15 – 9,95 mm AC.
HÁBITAT.- Ha sido hallada bajo piedras y conchas del bivalvo *Arca zebra* Swainson, 1833, en *Thalassia* sp. y en zonas coralinas. Desde el intermareal hasta 54 m (Werding 1984).
DISTRIBUCIÓN.- Florida (EE.UU.), México, Panamá, Colombia, Venezuela, antillas; Paraiba y Sao Paulo (Brasil) (Rodríguez *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- Debido a su tamaño y abundancia relativa, esta especie es la representante congenèrica más conspicua en aguas venezolanas. Las otras tres han sido halladas en Venezuela: *M. roseum* (Rathbun 1900), *M. soriatum* (Say 1818) y *M. mortenseni* Haig 1962 (*fide* Lira *et al*. 2001). *M. poeyi* se diferencia de *M. soriatum*, porque esta última posee un telson constituido por 5 placas en lugar de 7; y se diferencia de las otras dos especies por su densa setación en el margen extensor de los quelípedos, de las patas caminadoras y de las paredes laterales del caparazón, mientras que en las otras dos, la setación es escasa.

Porcellana sayana (Leach, 1820)
Fig. 3F.

RECONOCIMIENTO.- Williams 1965: 110, fig. 87; 1984: 245, fig. 180.- Gore 1970: 963; 1974: 715.- Werding 1977: 212, fig. 29; 1982: 446.- Rodríguez 1980: 218.- Scelzo & Varela 1988: 42.- Hernández 1992: 56-57, fig. 9a.- Melo 1999: 266, Fig. 184.
REGISTROS PREVIOS EN LA TORTUGA.- Ninguno.
REGISTROS PREVIOS EN VENEZUELA.- Rodríguez (1980), Scelzo (1982); Scelzo & Varela (1988), Hernández (1992), Lira (1997).
MATERIAL ESTUDIADO.- Cayo Herradura**:** 08/III/2002, 5♂, 3♀♀, en *Paguristes puncticeps* Benedict, 1901, sin más datos; 08/III/2002, 6♂, 4♀♀, en *Petrochirus diogenes* (Linnaeus, 1758), colectado a 12 m con tren langostero; 3♂, sobre *Stenocionops furcata* (Olivier, 1791), colectado

a 12 m con tren langostero; 5♂, sobre *Dromia erythropus* (EDWARDS 1771) colectada a 12 m con tren langostero.
MEDIDAS.- ♂: 2,15 – 10,55 mm LC y 1,85 – 9,95 mm AC; ♀♀: 2,00 – 9,15 mm LC y 1,80 – 8,80 mm AC.
HÁBITAT.- Simbionte de otros invertebrados como los crustáceos *Petrochirus diogenes*, *Dardanus fucosus* BIFFAR & PROVENZANO 1972, *D. venosus* (H. MILNE EDWARDS 1848), *Paguristes grayi* BENEDICT 1901, *P. tortugae* SCHMITT 1933, *P. puncticeps*, *Pagurus pollicaris* SAY 1817 y *Stenocionops furcata*, el gasterópodo *Strombus gigas* LINNAEUS 1758 y el holotúrido *Astichopus multifidus* (SLUTER 1910). Desde el intermareal hasta 92 m de profundidad (MELO 1999).
DISTRIBUCIÓN.- Desde Carolina del Norte hasta Texas (EE.UU.), México, Belice, Panamá, Colombia, Venezuela, Bahamas, Cuba, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes, Antigua, Barbados, Guayana, Rio Grande do Sul (Brasil) (RODRÍGUEZ *et al*. 2005).
COMENTARIOS.- *Porcellana sigsbeiana* A. MILNE-EDWARDS 1880., la otra representante del género para aguas venezolanas, es una especie de aguas profundas; ambas se diferencian por la presencia de una espina aguda (*P. sigsbeiana*) o un lóbulo redondeado (*P. sayana*) en el ángulo epibranquial.

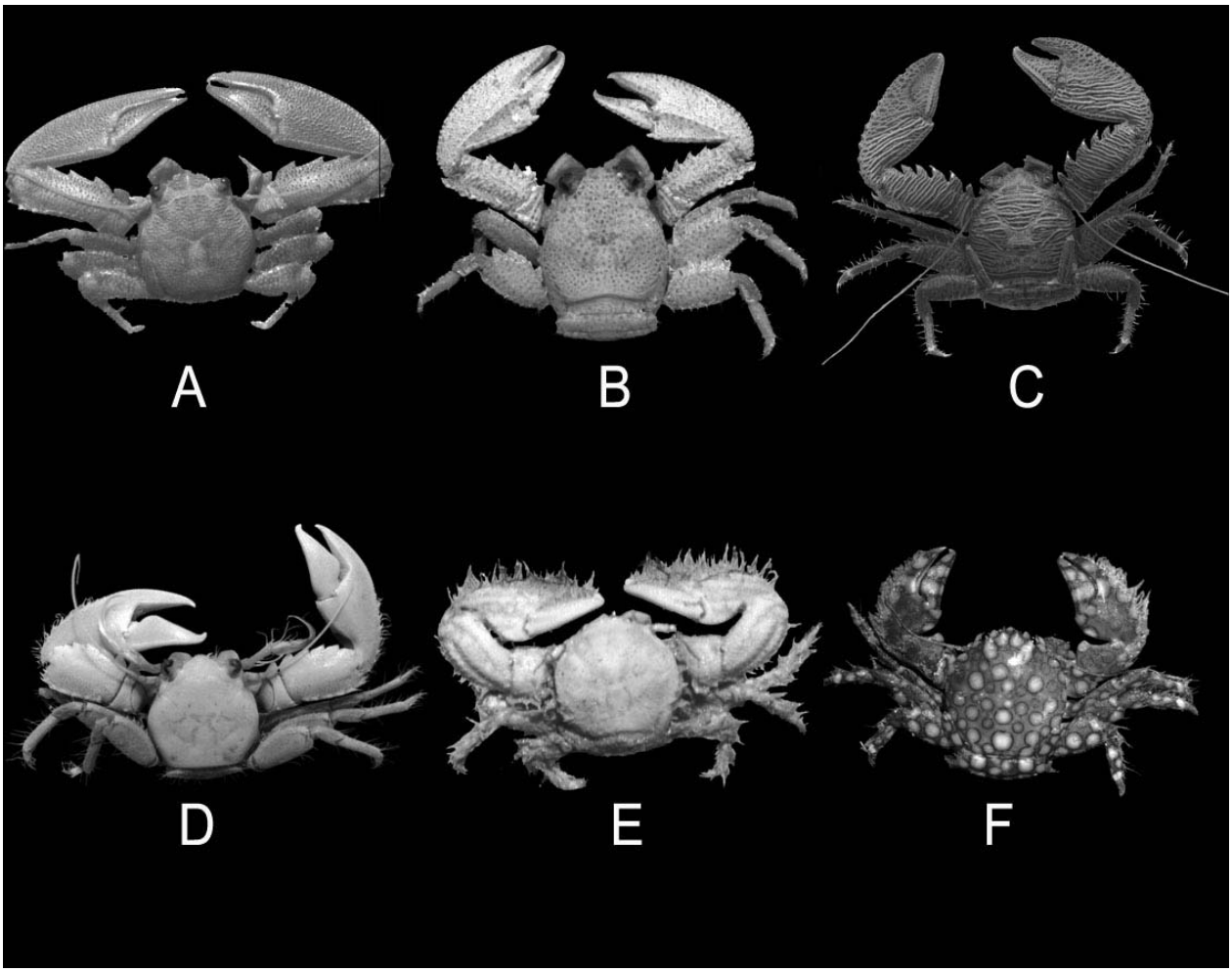


Fig. 3. Crustáceos porcelánidos de la isla de La Tortuga: A) *Petrolisthes armatus* (♂;8,90 mm LC – 8,90 mm AC); B) *P. marginatus* (♀♀…;10,65 mm LC – 10,55 mm AC); C) *P. galathinus* (♀; 9,70 mm LC – 9,20 mm AC); D) *P. amoenus* (♂; 4,00 mm LC – 3,85 mm AC); E) *Megalobrachium poeyi* (♀♀…;8,90 mm LC – 9,95 mm AC); F) *Porcellana sayana* (♀♀…; 9,15 mm LC – 8,80 mm AC)

DISCUSIÓN

Colectas eventuales de crustáceos en la isla La Tortuga señalaban la existencia de 26 especies de decápodos, entre ellos ocho especies de porcelánidos (Tabla I). De estas ocho especies previamente reportadas, cuatro fueron recolectadas en el presente estudio: *Megalobrachium poeyi*, *Petrolisthes jugosus*, *P. tonsorius* y *Porcellana sayana*. De las cuatro especies no recolectadas, pero reportadas para la isla por HAIG (1956), *Neopisosoma angustifrons* y *Clastotoechus nodosus* han sido halladas adicionalmente en Margarita y Cubagua (SCELZO 1982; HERNÁNDEZ & BOLAÑOS 1992; LIRA 1997) y *N. curacaoense* (SCHMITT, 1924) en Cubagua (SCELZO 1982; 1984; HERNÁNDEZ & BOLAÑOS 1992), mientras que *Parapetrolisthes tortugensis* (GLASSELL, 1945) no ha sido objeto de hallazgos posteriores en el país.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio se eleva a 19 el número de porcelánidos conocidos para la isla La Tortuga, lo cual representa 55,9% de las especies reportadas para Venezuela (*fide* CHACE 1956; HAIG 1956; HOLTHUIS 1959; WILLIAMS 1965; GORE 1974; RODRÍGUEZ 1980; SCELZO 1982; GRAJAL & LAUGHLIN 1984; SOLER 1984; ABELE & KIM 1986; SCELZO & VARELA 1988; BLANCO-RAMBLA *et al*. 1992; HERNÁNDEZ 1992; HERNÁNDEZ & BOLAÑOS 1992; GARCÍA 1995; HERNANDEZ & BOLAÑOS 1995; GARCÍA *et al*. 1996; LIRA *et al*. 1996; 2001; LIRA 1997; MARCANO 1997; SÁNCHEZ 1997; MUÑOZ & BLANCO-RAMBLA 1999; MELO 1999; CASTRO *et al*. 2004). De igual manera, se eleva a 41 el número de decápodos conocidos para la isla de La Tortuga (*fide* GLASELL 1945; HAIG 1956; MAYO 1973; GORE & ABELE 1976; RODRÍGUEZ 1980; SCELZO 1982; GARCÍA-GÓMEZ 1983; PIÑANGO 1988; HERNÁNDEZ *et al*. 1996; LIRA *et al*. 2002; 2005; HERNÁNDEZ-ÁVILA *et al*. 2005).

TABLA 1.- Especies de Porcelánidos reportadas para la isla de La Tortuga

ESPECIE	REFERENCIA
Neopisosoma angustifrons	HAIG, 1956; GORE Y ABELE, 1976
Neopisosoma curacoense	HAIG, 1956; SCELZO, 1982
Clastotoechus nodosus	HAIG, 1956; SCELZO, 1982
Pachycheles susanae	PRESENTE ESTUDIO
Pachycheles pilosus	PRESENTE ESTUDIO
Pachycheles monilifer	PRESENTE ESTUDIO
Pachycheles riseii	PRESENTE ESTUDIO
Parapetrolisthes tortuguensis	GLASELL, 1945; HAIG, 1956
Petrolisthes quadratus	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes tonsorius	HERNÁNDEZ *et al*. 1996; PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes jugosus	HAIG, 1956; SCELZO, 1982; PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes politus	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes magdalenensis	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes armatus	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes galathinus	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes marginatus	PRESENTE ESTUDIO
Petrolisthes amoenus	PRESENTE ESTUDIO
Megalobrachium poeyi	HERNÁNDEZ *et al*. 1996; PRESENTE ESTUDIO
Porcellana sayana	HERNÁNDEZ *et al*. 1996; PRESENTE ESTUDIO

AGRADECIMIENTO

Este estudio es parte del proyecto "Crustáceos decápodos bentónicos litorales de la isla de La Tortuga, Venezuela", financiado por el FONACIT: S1-99000932. Los viajes desde Margarita hasta La Tortuga fueron posibles con la ayuda del Destacamento de Vigilancia Costera de Porlamar, y a la tripulación de las embarcaciones Punta Morón y Río Tocuyo. La estadía en La Tortuga, asi como las salidas de campo, contaron con la valiosa colaboración de los pescadores de la zona. La colecta de organismos fue realizada con la colaboración de, para ese momento, estudiantes de Biología Marina de la Universidad de Oriente, entre ellos Isabel Magán, CARLOS PEREIRA, ALEJANDRO TAGLIAFICO, JULIAN MORA, P. SEBASTIÁN RODRÍGUEZ y LUIS GARCÍA; así como del Sr. JULÍAN VÁSQUEZ y la Lic. LEE GALINDO.

REFERENCIAS

ABELE, L. y W. KIM. 1986. An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida. *State of Florida Department of Enviromental Regulation*. *Technical Series* 8(1): 1- 760.

BENEDICT, J.E. 1901. Anomuran collections made by the "Fish Hawk" in Puerto Rico. *Proc. U.S. Fish Comm.* 20(2): 131-149.

BLANCO-RAMBLA, J., I. LIÑERO y L. LARES. 1992. Crustáceos decápodos bentónicos del área de Jose, Edo. Anzoátegui. *II. Congr. Cient.* Universidad de Oriente 2: 78-79.

BOSC, L. 1802. *Histoire naturelle des Crustacés, contenant leur description et leurs moeurs; avec figures dessinées d'après nature*. Paris, Francia.1:1-258.

CASTRO, N., C. LIRA & G. HERNÁNDEZ. 2004. Primer registro de *Petrolisthes bolivarensis* Werding y Kraus, 2003 (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) para Venezuela. *Acta Cien. Ven.* 55(1): 273.

CHACE, F., Jr. 1956. Crustáceos Decápodos y Stomatópodos del Archipiélago Los Roques e Isla de La Orchila. En: *El Archipiélago de Los Roques y de La Orchila*. Soci. Ciencias Natural La Salle 145-168.

COÊLHO, P. 1966. Lista dos Porcellanidae (Crustacea, Decapoda, Anomura) do litoral de Pernambuco e estados vizinhos. *Trab. Inst. Oceanogr., Univ. Fed., Pernambuco, Recife* 5/6:51-68.

DANA, J.D. 1852. *United States Exploring Expedition during the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, under the command of Charles Wilkes, U.S.N*. Vol. XIII, Crustacea, part I13: 685.

FIGUEREDO, A., G. HERNÁNDEZ, J. BOLAÑOS & J. E. HERNÁNDEZ. 1993. Primer registro de *Pachycheles riseii* (Stimpson, 1858) (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) en aguas marinas de Venezuela. *Acta Cien. Ven.* 44 (supl. 1): 23.

GARCÍA, L. 1995. *Cangrejos Anomura y Brachyura (Crustacea: Decapoda) de la Isla de Aves*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. 147 pp.

_____, G. Hernández y J. Bolaños. 1996. Anomura y Brachyura de Isla de Aves. *Saber* 8: 212.

GARCÍA-GÓMEZ, J. 1983. Revision of *Iridopagurus* (Crustacea: Decapoda: Paguridae) with the description of new species from american waters. *Bull. Mar. Sci.* 33(1): 10-54.

GIBBES, L. 1850. On the carcinological collections of the Cabinets of Natural History in the United States: with an enumeration of the species contained therein and descriptions of new species. *Proc. Amer. Ass. Sci.* 165-201.

GLASSELL, S.A. 1936. New Porcellanids and Pinnotherids from Tropical North American Waters. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.* 8(21): 277-304.

_____. 1945. Four new species of North American crabs of the genus *Petrolisthes*. *J. Wash. Acad. Sci.* 35: 223-329.

GORE, R. 1970. *Pachycheles cristobalensis*, sp. nov., with notes on the porcellanid crabs of the Southwestern Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* 20: 957-970.

_____. 1974. On a small collection of porcellanid crabs from the Caribbean sea (Crustacea, Decapoda, Anomura). *Bull. Mar. Sci.* 24(3):700-721.

_____. 1982. Porcellanid crabs from the coast of Mexico and Central America (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Smith. Contr. Zool*. (363): 1-34.

_____. 1983. The identity of *Petrolisthes marginatus* Stimpson, 1859, and the description of *Petrolisthes dissimulatus*, n. sp. (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). *Proc. Biol. Soc. Wash*. 96(1): 89-102.

_____. & L. ABELE. 1973 Three new species of Porcellanid crabs from the Caribbean Sea (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Bull. Mar. Sci.* 23(3): 559-573.

_____. & L. ABELE. 1976. Shallow waters porcellanid crabs from the Pacific coast of Panama and adjacent Caribbean waters (Crustacea: Anomura: Porcellanidae). *Smith. Contr. Zool*. 237: 1-30.

GRAJAL, A. & R. LAUGHLIN. 1984. Decapod crustaceans inhabiting live and dead colonies of three species of *Acropora* in the Roques Archipielago, Venezuela. *Bijdr. Dierk.* 54(2): 220-230.

GRAY, J. E. 1831. Description of a new genus, and some undescribed species of Crustacea. *The Zoological Miscellany*. To be continued occasionally. J. E. Gray (ed.). London: Part I: 39–40.

GUÉRIN, F. 1855. Crustáceos. En: Sagra, R. de la, ed.: *Historia Física, Política y Natural de Isla de Cuba*, 7 (Atlas): XXXII + 88.

HAIG, J. 1956. The Galatheidea (Crustacea Anomura) of the Allan Hancock Expedition with a review of the Porcellanidae of the Western Atlantic. *Allan Hancock Atl. Exp.* 8:1-44.

_____. 1957. The porcellanid crabs of the Askoy Expedition to the Panama Bight. *Amer. Mus. Nov.* 1865: 1-17.

_____. 1960. The Porcellanidae (Crustacea: Anomura of the Eastern Pacific. *Allan Hancock Pac. Exp.* 24: 1-440.

_____. 1962. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914-1916, LXXIX: Porcellanid crabs from the Eastern and Western America. *Vid. Med. fra Danks Nat. Hist. For. i Kjob.* 124: 171-192.

_____. 1966. Porcellanid crabs (Crustacea Anomura). *Ann. Inst. Océanogr.* 44: 351-358.

_____. 1968. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. Porcellanid crabs (Crustacea: Anomura) from the west coast of Tropical America. *Zoologica* 53(2): 57-74.

HAWORTH, A. H. 1825. A new binary arrangement of the macrurous Crustacea. *Philos. Mag.* 65: 183–184.

HERNÁNDEZ, G. 1992. *Crustáceos decápodos bentónicos de la Laguna de Las Marites, Isla de Margarita*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela 227 pp.

_____. & J. BOLAÑOS. 1992. Revisión de los cangrejos anomuros de la Familia Porcellanidae de la Región Nororiental de Venezuela. *II Congr. Cient.*. Universidad de Oriente, Isla de Margarita 105-106.

_____. & J. BOLAÑOS. 1995. Additions to the decapod crustacean fauna of Northeastern Venezuelan islands, with the description of the male of *Pinnotheres moseri* Rathbun, 1918 (Decapoda: Brachyura: Pinnotheridae). *Nauplius* 3: 75-82.

_____., J. BOLAÑOS, C. LIRA & L. GARCÍA. 1996. Cangrejos porcelánidos (Decapoda: Anomura) de las islas del nororiente de Venezuela. *II Symp. Flora & Fauna Atlanthic Islands.* Islas Canarias, España 21.

_____, I.T. RODRÍGUEZ, J. BOLAÑOS, C. LIRA, K. GRATEROL & D. FELDER. 2005. Diferencias entre *Petrolisthes magdalenensis* Werding, 1978 y *P. lewisi* Glasell, 1936 (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). *32nd Sci. Meet. Ass. Mar. Lab. Caribb*. Curaçao. Programa / Resúmes. Pp no enumeradas.

HERNÁNDEZ-ÁVILA, I., C. LIRA, G. HERNÁNDEZ & J. BOLAÑOS. 2005. *Upogebia vasquezi* Ngoc-Ho, 1989. (Decapoda: Thalassinidea: Upogebiidae): First record for Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 44(2): 119-122.

HOLTHUIS, L. 1959. The Crustacea Decapoda of Suriname (Dutch Guiana). *Zool. Verhandel.* (44): 1-312.

LEACH, W. 1820. Galatéadées. *Dictionnaire des Sciences Naturelles* 18: 49-56.

LIRA, C. 1997. *Crustáceos anomuros costeros de la Península de Macanao, Isla de Margarita, Venezuela.* Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 201 pp.

_____., J. BLANCO-RAMBLA, J. BOLAÑOS, G. HERNÁNDEZ & J. HERNÁNDEZ. 2002. First record of *Pomatogebia operculata* (Schmitt, 1924) (Thalassinidea: Upogebiidae), in Venezuelan waters. *Nauplius* 10(2): 145-148.

_____., J. BOLAÑOS, G. HERNÁNDEZ, & A. ANKER. 2005. First record of *Uhlias limbatus* Stimpson, 1871 (Decapoda: Brachyura: Leucosiidae) in Venezuelan waters. *Nauplius* 13(1): 95-97.

_____., G. HERNÁNDEZ & J. BOLAÑOS. 2001. Cangrejos porcelánidos (Decapoda: Anomura) de las islas Orientales de Venezuela I.- El género *Megalobrachium* Stimpson, 1858, con dos adiciones a la carcinofauna de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela* 40(1&2): 1-12.

_____., L. LARES, G. HERNÁNDEZ & J. BOLAÑOS. 1996. Presencia del crustáceo *Petrolisthes lewisi* (Glassell, 1936) (Decapoda: Anomura: Porcellanidae) en aguas costeras de la Isla de Margarita, Venezuela. *Acta Cien. Ven.* 47(supl. 1): 79-80.

MARCANO, J.G. 1997. *Fauna carcinológica de los Islotes Caribe y Los Lobos*. En "Ramírez-Villarroel, P. (ed.), Islotes Caribe y Los Lobos", Gobernación del Estado Nueva Esparta, Venezuela, pp. 173-199.

MARN. 2001. *Estrategia nacional sobre diversidad biológica y su plan de acción*. Edit. Caracas. 135 pp.

MAYO, B. 1973. A review of the genus *Cancellus* (Crustacea: Diogenidae) with the description of a new species of the Caribbean sea. *Smith. Contr. Zool.* 150: 1-63.

MAZA, M. 1986. *Taxonomía, distribución y abundancia de los crustáceos de la Laguna El Morro, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta-Venezuela*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela 94 pp.

MELO, G. 1999. *Manual de identificaçao dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea*. Editora Plêiade. Sao Paulo, Brasil 551 pp.

MILNE EDWARDS, H. 1837. *Histoire naturelle des Crustáces, comprenant l'anatomie, la physiologie et, la classification de ces animaux*. 2 : 1-537.

MORAO, A. *Diversidad y fauna de moluscos y crustáceos asociada a las raíces de mangle rojo, Rhizophora mangle en la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Grad. Universidad de Oriente, 95 pp.

MUÑOZ, S. & J. BLANCO-RAMBLA. 1999. Crustáceos decápodos de Laguna Grande del Obispo, Edo. Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 38(2): 63-89.

ONU. 1996. *Protección de los Océanos y de los mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semicerrados, y de las zonas costeras, y protección, utilización racional y desarrollo de los recursos vivos*. E/CN.17/1996/23. Febrero, 26 pp.

PIÑANGO, H. 1988. *Contribución al conocimiento de los Pagúridos (Custacea: Decapoda: Anomura) litorales de Venezuela*. Trab. Grad. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 203 pp.

RODRÍGUEZ, G. 1980. *Crustáceos decápodos de Venezuela*. IVIC, Caracas. 496 pp.

RODRÍGUEZ, I., G. HERNÁNDEZ & D. FELDER. 2005. Review of the Western Atlantic Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) with new records, systematics observations, and comments on biogeography. *Caribb. J. Sci.* 41(3): 544-582.

SÁNCHEZ, L. 1997. *Crustáceos presentes en la pesca industrial de arrastre al norte de Estado Sucre y alrededores de la Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Grad. M. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 154 pp.

SCELZO, M. 1982. Observaciones sobre la presencia y distribución de crustáceos de la Familia Porcellanidae (Decapoda, Anomura) en aguas venezolanas y Mar Caribe. Actas del VIII Congreso Latinoamericano de Zoología, Venezuela. *Zool. Neotrop.* (2): 1129-1146.

_____. 1984. Observaciones sobre la fauna de crustáceos porcelánidos en la bahía Charagato, isla Cubagua, Venezuela (Crustacea: Anomura: Porcellanidae). *Acta Cient. Venezuela.* 35(supl. 1): 374.

_____ & R. VARELA. 1988. Crustáceos decápodos litorales de la isla La Blanquilla, Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 47(129): 33-53.

SCHMITT, W. 1924. Bijdragen tot de kennis der fauna van Curacao. Resultaten eener reis van Dr. Van Der Horst in 1920. The macruran, anomuran and stomatopod Crustacean. *Bijdr. Dierk.* 23: 61-81.

SOLER, M. 1984. *Crustáceos decápodos de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela 139 pp.

STIMPSON, W. 1858. Prodromus descriptions animalium evertebratorum, quae in Expeditione ad Oceanum Pacificum Septentrionalem, a Republica Federata missa, Cadwaladaro Ringgold et Johanne Rogers Ducibus observavit et descripsit. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phil.* 7: 225-252.

STREETS, T. 1872. Notice on some Crustacea from the Island of St. Martin collected by Dr. Van Rijgersma. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phil.* 1872: 131-134.

WERDING, B. 1977. Los Porcelánidos (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) de la Región de Santa Marta, Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín* 9: 173-214.

_____. 1978. Ein Porzellanide *Petrolisthes magdalenensis* n. sp. von der Karibischen kuste Kolumbiens (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Senck. Biol.* 59: 307-310.

_____. 1982. Porcellanids crabs of the Islas del Rosario, Caribbean coast of Colombia, with a description of *Petrolisthes rosariensis* new species (Crustacea: Anomura). *Bull. Mar. Sci.* 32 (2): 439-447.

_____. 1983. Der *Petrolisthes galathinus*-atenkomplex in Karibischen raum mit beschreibung *P. caribensis* n. sp. und *P. columbiensis* n. sp. (Crustacea: Anomura: Porcellanidae). *Senck. Biol.* 63(5-6): 407-418.

_____. 1984. Porcelánidos (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) de la Isla de Providencia, Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín* (14): 3-16.

_____. & A. HILLER. 2001. A new species of the *Petrolisthes galathinus* complex from the southern Caribbean Sea, with a discussion on the identity of *P. galathinus* (Bosc, 1802) (Decapoda, Porcellanidae). *Crustaceana* 75 (7): 849-857.

_____. & H. KRAUSS. 2003. A new species of the *Petrolisthes galathinus* species complex from the southern Caribbean Sea (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). *Crustaceana* 75 (9): 1141-1147.

WILLIAMS, A. 1965. Marine decapod crustaceans of the Carolinas. *Fishery Bull.* 65(1): 1-298.

_____. 1984. *Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. USA. 550 pp.

RECIBIDO: Julio 2011
ACEPTADO: Febrero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 35-51 (2012) 6 Figs., 4 Tabs.

REDESCRIPCIÓN DE LOS PRIMEROS ESTADIOS POSTEMBRIONARIOS DEL CANGREJO ANOMURO *PETROLISTHES MAGDALENENSIS* WERDING, 1978 (CRUSTACEA: DECAPODA: PORCELLANIDAE)

GONZALO HERNÁNDEZ & ISABEL MAGÁN

Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, Isla de Margarita, Venezuela.
bolivarensis@gmail.com

RESUMEN: Los dos estadios de zoea y megalopa de *Petrolisthes magdalenensis* son redescritos a partir de larvas obtenidas en condiciones de laboratorio y del desove de tres hembras ovígeras recolectadas en la Isla de Margarita, Venezuela. Estas zoeas y megalopas presentan diferencias merísticas y morfométricas en relación a las descritas previamente, provenientes de Santa Marta, Colombia. Las características de las zoeas de *P. magdalenensis* concuerdan con las del Grupo 4 identificado por OSAWA (1995) y subsiguientes autores, pero al igual que *P. tridentatus, P. tonsorius* y *P. violaceus*, presenta un proceso ganchoso en el coxopodito del primer maxilípedo. Se propone una modificación a la agrupación identificada por Osawa, para incorporar la forma del coxopodito del primer maxilípedo como característica discriminatoria, sustraer del Grupo 4 a las cuatro especies congenéricas antes descritas e incluir un nuevo grupo larvario, Grupo 8, para recibirlas.

Palabras clave: Desarrollo larvario, zoea, megalopa, Mar Caribe, biodiversidad.

ABSTRACT: Laboratory-bred larvae spawned from three ovigerous females that had been collected on Margarita Island, Venezuela, allowed for the redescription and illustration of the two zoeal and one megalopal stages of *P. magdalenensis*, and for their comparison with larval characterization of crabs by other authors. The zoeae of *P. magdalenensis* are similar to those of Group 4 identified by Osawa (1995) and subsequent authors, but show meristic and morphometric differences relative to previous descriptions of samples recruited in Santa Marta, Colombia. Like those of *P. tredentatus*, *P. tonsorius*, and *P. violaceus*, the zoeae of *P. magdalenensis* have a hook-like process in the coxopodite of the first maxilliped. The paper proposes to amend Group 4 in order to both characterize that process as a selective response and remove the four formerly described congeneric species from it to allow the creation of a new larval group, Group 8, to comprise them.

Key words: Larval development, zoea, megalopa, Caribbean Sea, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

La familia Porcellanidae está representada en la costa oriental de América por 49 especies válidas, agrupadas en 11 géneros, de los cuales *Petrolisthes* STIMPSON 1858 es el más diverso, con un centenar de especies a nivel mundial y 19 en el Mar Caribe (RODRÍGUEZ *et al*. 2005; WERDING & HILLER 2005), y también aquel con morfología larvaria mejor documentada con datos de la primera y/o segunda zoea (y en algunos casos de la megalopa) de 31 de sus especies (FUJITA *et al*. 2002; GARCÍA-GUERRERO *et al*. 2005; HERNÁNDEZ *et al.* 2007).

Petrolisthes magdalenensis forma parte de un complejo de especies congenéricas con el margen flexor del carpopodito de los quelípedos carente de espinas agudas y regularmente distanciadas. El área de distribución de esta especie ha sido ampliada por hallazgos efectuados en Quintana Roo (México), Roatán (Honduras), Portobelo (Panamá), Isla Margarita (Venezuela) y Trinidad y Tobago (RODRÍGUEZ *et al*. 2005), por lo que resulta de interés conocer la morfología de sus primeros estadios y compararla con la descrita por MÜLLER & WERDING (1990), a partir de material proveniente de Santa Marta (costa caribeña de Colombia), que es su localidad tipo (WERDING 1978).

Además, la morfología de las especies del denominado Grupo 4 de la agrupación larvaria del género *Petrolisthes*, propuesta por OSAWA (1995) y modificada por FUJITA *et al.* (2002), y la eventual ubicación de las zoeas de *P. magdalenensis* en él, es discutido mediante la revisión de las diferencias y similitudes morfológicas interespecíficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tres hembras ovígeras de *P. magdalenensis* fueron recolectadas en el intermareal rocoso de la península de Macanao (isla de Margarita), trasladadas al laboratorio, colocadas en recipientes de 3 l, con agua de mar filtrada, a temperatura ambiental, y alimentadas diariamente con adultos de *Artemia*, luego de cada recambio de agua.

Las larvas fueron cultivadas individualmente en recipientes de vidrio de 175 cc, con *ca*. 120 cc de agua de mar filtrada (37-38 de salinidad). Los recipientes fueron mantenidos semisumergidos en acuarios para mantener, mediante termostatos, una temperatura constante de aproximadamente 25ºC, a nivel de todos los recipientes. Los acuarios fueron cubiertos con láminas de material plástico, para contribuir al mantenimiento de la temperatura, reducir la evaporación y la posibilidad de introducción de agentes extraños. Las larvas fueron alimentadas diariamente con nauplios recién nacidos de *Artemia*, luego del recambio de agua. Muestras de ejemplares y/o exhuvias de cada estadio, fueron preservadas en una mezcla 1:1 de formalina 4% y glicerina, para su posterior medición, disección, descripción e ilustración.

En los estadios de zoea se midió (a) el largo del caparazón (LC), desde la región anterior de los ojos hasta la bifurcación de las espinas posteriores, (b) el largo del rostro (LR) y (c) de las espinas posteriores (LEP). En el caso de la megalopa se midió el largo (desde la porción central de la frente hasta la parte posteromesial) y el ancho máximo del caparazón (AC). Se presenta el promedio de la medición de un número variable de ejemplares, su desviación típica e intervalo o recorrido.

Las disecciones fueron realizadas con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZH10, y la descripción e ilustraciones utilizando un microscopio compuesto Olympus BMAX40 y una cámara clara. El estudio de la distribución y coloración de los cromatóforos fue efectuado en ejemplares vivos.

El manejo del término seta, y su clasificación, siguió el mismo patrón utilizado por HERNÁNDEZ *et al*. (1998; 2000). El conteo y fórmulas de estas setas en cada uno de los apéndices y de otras estructuras fueron expresados siguiendo un ordenamiento proximal-distal. Cuando fue necesario, las ilustraciones fueron esquemáticas, es decir, sin representar el tamaño y número exacto de sétulas, a los fines de facilitar la interpretación de esas ilustraciones.

RESULTADOS

El desarrollo postembrionario temprano de *P. magdalenensis* está constituido por dos estadios de zoea que anteceden a la megalopa, que, en las condiciones experimentales, manifestaron una duración de 3-4 y 6-7 días para los dos estadios de zoea, respectivamente. Todas las megalopas recientemente formadas fueron fijadas, por lo que su tiempo de duración no fue registrado.

Zoea I

Tamaño. LC = 1,50 ± 0,03 mm, intervalo = 1,44 – 1,56 mm; LR = 2,80 ± 0,06 mm, intervalo = 2,62 – 2,90 mm; LEP = 0,91 ± 0,04 mm, intervalo = 0,87 – 1,0 mm. Ejemplares medidos: 15. Ejemplares examinados: 7.

Caparazón (Figs. 1A, D). Forma típica de porcelánidos, dorsalmente con dos pares de setas, aparentemente simples, insertas en depresiones separadas por una prominencia; margen posteroventral crenulado. Espina rostral 1,9 veces mayor que el caparazón; espínulas decrecientes en número y tamaño en dirección distal. Espinas posteriores inermes, 0,6 veces la longitud del caparazón.

Anténula (Fig. 2A). Unirramosa, insegmentada, terminalmente con tres estetascos de tamaño subigual, y tres setas (dos setulosas, una simple).

Antena (Fig. 2D). Birramosa. Endopodito y exopodito de ápice agudo, ambos con una seta setulosa, subterminalmente; proporción endopodito: exopodito igual a 0,7.

Mandíbulas (Fig. 2G). Asimétricas, con proyecciones molar e incisivas dentadas. Palpo ausente.

Maxílula (Fig. 3A). Endita coxal con ocho setas (tres setulosas, cinco setulodenticuladas). Endita basial con tres setas setulosas, subterminalmente, y seis setas denticuladas, terminalmente. Endopodito insegmentado, con una espina subterminalmente y 1+3 setas terminalmente, con microtrichia en margen externo. Exopodito ausente.

Maxila (Fig. 3D). Enditas coxal y basial con 7,4 y 7,7 setas setulosas en los lóbulos proximal y distal,

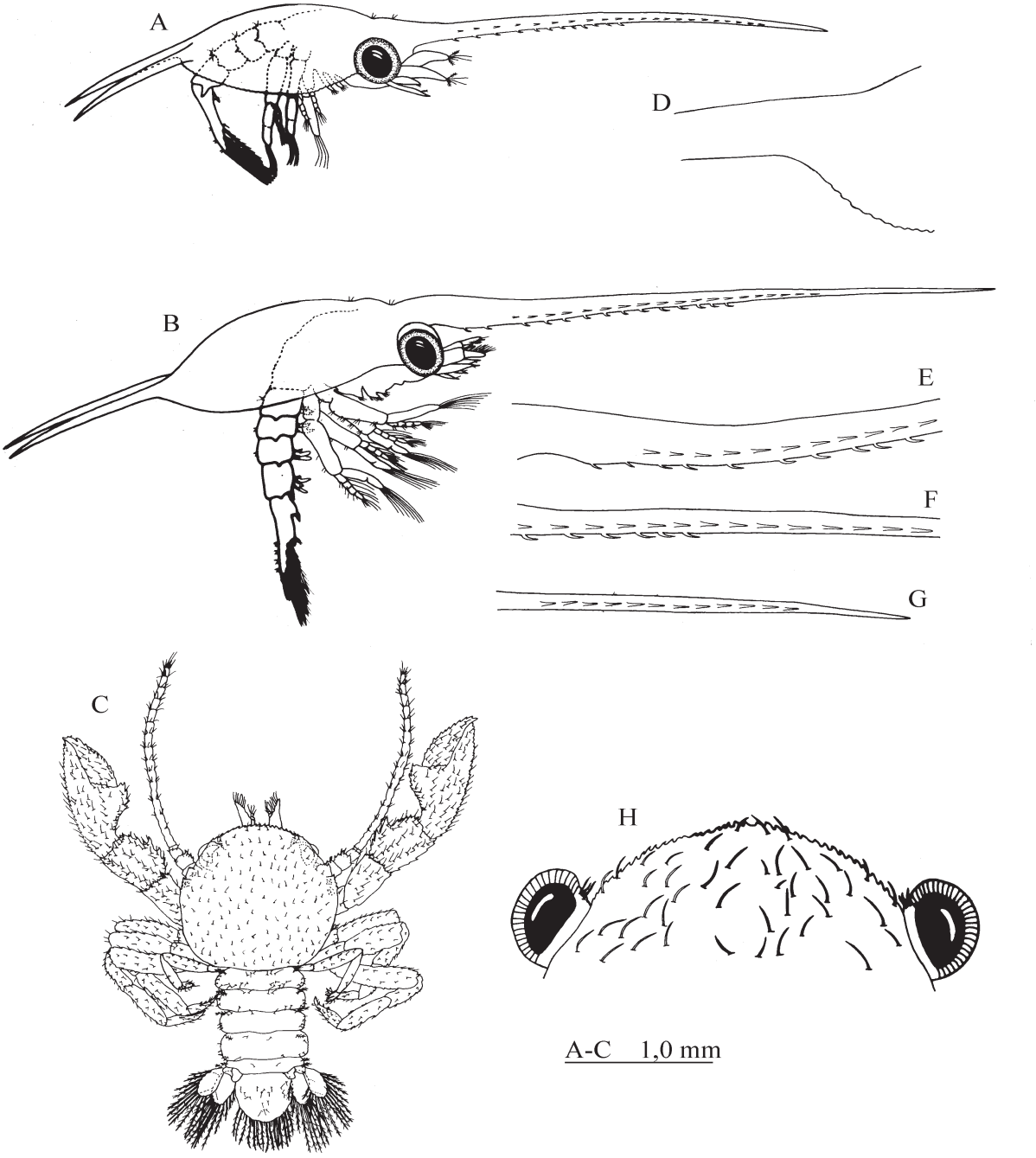


Fig. 1. *Petrolisthes magdalenensis.* Aspecto lateral de la primera (A) y segunda (B) zoea, y dorsal de la megalopa (C); detalle del margen posterolateral del caparazón de la zoea I (D), de las porciones proximal (E), mesial (F) y distal (G) del rostro de la zoea II, y de la frente de la megalopa (H).

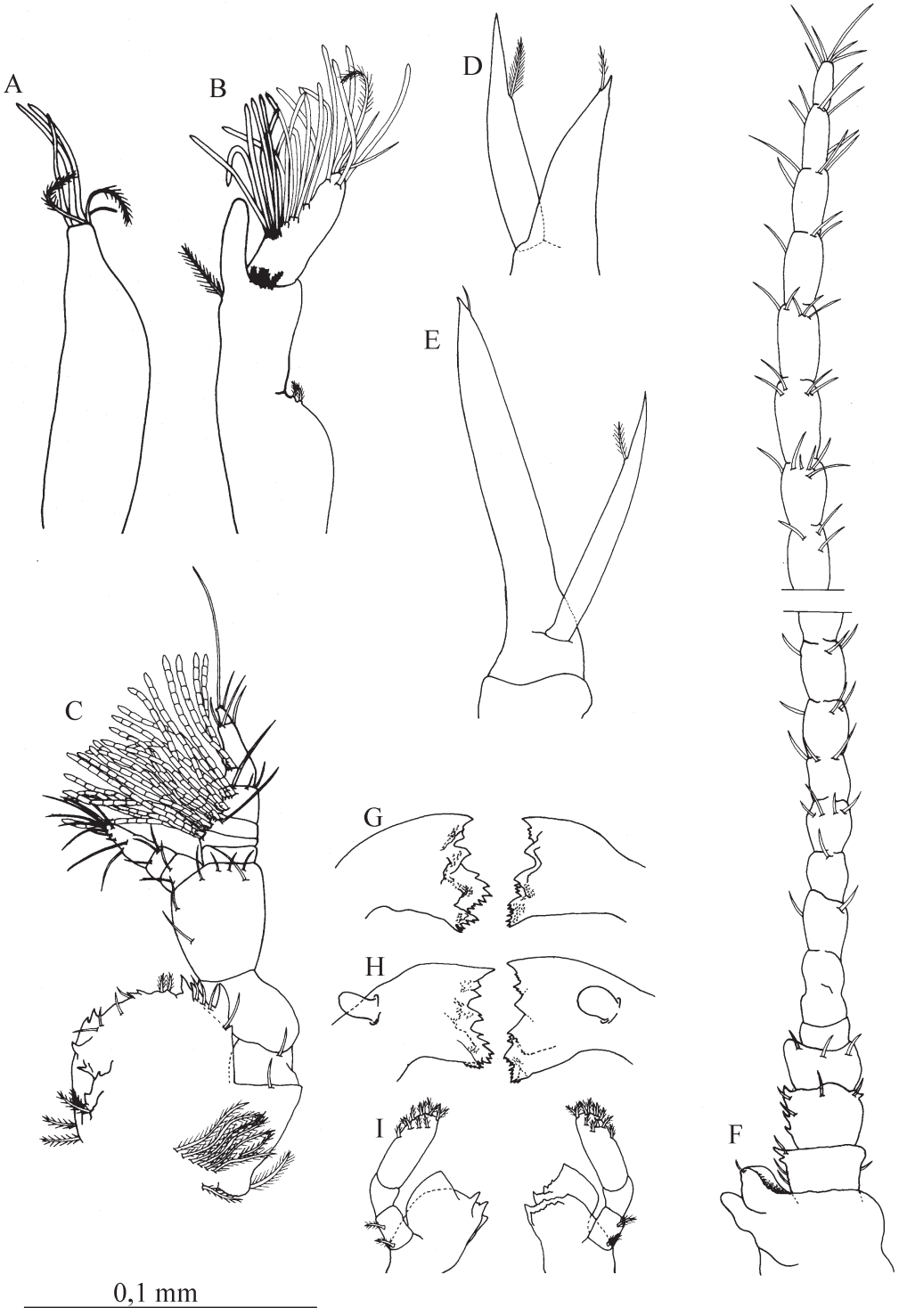


Fig. 2. *Petrolisthes magdalenensis.* Anténula de la primera (A) y segunda (B) zoea, y de la megalopa (C); antena de la primera (D) y segunda (E) zoea, y de la megalopa (F); mandíbulas de la primera (G) y segunda (H) zoea, y de la megalopa (I).

respectivamente. Endopodito con 3+2+4 setas setulosas. Escafognatito con 6+I setas setulosas. Microtrichia en ambas ramas y en ambas enditas, tal como ilustradas.

Maxilípedo 1 (Figs. 4A, J). Coxopodito con 2 setas setulosas ventralmente y un proceso ganchoso en posición dorsal. Basipodito con 2+2+3+3 setas setulosas, ventralmente. Endopodito 4-segmentado, con 3,3,2+3,7+I setas setulosas. Exopodito parcialmente 2-segmentado, con 4 setas setulosas en artejo distal.

Maxilípedo 2 (Fig. 4D). Coxopodito inerme. Basipodito con 1+2 setas setulosas, ventralmente. Endopodito 4-segmentado con 2,2,1+2,5+I setas setulosas. Exopodito parcialmente 2-segmentado, con 4 setas setulosas en artejo distal.

Maxilípedo 3 (Fig. 4G). Birrámeo. Endopodito con primordios de 3 setas.

Pereiópodos (Fig. 5A). Rudimentarios e inermes, primero parcialmente quelado.

Abdomen (Fig. 6A). Con cinco somitos. Somito 5 con espinas en cada ángulo posterolateral. Setas setulosas pares, dorsalmente, en somitos 2-5. Pleópodos ausentes.

Telson (Figs. 6A, D-H). Tan ancho como largo. Margen posterior con 7+7 proyecciones: un par de espinas, un par de setas setulosas ("pelo anomuro") y 5+5 setas setulosas con aserraciones curvas en el ápice (setas mayores). Tres pares de setas dorsalmente, aparentemente simples. Espina anal presente. Prominencia central con microtrichia.

Coloración. Mayormente translúcido, con algunas manchas anaranjadas. Rostro con bandas transversas alternantes, blancas y anaranjadas, hacia el extremo distal. Espinas posteriores anaranjadas. Cromatóforos rojos en porción posterolateral del caparazón, y en basipodito del maxilípedo 2.

Zoea II

Tamaño. LC = 1,75 ± 0,16 mm; intervalo = 1,50 – 2,00 mm. LR = 4,10 ± 0,44 mm; intervalo = 3,10 – 4,90 mm. LEP = 1,40 ± 0,18 mm; intervalo = 1,10 – 1,70 mm. Ejemplares medidos: 16. Ejemplares examinados: 7

Caparazón (Fig. 1B, E–G). Setación invariable. Margen posteroventral ahora entero. Espina rostral 2,3 veces más larga que el caparazón, con espínulas distribuidas como en la zoea I. Espinas posteriores inermes, 0,9 veces más cortas que el caparazón.

Anténula (Fig. 2B). Protopodito con 2+1+4 setas setulosas. Endopodito inerme, 0,7 veces el largo del exopodito. Exopodito con 3,3,3,3,2,4 estetascos y 3 setas (2 simples, 1 setulosa).

Antena (Fig. 2E). Endopodito con una seta simple, subterminalmente. Exopodito 0,7 veces el largo del endopodito, con una seta setulosa, subterminalmente.

Mandíbulas (Fig. 2H). Como en la zoea I, pero de mayor dimensión y con palpo.

Maxílula (Fig. 3B). Endita coxal con 10 setas (1 setulosa, resto setulodenticuladas). Endita basial con 3 setas setulosas, subterminalmente, y 7 setas denticuladas, terminalmente. Endopodito invariable. Exopodito ausente.

Maxila (Fig. 3E). Lóbulos proximal y distal de enditas coxal y basial con 9,6 y 9,9 setas setulosas, respectivamente. Endopodito invariable. Escafognatito con 16 setas setulosas. Microtrichia en ambas enditas, en endopodito y en escafognatito, igual que en la zoea I.

Maxilípedo 1 (Figs. 4B, K). Coxopodito y basipodito invariables. Endopodito 4-segmentado, con 3+I,3+I,2+3+I,7-8+I setas setulosas. Exopodito 2-segmentado, con 12 setas setulosas en artejo distal.

Maxilípedo 2 (Fig. 4E). Coxopodito y basipodito invariables. Endopodito 4-segmentado, con 2+I,2+I,1+2+I,5+I setas setulosas. Exopodito parcialmente 2-segmentado, con 12 setas setulosas en artejo distal.

Maxilípedo 3 (Fig. 4H). Birrámeo, con 3 setas setulosas en el endopodito y 0,6 veces el largo del exopodito. Exopodito inerme y con esbozos de segmentación.

Pereiópodos (Fig. 5B). Más desarrollados, con esbozos de segmentación en todos ellos y de quelación en los pares 1 y 5.

Abdomen (Fig. 6B). Similar al de la zoea I, pero de mayor tamaño y con pleópodos birrámeos en somitos 2-5.

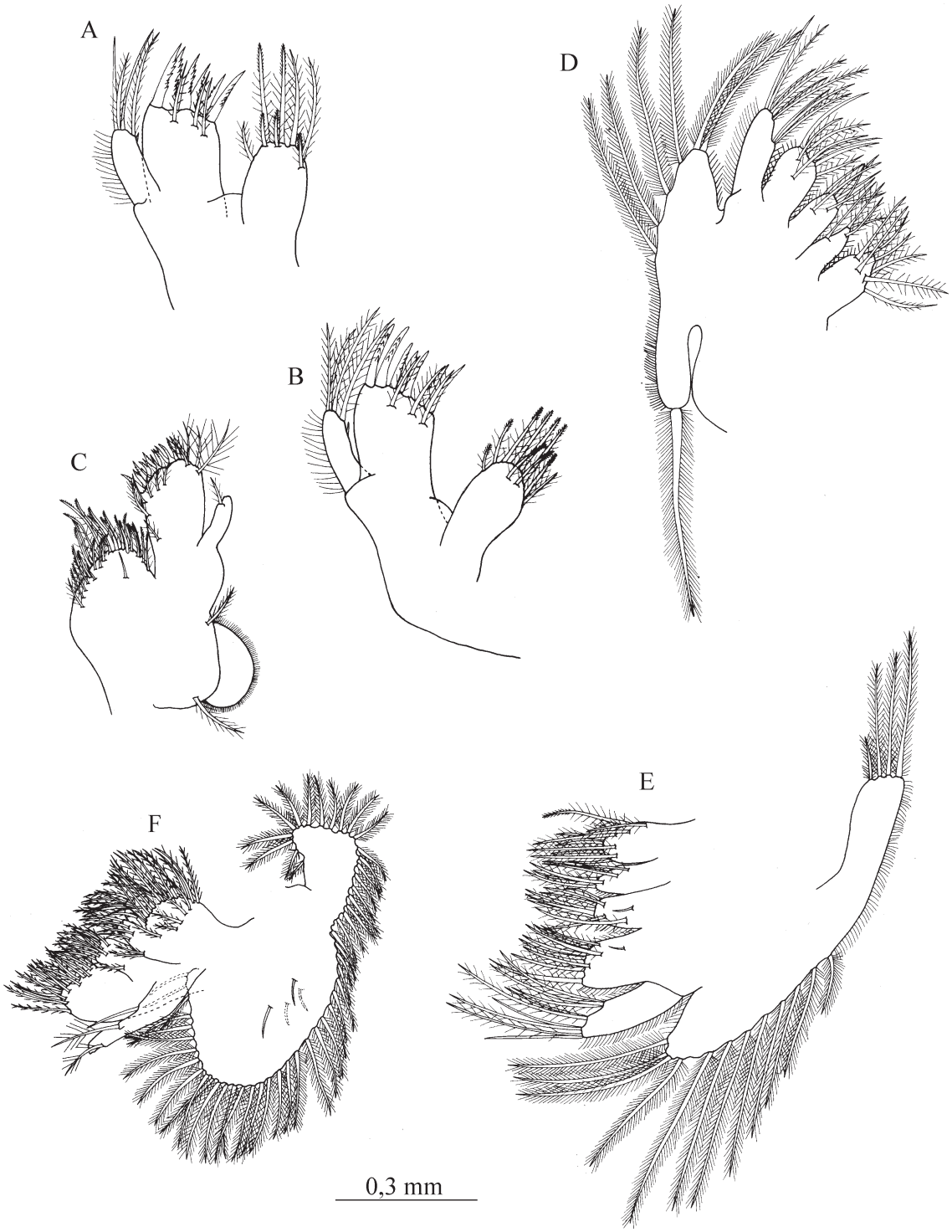


Fig. 3. *Petrolisthes magdalenensis*. Maxílula de la primera (A) y segunda (B) zoea, y de la megalopa (C); maxila de la primera (D) y segunda (E) zoea, y de la megalopa (F).

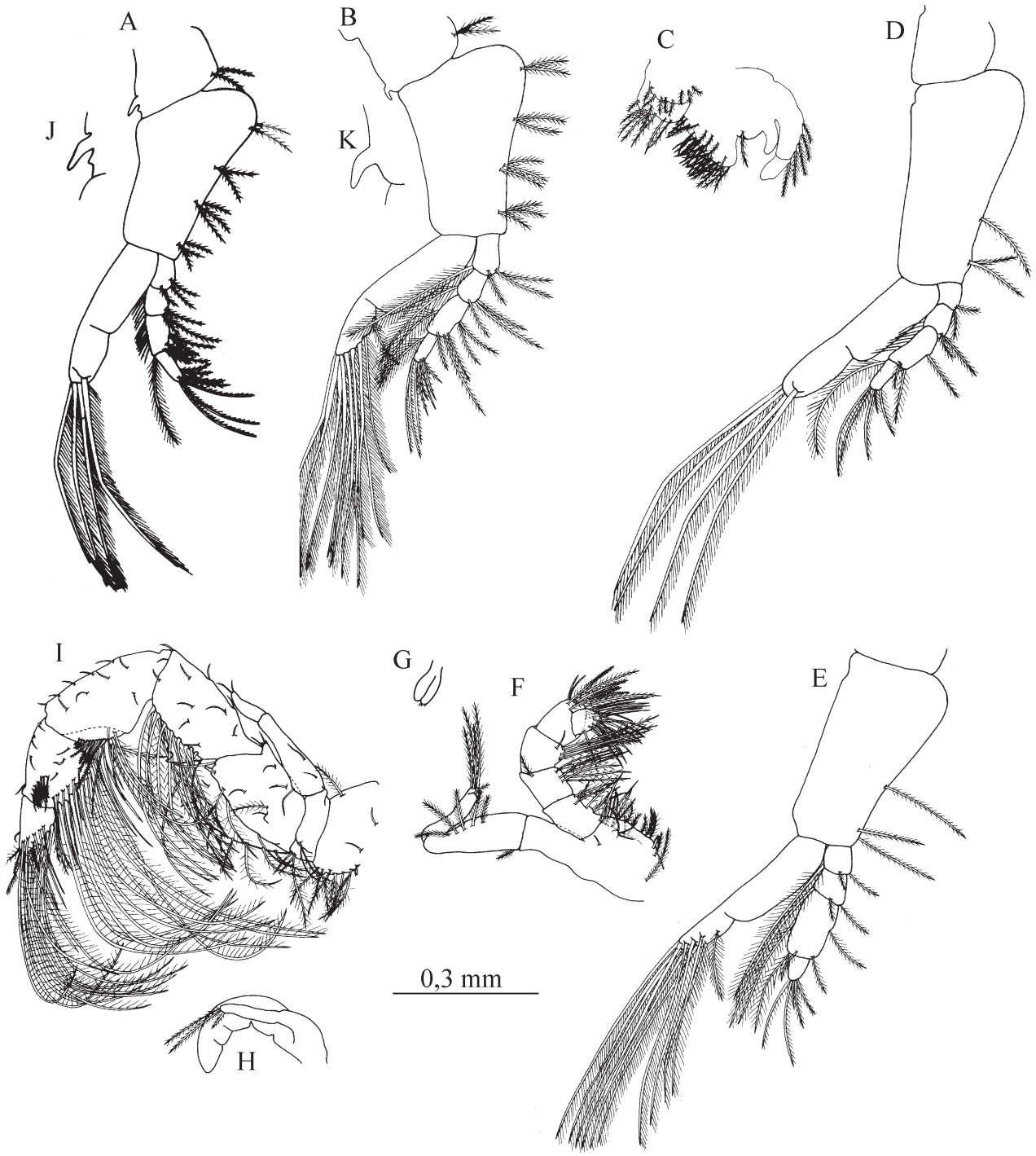


Fig. 4. *Petrolisthes magdalenensis.* Primer maxilípedo de la primera (A) y segunda (B) zoea, y de la megalopa (C); segundo maxilípedo de la primera (D) y segunda (E) zoea, y de la megalopa (F); tercer maxilípedo de la primera (G) y segunda (H) zoea, y de la megalopa (I); detalle del ángulo anteroexterno del coxopodito del primer maxilípedo de la primera (J) y segunda (K) zoea.

Telson (Fig. 6B). Similar al de la zoea I, pero adicionalmente con 1 seta setulosa en la prominencia central y 1 par de setas setulosas en el dorso.

Coloración. Igual a la de zoea I.

Megalopa

Tamaño. LC = 1,46 ± 0,06 mm, intervalo = 1,35 – 1,58 mm; AC = 1,21 ± 0,08 mm, intervalo = 1,05 –1,33 mm. Especímenes medidos = 17. Especímenes examinados = 8.

Caparazón (Figs. 6C, H). Ligeramente más largo que ancho, superficie dorsal con numerosas setas simples, borde frontal aserrado; ángulo cervical bien definido. Pedúnculo ocular con 4 setas simples.

Anténula (Fig. 2C). Segmento basal más ancho que largo, margen anterior con 2 espinas grandes y una serie de 6 más pequeñas; superficie expuesta con un reborde dentado hacia el margen interno; numerosas setas tal como ilustradas Pedúnculo 3-segmentado, con 1, 0 y 7 setas simples. Rama dorsal 6-segmentada, con 0,6,4+4,3+3,3,0 estetascos anillados y 0,0,2,4,3,2 setas simples. Rama ventral 3-segmentada; con 2, 3, 10 setas simples.

Antena (Fig. 2F). Segmento basal con proyección anterior corta (no limita acceso de segmentos móviles a la órbita), con 1 seta simple. Pedúnculo 3-segmentado, primer artejo con 7 setas simples y 2 espinas en margen interno, y 1 seta simple en margen externo; segundo artejo con 2 setas simples y 3 espinas en el margen interno, 1 seta mesial, y 1 seta y 1 espina en ángulo anteroexterno; tercer artejo con tres setas simples. Flagelo con 18 artejos, primero, segundo y tercero inermes, setas simples en número variable de 1 a 6 en los demás artejos.

Mandíbulas (Fig. 2I). Proyecciones molar e incisiva con dentición reducida con respecto a los estadios previos. Palpo 3-segmentado; con 2, 0, 12-13 setas setulosas.

Maxílulas (Fig. 3C). Endita coxal con 27-28 setas setulodenticuladas y 1 simple. Endita basial con 25 setas (15 denticuladas, resto setulosas). Endopodito con 1 seta setulosa, subterminalmente. Lóbulo basal con dos setas setulosas y un fleco de microtrichia. Exopodito ausente.

Maxila (Fig. 3F). Lóbulo proximal y distal de las enditas coxal y basial con 28,19 y 19,33 setas setulosas, respectivamente. Endopodito con 2 setas setulosas y 1 seta aparentemente simple. Escafognatito con 48-52 setas setulosas marginales, y 4 setas aparentemente simples (2 en cara ventral y 2 en cara dorsal).

Maxilípedo 1 (Fig. 4C). Coxopodito con 16 setas setulosas (8 mesialmente y 8 terminalmente). Basipodito con 32-33 setas setulosas. Endopodito con 1 seta setulosa basalmente. Exopodito 2-segmentado; primer artejo con 4 setas setulosas, segundo artejo con 1 seta setulosa, proximalmente.

Maxilípedo 2 (Fig. 4F). Protopodito con 20 setas (1 espigada, 1 simple, resto setulosas). Endopodito 5-segmentado; primer artejo con 7 setas setulosas, segundo con 8 setas setulosas; tercero con seis setas (1 aparentemente simple y 5 setulosas); cuarto con 12 setas (2 simples, 4 setulodenticuladas y 6 setulosas); quinto con 15 setas setulosas. Exopodito 3-segmentado; primer artejo inerme; segundo artejo con 6 setas setulosas (5 en margen interno y 1 en margen externo); tercer artejo con 5 setas setulosas.

Maxilípedo 3 (Fig. 4I). Protopodito con 19 setas (16 setulosas, 2 simples, 1 espigada). Endopodito 5-segmentado; isquiopodito con 20 setas (1 espigada), 7 de ellas en una proyección laminar; meropodito con 26 setas (16 setulosas, largas, en el margen interno) y una proyección laminar provista de 3 espinas; carpopodito con 31 setas (6 setulosas largas, 5 setulosas cortas en el margen interno, y 10 aserradas en una hilera anterointernamente); propodito con 34 setas (10 largas y 5 cortas, setulosas, en el margen interno; 14 aserradas, en una hilera ubicadas en el tercio distal); dactilopodito con 21 setas (11 largas setulosas, 3 cortas, setulosas; 3 cortas aserradas, resto simples). Exopodito 2-segmentado, segmento proximal con 2 setas simples y 1 setulosa, artejo distal con 2 setas simples.

Pereiópodos (Figs. 5C-G). Primer par quelado, carpopodito con dos espinas mesiales robustas y 4-5 más cortas en margen flexor; propodito con 6 espinas en porción distal del margen interno; dactilopodito con ápice curvado y serie creciente de espinas en margen extensor. Pereiópodos 2-4 con 1+1+1+2 setas simples, robustas, en el margen flexor del propodito (porción distal) y del dactilopodito, respectivamente. Quinto par con 4 setas aserradas rectas en porción distal del carpopodito, 7 setas aserradas curvas, 1 recta y varias simples en el propodito,

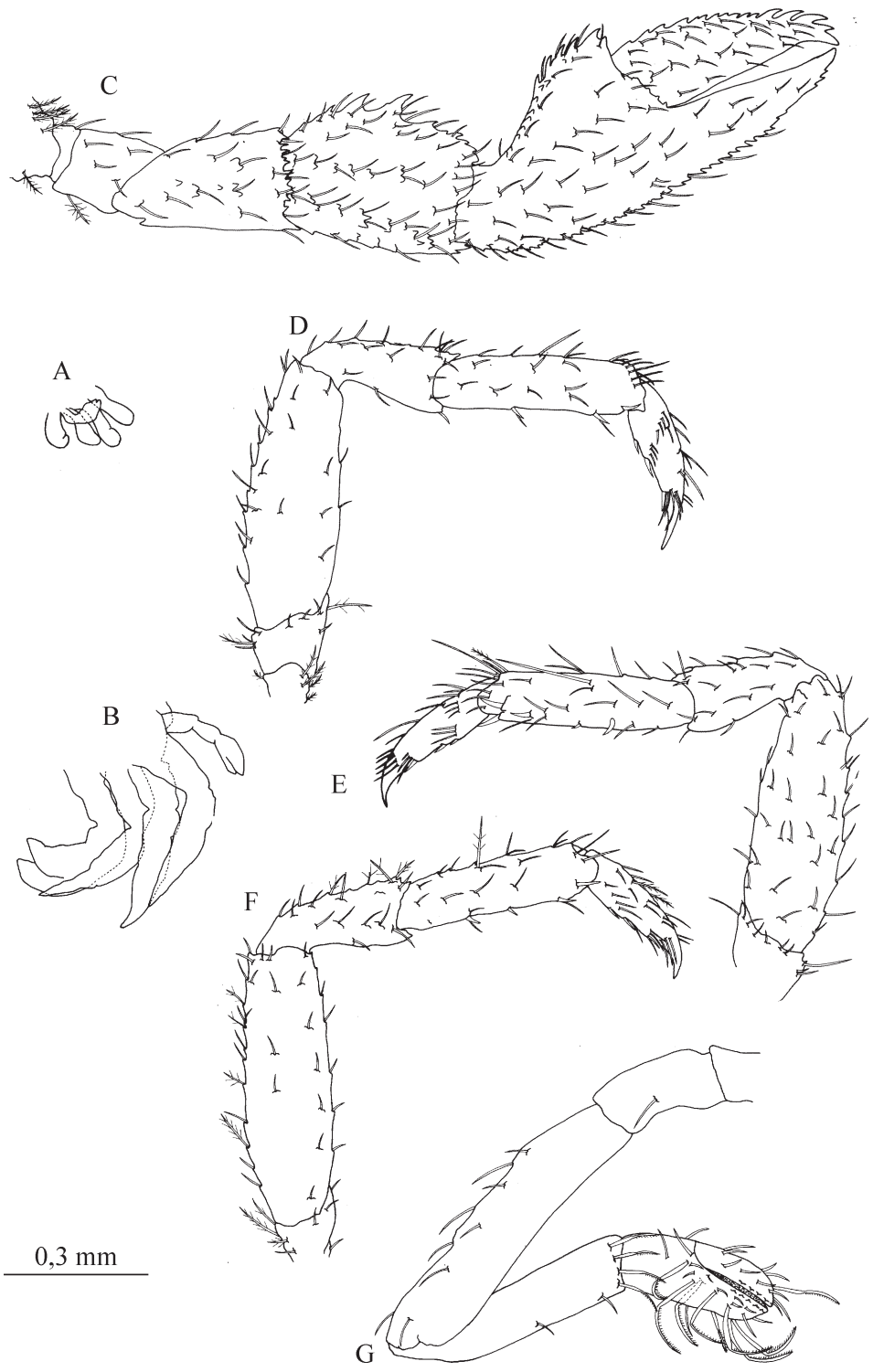


Fig. 5. *Petrolisthes magdalenensis.* Pereiópodos de la primera (A) y segunda (B) zoea, y de la megalopa (C-G).

y 1 seta aserrada recta y varias simples en el dactilopodito.

Abdomen (Figs. 6C, I-M). Conformado por 6 somitos, superficie dorsal con numerosas setas (muchas simples, pocas setulosas). Pleópodos birramosos en somitos 2-5, sus exopoditos con 11, 12, 12, y 12 setas setulosas, sus endopoditos con (1,4), (1,5), (3,5) y (2,4) setas setulosas y retináculos, respectivamente. Sexto somito con un par de urópodos; protopodito con una seta setulosa dorsal; exopodito con 13 setas setulosas; endopodito con 15 setas setulosas.

Telson (Fig. 6C). Con 16 setas setulosas en el margen posterior; superficie dorsal con 20 setas aparentemente simples.

Coloración. Casi translúcido. Caparazón con un cromatóforo rojo-naranja en la región hepática y otro en cada ángulo posterolateral. Flagelo antenal con algunos artejos coloreados rojo-naranja. Un cromatóforo rojo-naranja en el mero, carpo, propodo y dactilopodito de los pereiópodos.

DISCUSIÓN

El desarrollo larvario de *P. magdalenensis* comprende una fase de zoea, constituida por dos estadios, que anteceden a la megalopa, coincidiendo con el de la mayoría de los Porcellanidae. Su tiempo de duraciones de 3-4 y 6-7 días, respectivamente, mostrando similitud, al menos en estos dos estadios, y en condiciones similares de laboratorio (*i.e.* a 25°C), con el de especies congenéricas afines. En porcelánidos, estos tiempos de duración de los estadios larvales están correlacionados con la longitud de la espina rostral y espinas posteriores (OSAWA 1997). Las características de algunos de los organismos no sobrevivientes inmediatamente después de la eclosión correspondían al de la prezoea (*i.e.*, espinas rostral y posteriores no proyectadas, y setas embutidas).

Las zoeas del presente estudio, provenientes de material recolectado en el Caribe sudoriental, difieren merística y morfométricamente de aquellas descritas por MÜLLER & WERDING (1990), colectadas en el Caribe sudoccidental. En el primer estadio de zoea resaltan las existentes en las dimensiones de las espinas posteriores del caparazón, en la fórmula setal de las enditas de la maxilula, del primer artejo del maxilípedo 1, del basipodito del maxilípedo 2, y de la incidencia de setas dorsales en el abdomen y telson (Tabla 1).

En el segundo estadio de zoea estas diferencias se manifiestan en las dimensiones de las espina rostral y posteriores, número de setas y estetascos de la anténula, fórmula setal de las enditas y ambas ramas de la maxila, fórmula setal del exopodito de los maxilípedos 1 y 2, basipodito del maxilípedo 2, fórmula setal del maxilípedo 3, y de la incidencia de setas dorsales en el abdomen y telson (Tabla 2).

En el caso de la megalopa, las diferencias son notables en la fórmula setal de casi todos los apéndices, a excepción del endopodito de la maxílula y de la maxila, del número de artejos del endopodito del maxilípedo 2, y del número de setas en el margen flexor del carpo en los pereiópodos 2-4 (Tabla 3).

ORTMANN (1897) parceló las especies del género *Petrolisthes* sobre la base de la morfología de los adultos. En ese estudio se identificó al Grupo *P. violaceus*, que comprende a aquellas especies que carecen de espinas agudas y regularmente distanciadas en el margen flexor del carpopodito de los quelípedos y en el área epibranquial. De las especies que pudieran ser incluidas en este grupo, *P. tridentatus* (ver GORE, 1971), *P. tonsorius* (ver PELLEGRINI & GAMBA, 1984) y *P. violaceus* (ver WEHRTMANN *et al*. 1997), además de *P. magdalenensis* (presente estudio), tienen morfología larvaria documentada.

WERDING & HILLER (2005) identificaron un complejo de especies del género *Petrolisthes*, de América, al que denominaron Grupo-*P. lewisi*, cuya característica común es la presencia de espinas en la mitad proximal del carpus de los quelípedos. Este Grupo-*P. lewisi*, representado en el Caribe por *P. jugosus*, *P. magdalenensis* y *P. hispaniolensis*, tiene mayor afinidad con el que incluye a las especies cuyos quelípedos presentan el carpus con el margen flexor inerme (*e.g.*, *P. tridentatus*, *P. quadratus*, *P. tonsorius* y *P. gertrudae*, en el Mar Caribe) que con aquel en el que las especies presentan quelípedos armados con espinas agudas y regularmente distanciadas en todo el margen flexor del carpus (*e.g.*, *P. politus*, *P. marginatus*, *P. galathinus*, *P. armatus*, *P. rosariensis*, *P. bolivarensis*, *P. sanmartini*, en el Mar Caribe). La afinidad entre las especies de estos tres grupos, basada en la morfología de los adultos, también está sustentada por la afinidad de sus carácteres moleculares (RODRÍGUEZ *et al*. 2006).

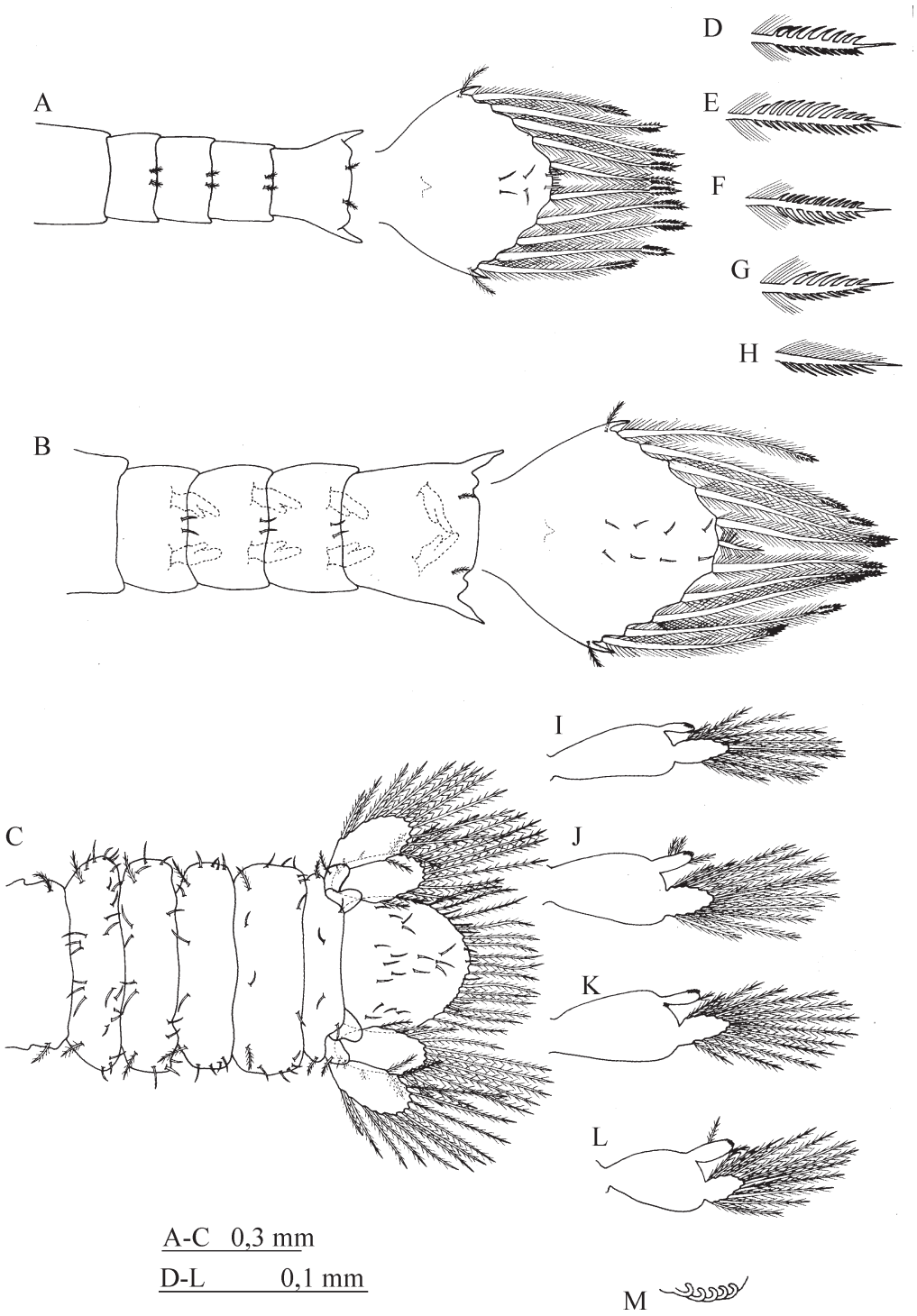


Fig. 6. *Petrolisthes magdalenensis.* Aspecto dorsal del abdomen y telson de la primera (A) y segunda (B) zoea, y de la megalopa (C); detalles del ápice de las setas mayores del telson de la primera zoea (D-H), de los pleópodos del abdomen de la megalopa (I-L) y de los retináculos del endopodito de esos pleópodos (M).

OSAWA (1995), por su parte, agrupó las especies de este mismo género, tomando en cuenta aspectos de la morfología larvaria (*e.g*., número de setas en el lóbulo proximal del escafognatito, el número de artejos en el endopodito del maxilípedo 1, presencia de palpo mandibular y tipo de setas mayores en el telson, entre otras características); la propuesta ha recibido algunas modificaciones por la inclusión de otras especies (OSAWA, 1997) y aun de un nuevo grupo (FUJITA *et al*. 2002). De acuerdo a la morfología de las zoeas de *P. tridentatus*, *P. tonsorius*, *P. violaceus* y *P. magdalenensis*, estas especies encajan adecuadamente en el Grupo 4 de esta propuesta, pero estas cuatro especies son hasta ahora las únicas en presentar un proceso ganchoso en la parte dorsal del coxopodito del maxilípedo 1 en ambos estadios de zoea. La presencia de esta estructura debe tener significados ecológicos y evolutivos relevantes y, por ello, se promueve la inclusión de un nuevo grupo (denominado Grupo 8) para recibir, de momento, a *P. tridentatus*, *P. tonsorius*, *P. violaceus* y *P. magdalenensis* (Tabla 4).

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue subvencionada por el Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente a través del Proyecto CI-4-0901-0904/00. La experiencia acumulada por CARLOS LIRA y JUAN BOLAÑOS sirvió para ubicar los sitios de colecta de las hembras ovígeras y, conjuntamente con los árbitros designados por el Comité Editorial, introdujeron mejoras importantes al manuscrito.

REFERENCIAS

FUJITA, Y., S. SHOKITA & M. OSAWA. 2002. Complete larval development of *Petrolisthes unilobatus* reared under laboratory conditions (Decapoda: Anomura: Porcellanidae). *J. Crust. Biol.* 22(3):567-580.

GARCÍA-GUERRERO, M.U., J.A. CUESTA, M.E. HENDRICKX, & A. RODRÍGUEZ. 2005. Larval development of the eastern Pacific anomuran crab *Petrolisthes robsonae* (Crustacea: Decapoda: Anomura: Porcellanidae) described from laboratory reared material. *J. Mar. Biol. Assoc*. UK. 85:339-349.

GORE, R.H. 1971. *Petrolisthes tridentatus*: the development of larvae from a Pacific specimen in laboratory culture with a discussion of larval characters in the genus (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). *Biol. Bull.* 141:485-501

HERNÁNDEZ, G., K. GRATEROL, A. ÁLVAREZ & J. BOLAÑOS.1998. Larval development of *Porcellana sayana* (Leach, 1820) (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) under laboratory conditions. *Nauplius* 6:101-118.

_____., J. BOLAÑOS, K. GRATEROL & C. LIRA. 2000. Larval development of *Petrolisthes politus* (Gray, 1831) (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) under laboratory conditions. *Stud. Neotrop. Fauna & Environ.* 35(2):143-155.

_____., J. BOLAÑOS; I. MAGÁN & K. GRATEROL. 2007. Morfología de la primera zoea de *Petrolisthes haigae* y *P. nobilii* (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). *Rev. Biol. Trop.* 55(3-4):879-887.

MÜLLER, H.G. & B. WERDING. 1990. Larval development of *Petrolisthes magdalenensis* Werding, 1978 (Decapoda: Anomura: Porcellanidae). *Cah. Mar. Biol.* 31(2):257-270.

ORTMANN, A. 1897. Carcinologische Studien. *Zool. Jahrb. Syst.* 10: 258-372.

OSAWA, M. 1995. Larval development of four *Petrolisthes* species (Decapoda: Anomura: Porcellanidae) under laboratory conditions, with comments on the larvae of the genus. *Crust. Res*. 24:157-187.

_____. 1997. Zoeal development of four Indo-West Pacific species of *Petrolisthes* (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae). *Spec. Div*. 2:121-143.

PELLEGRINI, N.C. & A. L. GAMBA. 1985. Larval development of *Petrolisthes tonsorius* Haig, 1960 under laboratory conditions (Decapoda, Porcellanidae). *Crustaceana* 49(3): 251-267.

RODRÍGUEZ, I. T., G. HERNÁNDEZ & D. L. FELDER. 2005. Review of the Western Atlantic Porcellanidae (Crustacea: Decapoda: Anomura) with new records, systematic observations, and comments on biogeography. *Carib. J. Sci*. 41(3):544-582.

_____., G. HERNÁNDEZ & D. L. FELDER. 2006. Phylogenetic relationships among Western Atlantic

Porcellanidae (Decapoda: Anomura), based on partial sequences of the mitochondrial 16s rRNA gene, with comments on morphology. Biology of Anomura II, sp. n. *Crust. Res.* 6:151-166.

WERDING, B. 1978. Eine Porzellanide, *Petrolisthes magdalenensis* n. sp. von der Karibischen Küste Kolumbiens. *Senck. Biol.* 59(3/4):307-310.

_____. & A. HILLER. 2005. A new porcellanid species from the Caribbean Sea, with a discussion on the American "*Petrolisthes lewisi*-group" (Decapoda, Anomura, Porcellanidae). *Crustaceana* 78(10):1185-1190.

WEHRTMANN, I.S., L. ALBORNOZ & D. VÉLIZ. 1997. The larval development of *Petrolisthes violaceus* (Guèrin, 1831) (Decapoda, Anomura, Porcellanidae) from Chilean waters, cultivated under laboratory conditions. *Crustaceana* 70(5):562-583.

RECIBIDO: Julio 2011
ACEPTADO: Febrero 2012

TABLA 1. Comparación de las dimensiones y caracteres morfológicos de la primera zoea de *Petrolisthes magdalenensis* obtenidos en descripción previa y en el presente estudio.

	P. magdalenensis MÜLLER & WERDING, 1990	*P. magdalenensis* Presente estudio
CAPARAZÓN		
Longitud (LC)	1,4 mm	1,5 mm
Espina rostral	1,8 veces LC	1,9 veces LC
Espinas posteriores	1,0 veces LC	0,6 veces LC
ANTÉNULA	3 estetascos, 2 setas	3 estetascos, 2+1 setas
ANTENA		
Exopodito	1,4 veces endopodito Con 1 seta	1,4 veces endopodito Con 1 seta
Endopodito	Con 1 seta	Con 1 seta
MAXÍLULA		
Endita coxal	9 setas	8 setas
Endita basial	8 setas	9 setas
Endopodito	4 setas + 1 espina	4 setas + 1 espina
MAXILA		
Endita coxal	7,4 setas	7,4 setas
Endita basial	6,6 setas	5,7 setas
Endopodito	3+3+3 setas	3+3+3 setas
Escafognatito	6 + I setas	6 + I setas
MAXILÍPEDO 1		
Coxopodito	2 setas	2 setas
Basipodito	2+2+3+3 setas	2+2+3+3 setas
Endopodito	2,3,2+3,7+I setas	3,3,2+3,7+I setas
Exopodito	4 setas	4 setas
MAXILÍPEDO 2		
Coxopodito	Inerme	Inerme
Basipodito	1+1 setas	1+2 setas
Endopodito	2,2,1+2,5+I setas	2,2,1+2,5+I setas
Exopodito	4 setas	4 setas
ABDOMEN	Esp. laterales en somito 5 Sin aserraciones dorsales Setas ausentes?	Esp. laterales en somito 5 Sin aserraciones dorsales Setas en somitos 2-5
TELSON	¿?	3 pares setas dorsales

¿?: información no suministrada.

TABLA 2. Comparación de la dimensión y caracteres morfológicos de la segunda zoea de *Petrolisthes magdalenensis* obtenidos en descripción previa y en el presente estudio.

	P. magdalenensis MÜLLER & WERDING, 1990	*P. magdalenensis* Presente estudio
CAPARAZÓN		
Longitud (LC)	2,0 mm	1,75 mm
Espina rostral	1,75 veces LC	2,3 veces LC
Espinas posteriores	0,5 veces LC	0,9 veces LC
ANTÉNULA	2,2,2,2,2,4 estestascos, 1 seta	3,3,3,3,2,4 estetascos, 3 setas
Protopodito	0+1+0 setas	2+1+4 setas
ANTENA		
Exopodito	0,7 veces endopodito	0,7 veces endopodito
	Con 1 seta	Con 1 seta
Endopodito	Con 1 seta	Con 1 seta
MAXÍLULA		
Endita coxal	9 setas	10 setas
Endita basial	9 setas	10 setas
Endopodito	4 setas, 1 espina*	4 setas, 1 espina
MAXILA		
Endita coxal	7,4 setas	9,6 setas
Endita basial	8,6 setas	9,9 setas
Endopodito	2+2+4 setas*	3+2+4 setas
Escafognatito	15 setas	16 setas
MAXILÍPEDO 1		
Coxopodito	2 setas	2 setas
Basipodito	2+2+3+3 setas	2+2+3+3 setas
Endopodito	2+I,3+I,2+3+I,7+I setas	3+I,3+I,2+3+I,7-8+I setas
Exopodito	8 setas	12 setas
MAXILÍPEDO 2		
Coxopodito	Inerme	Inerme
Basipodito	1+1 setas	1+2 setas
Endopodito	2+I,2+I,1+2+I,5+I setas	2+I,2+I,1+2+I,5+I setas
Exopodito	10 setas	12 setas
MAXILÍPEDO 3	Exopodito inerme	Exopodito con 3 setas
ABDOMEN	Sin aserraciones dorsales	Sin aserraciones dorsales
	Esp. laterales en somito 5	Esp. laterales en somito 5
	Setas ausentes?	Setas dorsales somitos 2-5
TELSON	Sin setas dorsales?	4 pares de setas dorsales

*Deducido de las ilustraciones; ?: información dudosa.

TABLA 3. Comparación de la dimensión y caracteres morfológicos de la megalopa de *Petrolisthes magdalenensis* obtenidos en descripción previa y en el presente estudio.

	P. magdalenensis MÜLLER & WERDING, 1990	*P. magdalenensis* Presente estudio
CAPARAZÓN	0,96-0,98 por 0,64-0,66 mm	1,46 por 1,21 mm (LC por AC)
ANTÉNULA	6,4,4,4,2,4 estetascos	0,6,8,6,3,0 estetascos
ANTENA	18-19 artejos en flagelo	18 artejos en flagelo
MANDÍBULAS	2,0,9 setas en palpo	2,0,12-13 setas en palpo
MAXÍLULA		
Endita coxal	23 setas en el ápice	27-28 setas en el ápice
Endita basial	22 setas en el ápice	24 setas en el ápice
Endopodito	1 seta	1 seta
MAXILA		
Endopodito	3 setas	3 setas
Escafognatito	47-50 setas en margen	48-52 setas en margen
MAXILÍPEDO 1		
Endopodito	1 setas	1 seta
Exopodito	0,0 setas	4,1 setas
MAXILÍPEDO 2		
Protopodito	5 setas	20 setas
Endopodito	5-segmentado	5-segmentado
Exopodito	(1+4),(4) setas	(1+5),(4) setas
MAXILÍPEDO 3		
Protopodito	7 setas	18-19 setas
Endopodito	12,7-8+8-9,17,14 setas	20,26,31,34,20 setas
Exopodito	(2),(1) setas	(3),(2) setas
QUELÍPEDOS	6 setas margen flexor carpo	2 setas margen flexor carpo
PEREIÓPODOS 2-4		
Carpo	1+1+2 setas margen flexor	1+1+1+2 setas margen flexor
Dactilo	3 setas margen flexor	3 setas margen flexor
PEREIÓPODO 5	5-6 setas aserradas curvas	7 setas aserradas curvas
PLEÓPÓDOS		
Endopodito	1,1,1,2 setas*	1,1,2-3,2 setas
Exopodito	12,12,12,11-12 setas*	11-12 setas
URÓPODOS		
Endopodito	6-9 setas	13 setas
Exopodito	15 setas	12 setas
TELSON	(6-7)+(6-7) setas	(7-8)+(7-8) setas

* Deducido de las ilustraciones.

TABLA 4. Especies de *Petrolisthes* agrupados sobre la base de la morfología de sus zoeas; modificación a la Tabla 5 presentada por OSAWA (1995).

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
PRIMERA ZOEA								
Escafognatito								
Setas lóbulo proximal	4 – 5	5	1	1	1	1	5	1
Maxilípedo 1								
Coxa (proyección ganchoso)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Endopodito (núm. artejos)	5	5	5	4	4	4	5	4
Setas plumosas	En 5° artejo	En 5° artejo	En 5° artejo	En 4° artejo	En 4° artejo	En 3° y 4° artejos	En 5° artejo	En 4° artej
Telson								
Aserraciones ganchosas	En todas las setas mayores	En todas las setas mayores	Solo en seta mayor 1	En todas las setas mayores	En todas las setas mayores	En todas las setas mayores	En todas las setas mayores	En todas la setas mayo
SEGUNDA ZOEA								
Mandíbula								
Palpo	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente
Maxilípedo 1								
Coxa (proceso ganchoso)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Telson								
Setas margen posterior	5+2+5	5+2+5	5+2+5	5+1+5	5+0+5	5+1+5	5+1+5	5+1+5
Especies asignadas	*P. ornatus* *P. japonicus*	*P. elongatus*	*P. novaezelandiae*	*P. armatus* *P. asiaticus* *P. boscii* *P. coccineus* *P. eriomerus* *P. galathinus* *P. granulosus* *P. haigae** *P. hastatus* *P. laevigatus* *P. lamarckii* *P. melini*** *P. moluccensis* *P. nobilii** *P. politus* *P. pubescens* *P. robsonae* *P. rufescens* *P. tomentosus* *P. zacae*	*P. platymerus*	*P. cinctipes*	*P. unilobatus*	*P. tridenta* *P. tonsoriu* *P. violaceu* *P. magdale*

*: Sólo la primera zoea documentada; ** Reportada como *P. carinipes* por Osawa (1995)

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 53-58 (2012) 2 Fig., 1 Tab.

ACTIVIDAD CITOTÓXICA DE EXTRACTOS ORGÁNICOS DE MACROALGAS MARINAS DEL ORIENTE DE VENEZUELA

LEONOR BRITO L[1]., MARY ISABEL SEGNINI DE B.[1] & OSCAR CRESCENTE[2]

[1]*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
leonorbritolara@gmail.com

[2]*Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue determinar la citotoxicidad de extractos orgánicos obtenidos de las algas rojas *Gracilariopsis tenuifrons, Gelidium serrulatum* y *Kappaphycus alvarezii* provenientes del oriente de Venezuela. La actividad citotóxica de los extractos se evaluó *in vitro* frente a nauplios del crustáceo *Artemia salina,* mediante la determinación de la concentración letal media (CL_{50}) y, en gametos del erizo de mar *Lytechinus variegatus*, mediante la observación de la formación o no del cigoto y la posible inhibición mitótica de éste. Los resultados obtenidos indicaron que los extractos de las macroalgas presentaron un efecto letal moderado frente a *A. salina*, excepto el extracto metanólico de *K. alvarezii*. Actividad probablemente atribuida a la presencia del ácido graso hexadecanoico ($C_{16}H_{32}O_2$) identificado en mayor porcentaje en *G. serrulatum* (72,79%) y en un menor porcentaje en *G. tenuifrons* (16,83%)**,** mediante Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (CG-EM). En el desarrollo embrionario de *L. variegatus* se evidenció la formación de la membrana de fecundación (cigoto) en un 80% y la segmentación de éste con un 10% de alteraciones en el clivaje por efecto de los extractos ensayados. Las especies de macroalgas estudiadas podrían ser una fuente promisoria de metabolitos bioactivos con potenciales aplicaciones farmacológicas.

Palabras clave: Algas rojas, extractos, letalidad, actividad citotóxica, Venezuela.

ABSTRACT: The toxicity of organic extracts from red algae from eastern Venezuela, *Gracilariopsis tenuifrons, Gelidium serrulatum, and Kappaphycus alvarezii*, was tested *in vitro* by both evaluation of the median lethal concentration (LC_{50}) on nauplii of *Artemia salina* and observation of whether gametes of sea urchin, *Lytechinus variegatus*, underwent zygote formation; and if they did, whether possible mitotic inhibition ensued. Results indicate that all extracts save the methanol extract from *K. alvarezii* had but a moderately toxic effect on *A. Salina*, probably on account of hexadecanoic acid, ($C_{16}H_{32}O_2$), a fatty acid found in high percentage (72.79%) in *G. serrulatum*, and in smaller percentage (16.83%) in *G. tenuifrons*. In 80% of the cases the embryonic development of *L. Variegatus* evidenced the formation of a fertilization membrane and further segmentation of the zygote, with a 10% of cleavaje alterations due to the extraction trials. The macroalga studied are a wellspring of bioactive metabolites harboring great pharmacological potential.

Key words: Red algae, extracts, lethality, cytotoxic activity, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Las algas marinas tropicales son una rica fuente de compuestos bioactivos con potencial biomedicinal, es decir, poseen propiedades anticoagulantes, antioxidantes, antivirales, antibacterianas, citotóxicas, entre otras, ya que producen inusuales e interesantes sustancias químicas para disuadir a sus consumidores. Basándose en esto, se cree que la evolución de diversos organismos marinos implicó el desarrollo de sistemas de defensas químicas en lugar de los sistemas inmunológicos conocidos hasta entonces en el reino animal (MASCHECK & BAKER 2008; PEREIRA & DA GAMA 2008). Particularmente, en Venezuela, el estudio biológico y químico de los compuestos naturales de origen marino se ha enfocado principalmente en los invertebrados como corales, esponjas, equinodermos (HERNÁNDEZ & HERNÁNDEZ 2005), existiendo muy pocos trabajos en macroalgas marinas, (CHARZEDDINE & FARIÑAS (2001); CORDERO (2003); CHARZEDDINE (2004); SEGNINI (2007); BRITO & CRESCENTE 2009). El presente estudio, mediante pruebas *in vitro*, pretende aportar información sobre la letalidad y la citotoxicidad en extractos orgánicos obtenidos de las algas rojas *Gracilariopsis tenuifrons* (C. J. BIRD & E. C. DE OLIVEIRA 1986) FREDERICQ & HOMMERSAND 1989, *Gelidium serrulatum* J. AGARDH 1847 y *Kappaphycus alvarezii* (DOTY 1985), especies de importancia comercial, poco estudiadas desde el punto de vista químico y biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de *G. tenuifrons* fueron recolectadas en la localidad de La Vega (10º 37' Lat. N y 64º 7' Long. W) y *G. serrulatum* en Punta Guarapo (10º 38' Lat. N y 63º 43' Long. W), península de Araya, estado Sucre; mientras que *K. alvarezii* se recolectó en el Puerto Internacional El Guamache (10º 52' Lat. N y 64º 03' Long W), estado Nueva Esparta, Venezuela. Las muestras fueron cuidadosamente lavadas para eliminar epífitos e impurezas, y se secaron a temperatura ambiente a la sombra. Luego fueron molidas y extraídas con metanol obteniéndose así el extracto metanólico (EM) o extracto crudo, al cual se le añadió una mezcla metanol:agua (9:1) para separar las fases orgánica y acuosa. La fase orgánica fue extraída a 37 ºC y a presión reducida obteniéndose, respectivamente, los extractos hexánico (EH), clorofórmico (EC) y en acetato de etilo (EAE) en las tres especies de algas estudiadas. Por cromatografía de capa fina preparativa y revelado con yodo y luz ultravioleta, se fraccionaron el EH de *G. tenuifrons* con hexano:acetato de etilo 7:3; el EH de *G. serrulatum* utilizando hexano:cloroformo 1:4, mientras que para el EAE de *K. alvarezii* se usó hexano:acetato de etilo 1:1, obteniéndose nueve, seis y siete fracciones, respectivamente. Estos extractos se fraccionaron debido a que fueron los que presentaron actividad antibacteriana (BRITO & CRESCENTE 2009).

La actividad letal se determinó según el método descrito por MEYER *et al*. (1982) mediante el empleo de nauplios del crustáceo *Artemia salina* LINNAEUS 1758. Los extractos: EM de *G. tenuifrons*, EM, EH y EC de *G. serrulatum* y los EM, EC y EAE de *K. alvarezii*, se emplearon a concentraciones sucesivas de 1000, 100, 10, 1, 0,1, y 0,01 µg/ml. La mortalidad de los organismos se observó una vez transcurridas 24 horas de iniciar el bioensayo. Se determinaron valores de Concentración Letal Media (CL_{50}) obtenidos a intervalos de confianza de 95% (STEPHAN 1977).

Para realizar la prueba de citotoxicidad (SEGNINI 2007), se utilizaron gametos del erizo de mar *L. variegatus* (LAMARCK 1816) obtenidos por estimulación química (KCl 0,5 M) de ejemplares adultos de ambos sexos recolectados en la Ensenada de Turpialito, estado Sucre. Como control del bioensayo de citotoxicidad, se colocaron en viales 100 µl de esperma, 100 µl de agua de mar y 1800 µl de óvulos. Para el ensayo de toxicidad se utilizaron los extractos EH de *G. tenuifrons* y de *G. serrulatum*, y el EAE de *K. alvarezii*. Para ello se pesaron 25 mg de cada extracto y se disolvieron en 2,5 ml de dimetilsulfóxido (DMSO), equivalente a una concentración de 10000 µg/ml. A partir de ésta se prepararon concentraciones de 500, 250, 125 y 50 µg/ml. Las pruebas se realizaron por triplicado. Adicionalmente fue empleado un control con DMSO. Para demostrar la confiabilidad del experimento, al inicio de éste se verificó la viabilidad de los gametos, el proceso de fecundación y segmentación del cigoto de *L. variegatus*, tanto en el control como bajo la acción de los diferentes extractos orgánicos. Para la cuantificación del bioensayo (huevos sin fertilizar y cigotos divididos), se contaron bajo el microscopio binocular siete campos escogidos al azar (por concentración/extracto/réplica). Además, se observó si existían o no alteraciones en su desarrollo embrionario. Los resultados se expresaron en porcentaje.

La separación e identificación de los compuestos orgánicos presentes en las fracciones obtenidas de los EH de *G. tenuifrons* y de *G. serrulatum*, y en el EAE de *K. alvarezii* se realizó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM), para lo cual se utilizó un cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard modelo HP 5890 serie II y un detector selectivo de masas HP 5971 A, ambos conectados a un computador con un programa de edición de datos HPCHEM. Seguidamente, la identificación de los componentes se realizó por comparación computarizada con una librería o base de datos WILEY 138L. Los espectros de masas y cromatogramas de gases se realizaron en el Laboratorio de Fitoquímica Biodirigida del Departamento de Química, de la Universidad Simón Bolivar, Caracas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación las pruebas de letalidad de los diferentes extractos de las algas *G. tenuifrons* (EM), *G. serrulatum* (EM, EH y EC) y *K. alvarezii* (EM, EC y EAE), mostraron actividad frente a los nauplios del crustáceo *A. salina*, a excepción del EM de *K. alvarezii*; hay que hacer notar que el extracto de esta misma especie, pero recolectada en Guaranache y en Cubagua, Venezuela, presentó una significativa actividad letal frente a este crustáceo (SEGNINI *et al*. 2011). Los valores de CL_{50} variaron entre 55,03 y 599,16 µg/ml (Tabla 1), los cuales están comprendidos en el margen de concentración letal media (CL_{50} < 1000 µg/ml) propuesto por MEYER *et al.* (1982). La actividad letal provocada por los extractos obtenidos de las tres especies de algas estudiadas frente

a *A. salina,* mostró que la más significativa fue *G. tenuifrons.* Los resultados evidencian que las especies de algas evaluadas presentan compuestos fisiológicamente activos y posiblemente utilizan éstos como defensas químicas para protegerse de depredadores y de organismos patógenos presentes en el medio (Ibrahim *et al*. 2005).

Aunque hasta la fecha existen escasos estudios al respecto, para las especies evaluadas en esta investigación, los trabajos relacionados con ensayos de letalidad de extractos de otras macroalgas frente a nauplios de *A. salina* han sido bien documentados. Yoshinori *et al.* (2002), reportaron que el diterpeno brominado, neoirietetraol, aislado de *Laurencia yonaguniensis* presentó letalidad frente a *A. salina* (CL_{50} = 40,1 µg/ml); mientras que Cordero (2003) obtuvo diferentes extractos de las algas rojas *Bryocladia thyrsigera* (J. Agardh) F. Schmitz 1901 e *Hydropuntia pauciramosa* (N. Rodríguez de Rios 1991) y no encontró actividad letal frente a este crustáceo. Valdés-Iglesias *et al*. (2003) evaluaron la toxicidad de 63 extractos de algas marinas cubanas e informaron que 33,8% resultaron muy tóxicos, 52,3% moderadamente tóxicos (mayoritariamente los de algas rojas) y el resto no tóxico. Selvin & Lipton (2004), en un estudio con *Ulva fasciata* Delile 1813 e *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamouroux 1813, reportaron que ambas especies mostraron potente actividad antibacterial, actividad citotóxica frente a *A. salina,* y actividad larvicida, anti-*fouling* e ictiotóxica. Ibrahim *et al*. (2005) señalaron que en 17 algas recolectadas en diferentes estaciones del año encontraron que la actividad citotóxica en *A. salina* y antitumoral en *Agrobacterium tumefaciens* variaban con respecto a la época de recolección. Lhullier *et al*. (2006) estudiaron 19 especies de macroalgas (cuatro clorofitas, cinco feofitas y diez rodofitas) de las cuales las rojas presentaron mayor actividad, con CL_{50} < 50 para las especies *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen 1910, *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne 1846, *Galaxaura marginata* (J. Ellis & Solander) Lamarck 1816, *Gracilaria dominguensis* (Kützing) Sonder ex Dickie 1874, *Hypnea musciformis* (J. Ellis & Solander) Lamarck 1816 y *Pterocladiella capillacea* (S. G. Gmelin) Santelices & Hommersand 1997. Segnini (2007) reportó en *Eucheuma denticulatum* que la toxicidad frente a los crustáceos *Daphnia magna* Straus 1820 y *A. salina* se incrementaba a medida que aumentaba la polaridad en los extractos obtenidos de esta rodofita. Freyle-Pelegrín *et al*. (2008) señalaron que el extracto orgánico de *Laurencia microcladia* presentó actividad citotóxica frente a *Leishmania mexicana* y *A. salina*. Saeidnia *et al*. (2009) en los extractos en acetato de etilo obtenidos de *Gracilaria salicornia* e *Hypnea flagelliformis* Greville ex J. Agardh 1851 encontraron que ambas especies mostraron potente efecto citotóxico frente a *A. salina* (CL_{50} = 3 y 4 µg/ml, respectivamente). León-Deniz *et al.* (2009), en un ensayo con 29 especies de algas marinas, de las cuales 14 eran rodofitas, sólo *Laurencia microcladia* mostró toxicidad frente a *A. salina* (CL_{50} = 119,8 µg/ml). En un ensayo *in vitro* con *A. salina*, encontraron una toxicidad de 190 µg/ml en el extracto etanólico del alga roja *Melanothamnus afaqhusainii* M. Shameel, 1999 (Hira *et al.* 2010).

TABLA 1.- Concentración letal media (CL_{50}) (µg/ml) de los diferentes extractos orgánicos obtenidos de las algas *Gracilariopsis tenuifrons*, *Gelidium serrulatum* y *Kappaphycus alvarezii* frente *a Artemia salina*.

Extracto	CL_{50}	Límites de confianza al 95%	
		Inferior	Superior
EM *G. tenuifrons*	55,03	27,19	121,83
EM *G. serrulatum*	212,62	136,29	358,28
EH *G. serrulatum*	316,23	100	1000
EC *G. serrulatum*	250,70	0,10	1000
EM *K. alvarezii*	> 1000		
EAE *K. alvarezii*	361,45	260,43	513,26
EC *K. alvarezii*	599,16	100	1000

EM: extracto metanólico, EH: extracto hexánico, EC: extracto clorofórmico, EAE: extracto en acetato de etilo.

Con respecto a la prueba de citotoxicidad realizada con huevos del erizo de mar *L. variegatus*, en los extractos orgánicos obtenidos de las tres especies de algas estudiadas, se observó la presencia de óvulos no fertilizados y fertilizados (presencia de la membrana de fecundación), y en división de 2, 4, 8 y 16 blastómeras. Además, se observaron escasas alteraciones, tales como: células fecundadas con expulsión del contenido citoplasmático por rotura de la membrana celular y desincronización en el proceso de segmentación de una a dos y a cuatro blastómeros durante la división celular, lo cual pudiera reflejar, un efecto retardante de la mitosis.

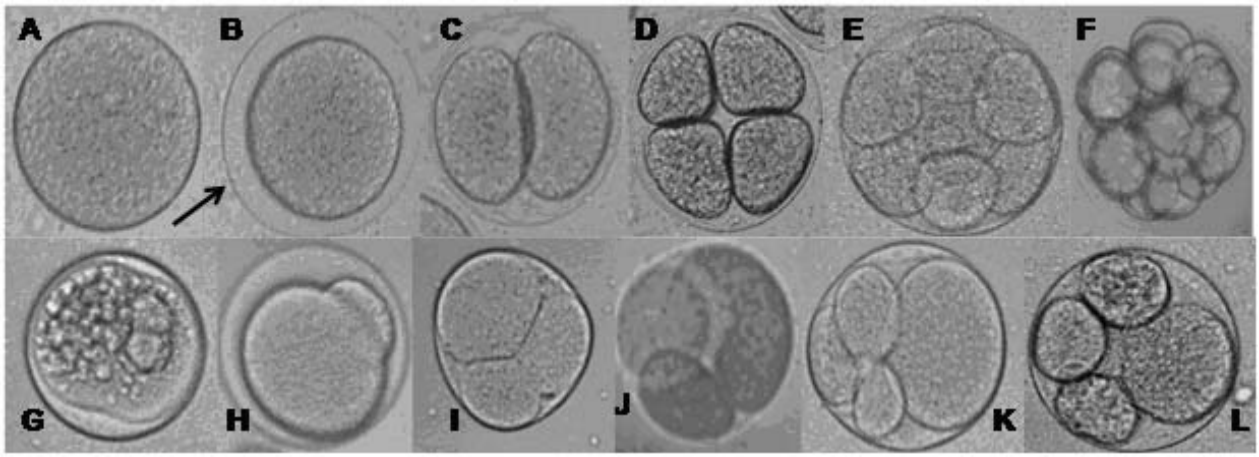


Fig. 1.- Efecto de los extractos orgánicos obtenidos de las algas estudiadas sobre el desarrollo temprano del erizo de mar *L. variegatus*. Nótese el proceso normal de segmentación: óvulo no fertilizado (A), cigoto con membrana de fecundación (B), división en 2 blastómeras (C), 4 blastómeras (D), 8 blastómeras (E) y 16 blastómeras (F). Alteraciones de la división celular (G-L): nótese el efecto de los extractos en la no sincronización en el clivaje hacia 2 blastómeras (H) y 4 blastómeras (I y J), blastómeras de diferentes tamaños (J-L), blastómeras de diferentes densidades ópticas (J).

También se observaron células con blastómeras de diferentes densidades ópticas, indicando diferentes actividades fisiológicas (Fig. 1). Resultados similares reportan SEGNINI (2007) para el alga roja *Eucheuma denticulatum* , recolectada en Guaranache, estado Sucre, y en *K. alvarezii* proveniente de isla Cubagua, estado Nueva Esparta, Venezuela (SEGNINI *et al.* 2011).

Las investigaciones existentes sobre la citotoxicidad de extractos de macroalgas marinas frente a huevos de erizos de mar son muy limitadas. DIAZ *et al.* (2006) señalaron que de las ocho especies de macroalgas evaluadas, solamente el alga parda *Dictyota pulchella* HÖRNIG & SCHNETTER 1988 mostró diferencias significativas con respecto al control en el porcentaje de huevos fecundados tratados con el extracto, en los cigotos en los estadíos IV, XVI células y no divididos. Sin embargo, en todos los casos no existió un efecto retardante de la mitosis. De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a la citotoxicidad de los extractos de las macroalgas *G. tenuifrons, G. serrulatum* y *K. alvarezii* evaluados en este experimento, se puede señalar, que no existen suficientes evidencias para calificar a los extractos como citotóxicos, ya que el porcentaje de cigotos no divididos y anormales fue muy bajo. Es de hacer notar que por cromatografía de gases-espectrometría de masas en las tres especies de algas estudiadas se logró identificar en forma mayoritaria hidrocarburos saturados e insaturados, alcoholes, fenoles, lactonas, cetonas, ácidos grasos y esteroles, y posiblemente alguno de estos compuestos sea responsable de la actividad letal presente en los extractos de las macroalgas estudiadas. Particularmente, en la fracción 3 del EH de *G. tenuifrons* y de *G. serrulatum* se logró identificar en mayor porcentaje el ácido graso hexadecanoico, en *G. serrulatum* (72,79 %) y *G. tenuifrons*

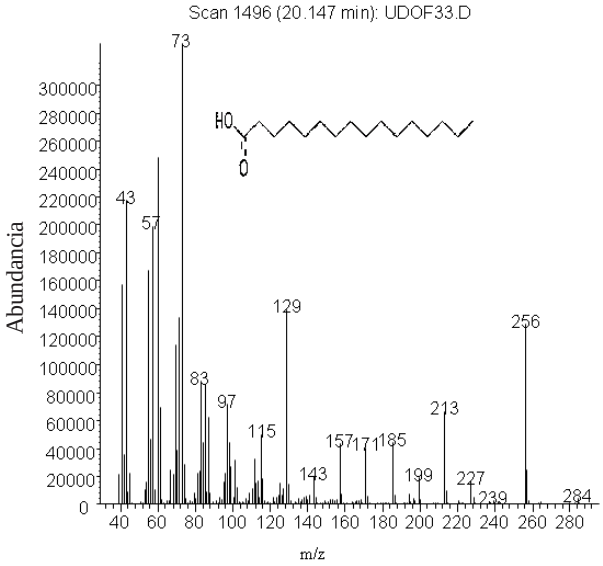


Fig.2.- Espectro de masas, para un TR de 20,147 min, del ácido hexadecanoico ($C_{16}H_{32}O_2$) de la fracción 3 del extracto hexánico de *G. serrulatum*.

(16,83 %) (Fig. 2). Es posible que este compuesto sea uno de los responsables de la letalidad presentada por estas algas. Estos resultados coinciden con los reportados por MANILAL *et al.* (2009), quienes atribuyeron la actividad citotóxica del alga roja *Laurencia brandenii* SAITO & WOMERSLEY 1974 a los ácidos grasos 9,12-ácido octodecadienoico (49,75 %) y al ácido n-hexadecanoico (14,24 %) y señalaron que las algas marinas contienen un alto porcentaje de ácidos grasos y muchos de éllos poseen bioactividad potencial.

CONCLUSIONES

Los resultados sobre la actividad letal y citotóxica de los extractos orgánicos de *G. tenuifrons, G. serrulatum* y *K. alvarezii* frente a *A. salina* y a los huevos del erizo de mar *L. variegatus* constituyen los primeros reportes para Venezuela.

El ácido hexadecanoico identificado mediante CG/EM, posiblemente sea uno de los compuestos responsables de la bioactividad *in vitro* observada en los diferentes organismos ensayados.

REFERENCIAS

BRITO L., L. & O. CRESCENTE. 2009. Actividad antimicrobiana de macroalgas marinas del Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 48(1): 29-33.

CORDERO, J. 2003. *Actividad antimicrobiana, biotóxica y análisis químico de extractos de las algas rojas Bryocladia thyrsigera (Ceramiales: Rhodomelaceae) e Hydropuntia pauciramosa (Gracilariales: Gracilariaceae) procedentes de "El Rincón de Araya", Edo. Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 56 pp.

CHARZEDDINE, L. & M. FARIÑAS. 2001. Propiedades bioactivas de algas marinas del Nororiente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 40(1&2): 49-54.

_____. 2004. *Aislamiento, caracterización parcial y actividad biológica de una lectina presente en el alga marina Halimeda opuntia (Linneaus) Lamouroux (Chlorophyta)*. Trab. Grad. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 118 pp.

DIAZ, M., G. BULA-MEYER, S. ZEA & A. MARTINEZ. 2006. Ensayos de actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos de macroalgas del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 35: 241-247.

FREILE-PELEGRÍN, Y., D. ROBLEDO, M. J. CHAN-BACAB & B. O. ORTEGA-MORALES. 2008. Antileishmanial properties of tropical marine algae extracts. *Fitoterapia* 79: 374-377.

HERNÁNDEZ, M. V. & M. M. HERNÁNDEZ. 2005. Bioactivos marinos en Venezuela: Una revisión. *Saber* 17(2):188-194.

HIRA, A., V. SULTANA, J. ARA & S. EHTESHAMUL-HAQUE. 2010. *In vitro* cytotoxicity of seaweeds from Karachi coast on brine shrimp. *Pak. J. Bot.* 42(5): 3555-3560.

IBRAHIM, A., M. MOSTAFA, M. EL-MASRY & M. EL-NAGGAR. 2005. Active biological materials inhibiting tumor initiation extracted from marine algae. *Egypt. J. Aquat. Res.* 31(1): 146-155.

LEÓN-DENIZ, L., E. DUMONTEIL, R. MOO-PUC & Y. FREILE-PELEGRÍN. 2009. Antitrypanosomal *in vitro* activity of tropical marine algae extracts. *Pharm. Biol.* 47(9): 864-871.

LHULLIER, C., P. HORTA & M. FALKENBERG. 2006. Avaliacao de extratos de macroalgas bénticas do litoral catarinense utilizando o teste de letalidade para *Artemia salina*. *Rev. Bras. Farmacogn.* 16(2): 158-163.

MANILAL, A., S. SUJITH, G. SEGHAL, J. SELVIN & CH. SHAKIR. 2009. Cytotoxic potentials of red alga, *Laurencia brandenii* collected from the Indian coast. *Global. J. Pharmacol.* 3(2): 90-94.

MASCHECK J. A. & B. J. BAKER, 2008. Macroalgal chemical defenses and their roles in structuring tropical marine communities. In Asmler, C.D. (ED) *Algal chemical ecology*. Springer-verlag. Berlin, Heidelberg. Germany. 313p.

MEYER, B., N. FERRIGNI, J. PUTNAM, L. JACOBSEN, D. NICHOLS & J. MCLAUGHLIN. 1982. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, 45: 31-34.

PEREIRA, R. C. & D. A. P. DA GAMA. 2008. Macroalgal

chemical defenses and their roles in structuring tropical marine communities. En Asmler, C.D. (ED). Algal chemical ecology. Springer-verlag. Berlin, Heidelberg. Germany. 313p.

SAEIDNIA, S., A. GOHARI, A. SHAHVERDI, P. PERMED, M. NASIRI, K. MOLLAZADEH & F. FARAHANI. 2009. Biological activity of two red algae, *Gracilaria salicornia* and *Hypnea flagelliformis* from Persian Gulf. *Pharmacog. Res.* 428-430.

SEGNINI DE BRAVO, M. I. 2007. *Evaluación de la actividad biológica y determinación de los mecanismos de acción primaria de extractos orgánicos obtenidos de Eucheuma denticulatum (Gigartinales, Rhodophyta)* y *Fagara monophylla (Rutaceae) en varios organismos*. Trab. Grad. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 133 pp.

SEGNINI, M., L. BRITO, M. NEYRA, H. D'ARMAS & J. BARRIOS. 2011. Evaluación toxicológica del alga *Kappaphycus alvarezii* en la región Oriental de Venezuela. *Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. III*: 341-350.

SELVIN, J. & A. LIPTON. 2004. Biopotentials of *Ulva fasciata* and *Hypnea musciformis* collected from the Peninsular coast of India. *J. Mar. Sci. Tec.* 12(1): 1-6.

STEPHAN, C. 1977. Methods for calculating in LC_{50}. In: American Society for Testing and Material (ASTM) Acuatic Toxicology and Hazard Evaluation. F.L. Mayer & J. Hamelink (eds), Philadelphia, Pensilvania USA. 65-84 pp.

VALDÉS-IGLESIAS, O., N. DÍAZ, Y. CABRANES, M. ACEVEDO, A. ARECES, L. GRAÑA & C. DÍAZ. 2003. Macroalgas de la plataforma insular Cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia* 16: 36-45.

YOSHINORI, T., D. MOTONARI, M. SUSUKI, A. TSUYOSHI & M. MICHIO. 2002. Halogenated metabolites from the new Okinawan red alga *Laurencia yonaguniensis*. *J. Nat. Prod.* 65(3): 395-398.

RECIBIDO: Julio 2011
ACEPTADO: Febrero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 59-65 (2012) 1 Fig., 3 Tabs.

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y ACUMULACIÓN DE CADMIO EN EL BIVALVO *LIMA SCABRA* (BORN, 1778) (PTERIOIDA: LIMIDAE)

MAIRIN LEMUS[1,2], MARÍA ALEJANDRA BALZA[1] & CARMEN MARTINS[1]

[1]*Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, e Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
mlemus@sucre.udo.edu.ve

[2]*Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán. Universidad de Oriente. Venezuela.*

RESUMEN: Ejemplares del bivalvo *Lima scabra* fueron obtenidos de un banco coralino del sureste de la isla de Cubagua, estado Nueva Esparta, y mantenidos en condiciones de laboratorio con la finalidad de analizar la bioacumulación de cadmio y su efecto sobre algunos parámetros iónicos en hemolinfa y tejidos. Se utilizaron ejemplares con talla comprendida entre 72,60 y 86,80 mm de largo y se colocaron en acuarios individuales para un total de 10 controles y 10 expuestos a 0,25 mg/l de Cd. Se analizaron los niveles de Cd en hepatopáncreas, músculo, gónadas, hemolinfa (plasma y células) y resto de tejidos somáticos (branquias y manto). Las concentraciones de Na^+ y K^+ se determinaron por espectrofotometría de llama, Cd y Ca^{+2} por espectrofotometría de absorción atómica y proteínas totales por colorimetría. Las mayores concentraciones de Cd en *L. scabra* presentaron un valor de 17,60 ± 2,43 µg/g para el resto y de 17,47 ± 2,45 µg/g para hepatopáncreas. El Cd estuvo enlazado en mayor proporción a componentes del plasma y no a la fracción celular de la hemolinfa. La incorporación de Cd en el plasma estuvo asociada a un incremento de proteínas totales en hemolinfa 7,02 mg/l, con respecto a los controles que presentaron un valor promedio de 4,12 mg/l. Se determinó que dosis subletales de Cd disminuyen los niveles de Cl^- y Na^+ en la hemolinfa, con una concomitante disminución de estos iones en los tejidos somáticos.

Palabras clave: Bioacumulación, cadmio, hemolinfa, electrolitos.

ABSTACT: Specimens ranging between 72.60 and 86.80 mm in length, collected from a coral bank located to the southeast of the Island of Cubagua, state of Nueva Esparta, and kept in laboratory conditions, were assayed for bioaccumulation of cadmium in order to analyze the effect of this trace metal on some ionic parameters in hemolymph and other tissues. The specimens were placed in individual aquaria, 10 being exposed to 0.25 mg/L o Cd and 10 kept as controls. Cd levels were measured in hepatopancreas, muscle, gonads, hemolymph (plasma and cells) and remaining somatic tissues (gills and mantle). Na^+ and K^+ concentrations were determined by flame spectrophotometry; those of Cd and Ca^{+2}, by atomic absorption spectrophotometry, and those of total proteins by colorimetry. The highest concentrations of Cd in *L. Scabra* reached a value of 17.60±2.43µg/g in the remaining tissue and 17.47±2,4,5µg/g in hepatopancreas. Cd bound mainly to plasma components and not to the cell fraction of hemolymph. The incorporation of Cd in plasma was associated with an increase of total proteins in hemolymph, 7.02 mg/L, relative to Cd uptake in the controls, which showed a mean value of 4.12mg/L. Sublethal doses of Cd were found to lower the levels of Cl^- and Na^+ in the hemolymph, with an attendant reduction of those ions in somatic tissue.

Key words: Bioacumulation, cadmium, hemolymph, electrolytes.

INTRODUCCIÓN

Los moluscos bivalvos se han empleado como modelos de investigación en el estudio de la contaminación por metales pesados en zonas de gran importancia ecológica y económica, como es el caso de los arrecifes coralinos, y en consecuencia son frecuentemente utilizados en variados ecosistemas como biomonitores de perturbación ambiental (MCDOWELL, 1993).

En el área del Caribe pocos estudios han considerado a los bivalvos asociados a los corales, como posibles monitores de contaminación, aún cuando existe una gran diversidad de especies que podrían ser evaluadas, entre las que pueden mencionarse a *Lima scabra*, quien es posiblemente el invertebrado más conspicuo asociado a corales escleractíneos de los bancos someros en la costa nororiental de Venezuela (GÓMEZ, 1998).

Los metales y en particular el Cd es un elemento extremadamente tóxico para la biota dado que tiene la capacidad de atravesar las barreras biológicas y enlazarse con los componentes citoplasmáticos y organelos celulares para alterar la fisiología celular. El cadmio al igual que otros metales puede afectar significativamente la actividad de la ATPasa a nivel branquial (BURKE *et al*. 2003; LIONETTO *et al*. 2006), crear daños oxidativos y peroxidación de membranas (COMPANY *et al*. 2004), que traen como consecuencia una alteración del equilibrio iónico.

Aun cuando no existen registros que determinen la presencia de cadmio en el área donde se realizó la captura de los ejemplares, algunos trabajos realizados en la zona nororiental han demostrado concentraciones por debajo de 1µg/g, valor límite para sedimentos no contaminados (ACOSTA *et al*. 2002). Sin embargo, en el golfo de Cariaco, este metal (1,20 -3,30µg/g) presenta valores significativamente elevados (MARTÍNEZ 2002). Por otro lado, los estudios de biomonitoreo señalan diferentes tasas de acumulación de este metal de acuerdo a la especie. En *Arca zebra* proveniente de la localidad de Chacopata las concentraciones de Cd están comprendidas entre 6,01 y 22,03 µg/g de masa seca (ACAGUA 2008), mientras que otras no tienen la misma capacidad de incorporación como es el caso de *Perna viridis* (LINNAEUS 1758) cuyas concentraciones no superan valores de 1,55 ± 0,34 µg/g para esta misma zona (LEMUS *et al*. 2010).

Lima scabra es una especie relativamente abundante y de cierto valor económico, con una distribución relativamente amplia, desde Carolina del Norte hasta Brasil (ABBOTT 1984; DÍAZ & PUYANA 1994; LODEIROS *et al*. 1999); sin embargo, existen pocos trabajos sobre ella.

En el presente estudio se determinó la acumulación de Cd en los tejidos somáticos, reproductivos y hemolinfa de *L. scabra* expuesto a dosis subletales del metal y sus efectos sobre algunos parámetros iónicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *L. scabra* se obtuvieron del medio natural manualmente por buceo en apnea, en un banco coralino costero, situado en la costa sureste de la isla de Cubagua, estado Nueva Esparta, Venezuela (10º 46´ 16´´ Lat. N y 64º 10´ 49´´ Long. W).

Transcurridos 15 días de aclimatación en condiciones de laboratorio, los ejemplares fueron separados en dos grupos. Los organismos del grupo control (n = 10) de talla promedio de 82,34 ± 11,37 mm de largo y los del grupo expuestos a Cd (n = 10) de 73,37 ± 16,13 mm, fueron colocados individualmente en acuarios de 2 litros de capacidad con agua de mar filtrada. Los organismos expuestos a Cd fueron contaminados diariamente con 0,25 mg/l de Cd, durante 9 días. A ambos grupos se les realizaron recambios diarios de agua de mar y se alimentaron con la microalga *Dunaliella salina* (DUNAL) TEODORESCO 1905, durante todo el período de experimentación.

Los análisis de los parámetros iónicos en hemolinfa se efectuaron extrayendo el líquido por punción intravalvar. Para ello se utilizaron jeringas heparinizadas (20 mg/ml) y en condiciones de estricta anaerobiosis, siguiendo la metodología descrita por BELMAR *et al*. (1998). Posteriormente, se tomó de cada ejemplar 1,5 ml de hemolinfa y se centrifugó a 5000 rpm durante 5 min, para realizar los análisis de proteínas totales y las determinaciones de iones. La determinación de proteínas totales se realizó por el método de Biuret (Lowry *et al*. 1951).

Las gónadas, hepatopáncreas, músculo y restos de tejidos somáticos (branquias y manto), fueron disectados por separado para cada ejemplar. Los tejidos fueron pesados y deshidratados por 24 horas. Cada muestra de tejido deshidratado fue digerido con 4 ml de HNO_3:H_2SO_4 (1:1 v/v) y posteriormente enrasados a 10 ml con agua desionizada y se procedió a realizar diluciones 1:50 y 1:100. De igual manera, se realizaron diluciones de la hemolinfa 1:100 y 1:200 para las determinaciones.

Los iones sodio (Na^+) y potasio (K^+) se determinaron en un fotómetro de llama Corning-310. El ión calcio (Ca^{+2}) fue valorado por espectrofotometría de absorción atómica. El ión cloruro (Cl^-) se cuantificó solo en hemolinfa por el método de SCRIBNER & BELDING (1970). Los valores de los iones fueron expresados en mmol/l para la hemolinfa y mmol/g de peso húmedo para los diferentes tejidos y la eficiencia de las lecturas fueron comparadas con los estándares de otros bivalvos (BELMAR *et al*. 1998; WILLMER *et al*. 2000). Los valores de Cd fueron expresados en µg/g de masa húmeda (µg/g m h) y las proteínas totales en mg/l.

Los resultados se analizaron estadísticamente con análisis de variancia de una vía para la hemolinfa y de dos

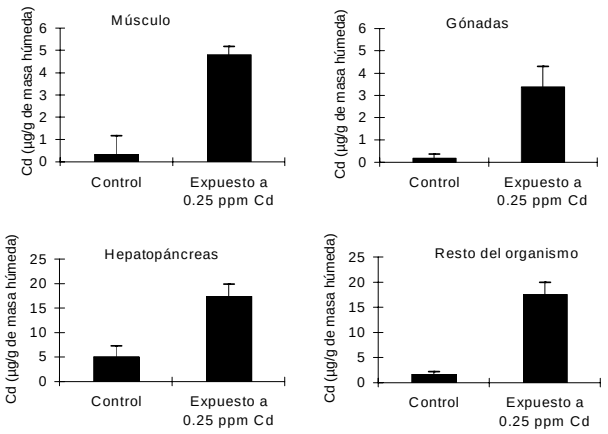


Fig. 1. Concentración de cadmio (Cd) en tejidos del bivalvo Lima scabra en condiciones de laboratorio. Control y expuestos a Cd.

vías para los tejidos, con un á = 0,05 y n = 5 para los controles y n = 4 para los expuestos a Cd. En los grupos que presentaron diferencias significativas se realizaron pruebas a *posteriori* Duncan, (Sokal & Rohlf 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la exposición de *L. scabra* a una concentración subletal de cadmio durante 9 días se evidenció que el metal fue acumulado diferencialmente en los tejidos y estuvo presente en la hemolinfa de los organismos. Se determinaron diferencias significativas en la bioacumulación de Cd entre los tejidos (Fs = 90,89; p < 0,001) y entre ambos grupos experimentales (Fs = 316,14; p < 0,001). Las gónadas y el músculo no mostraron diferencias significativas y presentaron las menores concentraciones del metal, 3,41 ± 0,89 y 4,82 ± 0,89 µg/g m h, respectivamente. El hepatopáncreas y el resto (branquias y manto) mostraron los mayores registros de Cd (Fig. 1).

La cinética de incorporación de metales en invertebrados ha demostrado que los tejidos parenquimatosos presentan siempre las mayores concentraciones del metal, principalmente en las branquias y hepatopáncreas y esto se ha atribuido a que los mismos pueden metabolizar estos elementos a través del enlazamiento a proteínas de alto y bajo peso molecular como por ejemplo las metalotioninas (Lemus 2005; Long *et al*. 2010). Por otro lado, las metalotioninas junto con los metales pueden ser excretadas por exocitosis a través de

TABLA 1. Concentración de cadmio en plasma y hemocitos del bivalvo *Lima scabra* expuesta a 0,25 ppm de cadmio durante 9 días. Se presentan los valores promedios y las desviaciones estándar (± SD) de cada parámetro, para los dos grupos estudiados, controles y expuestos a cadmio (Cd).

	Plasma	Hemocitos
Control	No detectado (n=12)	0,008±0,005 (n=12)
Expuestos a 0,25 ppm de Cd	3,48±0,028 (n=8)	0,110±0,072 (n=8)

lisosomas o formar gránulos que inactivan la toxicidad de los metales (Marigómez *et al*. 2002). El tejido muscular se ha considerado como un órgano receptor de metales, con muy poca participación metabólica en los procesos de metabolización y excreción de metales.

La alta tasa de bioacumulación de metales en los bivalvos se debe a su gran capacidad de filtración e incorporación de metales pesados a través de las branquias y los mismos son transportados por la hemolinfa a diferentes tejidos, con mayor acumulación en el hepatopáncreas y órganos excretores (Evtushenko *et al*. 1990; Satish & Robinson 2001). Por otra parte, los organismos fueron alimentados con microalgas y las mismas tienen la propiedad de bioacumular con gran rapidez los metales pesados como el Cd (Ansari *et al*. 1997; Romero *et al*. 2001).

En la hemolinfa los niveles de cadmio fueron de 3,48 ± 0,028 µg/g, superiores a los observados en las células (pelet) (0,110 µg/g ± 0,072) (Tabla 1). El transporte de los metales desde los sitios blanco o sitios de entrada pueden ocurrir a través de proteínas de la hemolinfa. Se ha señalado que una glicoproteína rica en histidina puede enlazar Cd y transportarlo a través de la hemolinfa, tal es caso del majillón *Mytilus edulis* Linnaeus 1758 cuando está expuesto al metal (Satish & Robinson 2001). Esta proteína presenta una masa molecular de 63 kDa y no es una metalotionina. Posiblemente, el incremento observado en los niveles de proteína plasmática en los ejemplares expuestos al metal este asociado con una mayor síntesis de esta proteína. Además de esta proteína, también se ha demostrado que *M. edulis* expuesto a Cu durante 5 días incrementó 1,7 veces los niveles de glutatión en la hemolinfa de este organismo (Al-Subiai & Awadhesh

TABLA 2. Concentración de iones en la hemolinfa del bivalvo *Lima scabra*. Se presentan los valores promedios y las desviaciones estándar (± SD) de cada parámetro, para los dos grupos estudiados, controles y expuestos a cadmio (Cd).

HEMOLINFA	Ca^{+2} mmol/l	Na^{+} mmol/l	K^{+} mmol/l	Cl^{-} mmol/l
Controles	8,12 ± 1,73	497,00 ± 12,82	8,80 ± 1,04	521,33 ± 32,72
Expuestos a Cd	7,29 ± 2,64	464,40 ± 21,01	8,48 ± 0,87	454,33 ± 21,01

2009). Aunque los niveles de cadmio enlazados a las células de la hemolinfa fueron bajos, se ha señalado la existencia de proteínas enlazadas a las membranas de los hemocitos que pueden transportar los metales y que además pueden ser del tipo metalotioninas (ALONSO & MARTIN-MATEO 1996). Sin embargo, en el caso de *L. scabra* este tipo de enlazamiento no parece ser importante en el transporte de Cd a través de la hemolinfa.

Los electrolitos analizados en la hemolinfa demostraron una disminución significativa de los niveles de Na^{+} ($Fs = 5,46$; $p < 0,05$) y Cl^{-} ($Fs = 8,91$; $p < 0,05$) en el grupo expuesto a Cd (Tabla 2). Mientras que los niveles de Ca^{+2} y K^{+} no mostraron variaciones significativas. En estudios de organismos expuestos a metales pesados (RICHARDS & PLAYLE 1999; LIGNOT *et al*. 2000; ROSE-JANES & PLAYLE 2000) se ha observado una disminución significativa de los niveles de Na^{+} y Cl^{-} en la hemolinfa. Dicha disminución de los niveles iónicos de Na^{+} y Cl^{-} se atribuye a la pérdida parcial o completa de la capacidad de osmo regulación e iono regulación, ocasionada por la exposición a agentes contaminantes, estresores ambientales y patológicos. Diferentes causas de estas variantes incluyen alteraciones en la estructura y ultraestructura de los órganos branquiales y excretores, cambios en la actividad de la Na^{+}/K^{+} ATPasa y alteración del flujo de iones y permeabilidad de la superficie. Estas alteraciones de la capacidad de osmo regulación e iono regulación son consideradas como un bioindicador no especifico por efecto de agentes perturbadores (RICHARDS & PLAYLE 1999; LIGNOT *et al*. 2000).

La determinación de proteínas totales en hemolinfa mostró diferencias significativas entre los dos grupos experimentales ($Fs = 11,48$; $p < 0,05$), siendo mayor para los organismos expuestos a Cd 7,019 mg/l ± 3,423 que para los organismos no expuestos 4,123 mg/l ± 0,795. El aumento en el contenido de proteínas totales en los organismos contaminados, sugiere una posible alteración fisiológica, lo que ocasionaría la síntesis de proteínas producto de la presencia de Cd. Un aumento en los niveles de proteínas plasmáticas en los organismos contaminados con Cd podría estar asociado a una respuesta fisiológica para compensar los efectos del metal, que posiblemente estén relacionados a la síntesis de la glicoproteína rica en histidina que es capaz de trasportar el Cd (SATISH & ROBINSON 2001). También podría deberse a proteínas de estrés que se expresan o sintetizan como consecuencia de la perturbación del metal (SIMKISS *et al*. 1982; WEBB & CAIN 1982; VIARENGO1985; MOUNEYRAC *et al*. 1998; GÓMEZ 1998).

Los parámetros iónicos estudiados en tejidos (Tabla 3) reflejaron diferencias significativas en los tejidos de ambos grupos experimentales para el Ca^{+2} ($Fs = 6,38$; $p < 0,05$). Los niveles de Ca^{+2} y Cd en los tejidos del grupo expuesto al metal fueron mayores que los detectados en el grupo control. Los mayores valores de Ca^{+2} fueron registrados en músculo (0,24 mmol/g) del grupo control, mientras que en el grupo expuesto a Cd fue en el hepatopáncreas (0,75 mmol/g). Con respecto al K^{+} se encontraron diferencias significativas entre los tejidos ($Fs = 7,32$; $p < 0,001$) y entre los grupos experimentales ($Fs = 9,50$; $p < 0,01$), y la prueba *a posteriori* señaló la existencia de tres grupos homogéneos con las menores concentraciones en los restos de tejidos, una concentración intermedia en gónadas y hepatopáncreas y la mayor concentración en músculo. Por su parte en el Na^{+} se evidenciaron diferencias significativas entre los tejidos ($Fs = 5,80$; $p < 0,01$), y la prueba *a posteriori* señaló la existencia de dos grupos homogéneos uno representado por el músculo y las gónadas con los menores registros y otro constituido por los restos de

TABLA 3. Concentración de iones en los tejido del bivalvo *Lima scabra*. Se presentan los valores promedios y las desviaciones estándar (± SD) de cada parámetro, para los dos grupos estudiados, controles y expuestos a cadmio (Cd).

		Ca^{+2} mmol/g	Na^{+} mmol/g	K^{+} mmol/g
Músculo	Control	0,24 ± 0,13	3,50 ± 1,00	6,15 ± 0,73
	Cd	0,36 ± 0,14	4,42 ± 3,00	4,38 ± 1,01
Resto	Control	0,06 ± 0,05	12,00 ± 4,00	3,84 ± 0,76
	Cdl	0,31 ± 0,02	5,00 ± 2,58	2,58 ± 0,30
Hepatopáncreas	Control	0,06 ± 0,05	14,40 ± 4,34	5,04 ± 1,12
	Cd	0,75 ± 0,66	6,50 ± 3,00	3,43 ± 0,67
Gónada	Control	0,18 ± 0,06	4,00 ± 2,45	3,92 ± 0,90
	Cd	0,20 ± 0,24	7,00 ± 3,83	3,68 ± 1,29

tejidos y hepatopáncreas con los mayores registros. Es evidente que los tejidos que presentaron mayor incorporación de Cd (hepatopáncreas y branquias) tuvieron los menores valores de Na^+ y los más altos niveles de Ca^{+2}, sugiriendo una alteración causada por el efecto tóxico del metal.

El Cd por ser un metal no esencial puede alterar el balance $Na^+/K^+/Ca^{+2}$ y además determina el reemplazo del Ca^{+2} produciendo selectividad en su paso por las membranas con un incremento en la concentración interna (Viarengo 1985). El Cd es incorporado por la bomba de Ca^{+2} dado que los iones no tienen alta afinidad por los ligandos orgánicos y por lo tanto requieren de bombas para el transporte activo y así movilizarse en contra de un gradiente de concentración dentro o fuera de la célula. El Cd es tomado por los canales de las células de cloro en las branquias probablemente dependiendo de la energía generada por el sistema Na^+/K^+ ATPasa (Pivovarova & Lagerspetz 1996).

En células de las branquias del pectínido *Mizohupecten yessoensis* (Jay 1857) se demostró que el Cd perturba los procesos metabólicos responsables de la biosíntesis de los lípidos en las membranas (Chelomin & Belcheva 1990). En *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819 expuesta a dosis de 1,78 µmol de cadmio mostró una significativa disminución en la actividad de la anhidrasa carbónica del manto (Lionetto *et al* 2006). Por otro lado, Burke *et al*. (2003) demostraron que la actividad de la ATPasa en tejido branquial del cangrejo *Carcinus maenas* (Linnaeus 1758) es afectada por el cadmio y su efecto es aún mayor cuando la exposición se realiza a bajas salinidades. Todas estas alteraciones causadas por el cadmio explican una alteración en el equilibrio ácido básico en *L. scabra* expuesta a una dosis subletal del metal y se plantea que estas evaluaciones puedan ser utilizadas como biomarcadores de contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

El cadmio se acumuló en los tejidos en el siguiente orden de magnitud: resto > hepatopáncreas > músculo > gónada. El Cd estuvo enlazado en mayor proporción a la fracción proteica de la hemolinfa en relación a la fracción celular. La incorporación de cadmio en la hemolinfa estuvo asociado a un incremento en los niveles de proteínas en los organismos contaminados, al mismo tiempo que este metal produjo una disminución los niveles de Cl^- y Na^+ en la hemolinfa, con una concomitante disminución de estos iones en los tejidos somáticos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, al Sr. Ángel Antón y Yanet Antón, por toda la colaboración suministrada.

REFERENCIAS

Abbott, R. 1984. *American Seashells. The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coast of North America*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. USA. pp 663.

Acagua, A. 2008. *Variación estacional de Cu, Cd. Cr Pb Ni y Zn en Arca zebra (Mollusca: Bivalvia) de isla Cribe, estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 53 pp.

Acosta, V., C. Lodeiros, W. Senior & G. Martinez. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*. 27(12): 686-690.

Alonso, J. & M. Martin-Mateo. 1996. Induction and caracterization of metallothionein in different organs of *Ostrea edulis* L. *Biol. Trace Elem Res*. 53 (1-3): 85-94.

Al-Subiai, S. & J. Awadhesh. 2009. Contamination of bivalve haemolymph samples by adduptor muscle components: implications for biomarker studies. *Ecotoxicol*. 18 (3): 334-342.

Ansari, Z., M. Saldanha & R. Rajkumar. 1997. Effects of petroleum hydrocarbons on the growth of a microalga *Isochrysis* sp. (Chrysophyta). *Indian J. Mar. Sci*. 26: 372-376.

Belmar, M., J. Armas, D. Belmar, W. Riveros & S. Yegres. 1998. Iones extracelulares en invertebrados y vertebrados acuáticos y terrestres del Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela,* 37 (1-2): 17-25.

Burke, J., R. Handy & S. Roast. 2003. Effect of low salinity on cadmium accumulation and calcium homeostasis

in the shore crab (*Carcinus maenas*) at fixed free Cu^{2+} concentration. *Environ. Toxicol. Chem.* 22 (11): 2761-2767.

CHELOMIN, V. & N. BELCHEVA. 1990. Alterations of microsomal lipid synthesis in gills of bivalve mollusc *Mizuhopecten yessoensis* in response to cadmium accumulation. *Comp. Biochem. Physiol.* 99 (1-2): 1-5.

COMPANY, R., A. SERAFIN, M. BEBIANO, R. COSSON, B. SHILLITO & A. FIALA-MEDIONI. 2004. Effect of cadmium, copper and mercury on antioxidant enzymaties and lipid peroxidation in the gills of the hidrotermal vent mussel *Bathymodiolus azoricus*. *Mar. Environ. Res.* 58: 377-381.

DÍAZ, J. & M. PUYANA. 1994. *Moluscos del Caribe Colombiano. Un catálogo ilustrado*. Editorial Presencia. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 291 pp.

EVTUSHENKO, Z., O. LUKYANOVA & N. BELCHEVA. 1990. Cadmium biaccumulation in organs of scallop *Mizuhopecten yessoensi*. *Mar. Biol*. 104: 247-250.

GÓMEZ, J. 1998. *Efectos de la toxicidad del cobre y cadmio en una población natural del bivalvo Lima scabra (Born, 1778): Aspectos genéticos y reproductivos*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 147 pp.

LEMUS, M. 2005. *Expresión de proteínas en el cangrejo Emerita portoricessin (Decapoda: Hippidae) por contaminación con mercurio*. Trab. Grad. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela, 122 pp.

LEMUS, M., C. LAURENT, A. ACAGUA, M, CABRERA, A. APONTE & K. CHUNG. 2010. Variación estacional de metales pesados en *Perna viridis*, de la localidad de Guayacán, península de Araya, estado Sucre Venezuela. *Biologist*. 8: 126-138.

LIGNOT, L., C. SPANING & G. CHARMANTIER. 2000. Osmoregulatory capacity as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans. *Aquaculture*. 191 (1-3): 209-245.

LIONETTO, M., R. CARICATO, E. ERROI, M. GIORDANO & T. SCHETTINO. 2006. Potential application of carbonic anhydrase activity and biomarker studies. *Chem. Ecol.* 22: 119-125.

LODEIROS, C., B. MARÍN & A. PRIETO. 1999. *Catálogo de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela*. Clase Bivalvia. Edición APUDONS. Cumaná, Venezuela, 109 pp.

LONG, A., C. LI, S.CHEN, W.YAN, A. DANG, Y. CHENG & D. LU. 2010. Ort-term metal accumulation and MTLP induction in the digestive of *Perna viridis* exposed to Zn and Cd. *J. Environ. Sci*. 22 (7): 975-981.

LOWRY, D., N. ROSEBROUGH, A. FAVE & R. RANDALL. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*. 193: 265-275.

MARIGÓMEZ, I., M. SOTO, M. CAJARAVILLE, E. ANGULO & L. GIAMBERINI. 2002. Cellular and subcellular distribution of metals in mollusks. *Microsc. Res. Tech.* 56: 358-392.

MARTÍNEZ G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela,* 41 (1 & 2): 83-96.

MCDOWELL, J. 1993. How marine animals respond to toxic chemicals in coastal ecosystems?. *Oceanus*, 36: 56-64.

MOUNEYRAC, C., J. AMIARD & C. AMIARD-TRIQUET. 1998. Effects of natural factors (salinity and body weight) on cadmium, copper, zinc and metallotionein-like protein levels in resident populations of oysters *Crassostrea gigas* from a polluted estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 162: 125-135.

PIVOVAROVA N. & K. LAGERSPETZ. 1996. Effect of cadmium on the ATPase activity in gills of *Anodonta cygnea* at different assay temperatures. *J. Therm. Biol*. 21: 77-84.

RICHARDS, J. & R. PLAYLE. 1999. Protective effects of calcium against the physiological effects of exposure to a combination of cadmium and copper in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Zool.* 77 (7): 1035-1047.

ROMERO, Y., C. LODEIROS, M. ESCLAPÉS, N. MARÍN, M.

Guevara & E. Morales. 2001. Efecto tóxico del cadmio sobre microalgas aisladas del nororiente de Venezuela. *Interciencia,* 27 (63): 104-109.

Rose-Janes, N. & R. Playle. 2000. Protection by two complexing agents, thiosulphate and dissolved organic matter, against the physiological effects of silver nitrate to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in ion-poor water. *Aquat. Toxicol*. 51 (1): 1-18.

Satish, N. & W. Robinson. 2001. Cadmium binding to a histidine-rich glycoprotein from marine mussel blood plasma: Potentiometric titration and equilibrium speciation modeling. *Environ. Toxicol. Chem.* 20 (7): 1596-1604.

Scribner, R. & B. Belding. 1970. Determination of chloride in the blood. *Proc. Sraff Meeting Mayo Clin.* 25: 209-212.

Simkiss, K., M. Taylor & A. Mason. 1982. Metal detoxification and bioaccumulation in molluscs. *Mar. Biol*. 3: 187-201.

Sokal, R & F. Rohlf. 1997. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Third Edition. W. H. Freeman and Company, New York. USA. 887 pp.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. *Mar. Poll. Bull*. 16 (4): 153-158.

Webb, M. & K. Cain. 1982. Functions of metallothionein. *Biochem. Pharmacol.* 3: 137-142.

Willmer, P., G. Stone & I. Johnston. 2000. *Environmental Physiology of Animals*. First Edition. Blackwell Science Ltd. Oxford, U K. 644 pp.

Recibido: Febrero 2011
Aceptado: Enero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 67-74 (2012) 3 Fig., 2 Tabs.

CARACTERIZACIÓN DE LAS COLONIAS DE *ACROPORA PALMATA* (SCLERACTINIA: ACROPORIDAE) EN CAYO SOMBRERO, PARQUE NACIONAL MORROCOY, VENEZUELA.

KIMBERLY MARTÍNEZ & JOSÉ G. RODRÍGUEZ-QUINTAL

Laboratorio de Ecología Marina, Departamento de Biología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.
kimberlym2004@hotmail.com

RESUMEN: El declive poblacional de la especie coralina *Acropora palmata* ha sido asociado a una combinación de distintos agentes de mortalidad, tales como enfermedades, tormentas y factores antropogénicos, los cuales han causado una reducción significativa en la distribución de los Acropóridos. El propósito de este estudio fue estimar la abundancia y la condición de salud de las colonias de *A. palmata* en tres zonas arrecifales de cayo Sombrero (zona Este, zona Oeste, Bajo Arrecifal), Parque Nacional Morrocoy. Las colonias ramificadas fueron identificadas y evaluadas en los diferentes sitios de muestreo para determinar su clasificación (reclutas, juveniles, adultos y fragmentos), tallas (diámetro y altura) y condición de salud (mortalidad parcial, blanqueamiento y enfermedades). Los corales de *A. palmata* fueron dominados por tallas adultas con diámetros entre 60 y 180 cm y alturas entre 70 y 130 cm. La mortalidad antigua fue de 25,8%; mientras que la mortalidad reciente (2,7%) afectó sólo algunas colonias. El blanqueamiento total y las enfermedades no fueron observados durante el estudio; pero menos del 45% de las colonias estuvieron pálidas o parcialmente blanqueadas. Los agentes de mortalidad tales como la acumulación de sedimento (47,5%), sobrecrecimiento por algas (37,5%), territorio de peces damiselas (35%) y daños por anclas (22,5%) también fueron registrados sobre las colonias evaluadas. *A. palmata* demostró la capacidad de supervivencia que posee en las zonas de estudio, debido a la presencia de colonias extensivas y saludables en cayo Sombrero. Sin embargo, se debería asegurar la protección de los Acropóridos que se encuentran en los arrecifes coralinos del P. N. Morrocoy, para así incrementar la recuperación de estas colonias y asegurar un crecimiento poblacional.

Palabras clave: Acropóridos, agentes de mortalidad, blanqueamiento, enfermedades.

ABSTRACT: The population decline of the coral species *Acropora palmata* has been related to several agents of coral mortality such as diseases, storms, and anthropogenic factors, all of which have caused a significant depletion of Acroporids. This study estimates the abundance and health conditions of colonies of *A. palmata* in three reef locations of Cayo Sombrero, to wit: Eastern region, Western region, and Shallow Reef, at Morrocoy National Park. Clustered colonies were identified and evaluated in the different sampling sites to determine their classification (recruits, juveniles, adults, and fragments), size (diameter and height), and health condition (partial mortality, bleaching, and diseases). *A. palmata* coral reefs are dominated by adult sizes with diameters ranging between 60 and 180 cm and heights between 70 and 130 cm. The former mortality was 25.8%, whereas the recent one of 2.7% only affected some colonies. Total bleaching and diseases were not seen during the study, although fewer than 45% of the colonies appeared pale or partly washed out. Agents of mortality such as sediment accumulation (47.5%), algal overgrowth (37%), damselfish territories (35%), and anchor damage (22.5%) were also seen in the colonies evaluated. *A. palmata* is capable of surviving in the regions under study as demonstrated by the presence of extensive and healthy colonies in Cayo Sombrero. It is imperative, though, that the population of Acroporids in the coral reefs of Morrocoy be protected so as to ensure the recuperation and growth of these colonies.

Key words: Acroporids, bleaching, diseases, mortality agents.

INTRODUCCIÓN

Acropora palmata LAMARK 1816 es una de las principales especies constructoras de arrecifes, la cual ha sufrido un importante declive poblacional a lo largo del Caribe, reduciendo drásticamente su cobertura y permitiendo la introducción de estos corales en la lista ESA (U.S. Endangered Species Act) (DÍAZ 1999; OLIVER 2005). Estos cambios radicales que se presentaron en la estructura arrecifal ocurrieron después de la mortandad masiva de los años 80, en donde los Acropóridos fueron afectados por la enfermedad de banda blanca, causando una gran pérdida de tejido coralino y ocasionando cambios en los ambientes arrecifales (GLADFELTER 1982; ARONSON & PRECHT 2001). Múltiples factores como blanqueamiento, tormentas, depredadores, sedimentación y enfermedades han sido identificados como las principales causas del declive de *A. palmata* (LIRMAN 2000), causando una dramática disminución de hábitat y acelerando la erosión costera, además de incrementar el sustrato disponible para

el establecimiento de otros organismos (NAVAS *et al*. 1998). Los Acropóridos han permanecido con bajas densidades y sin señales de recuperación en algunas aéreas del Caribe (DAHLGREN 2002); sin embargo, la persistencia de esta especie ha sido el resultado de su rápida recuperación bajo las condiciones ambientales adecuadas (GREENSTEIN *et al*. 1998; LIRMAN 2000).

La supervivencia y propagación de *A. palmata* están determinadas por la habilidad y el potencial de recuperación que puede tener la especie después del proceso de fragmentación, en donde las ramas recién fragmentadas necesitan del sustrato adecuado para su establecimiento y desarrollo como una nueva colonia, ya que de lo contrario, la recuperación de estos corales puede resultar en una alta mortalidad de fragmentos (BRUCKNER & BRUCKNER 2001). A su vez, este tipo de reproducción asexual conduce a la formación de densos parches monoespecíficos altamente mono-clonales (WILLIAMS & MILLER 2006), permitiendo que el establecimiento de reclutas sexuales sea indispensable para incrementar la diversidad genética. A pesar de estas condiciones limitantes que tienen los fragmentos de *A. palmata*, la reproducción asexual proporciona un eficiente mecanismo para la preservación de los Acropóridos; ya que ésta se encarga de que las colonias dominen rápidamente los ambientes extremos (WILLIAMS & MILLER 2006), incrementando la distribución de la especie en determinadas aéreas arrecifales.

Actualmente, la condición de *A. palmata* ha sido documentada en Venezuela para el Parque Nacional Archipiélago de Los Roques (ZUBILLAGA *et al*. 2005; ZUBILLAGA *et al*. 2008), pero no se ha registrado el estatus de estos corales en el resto de los arrecifes venezolanos, incluido el Parque Nacional Morrocoy (PNM); en éste, sin embargo, se presentan algunos reportes mencionando la ocurrencia de estos corales, tales como BONE *et al*. (1993), quienes indicaron que *A. palmata* fue una de las 10 especies más abundantes en el PNM con altos índices de mortalidad, pero posteriormente LABOY-NIEVES *et al*. (2001) observaron que las colonias de esta especie presentaban altos porcentajes de mortalidad dentro del mismo Parque. Por esta razón, el propósito de este estudio fue evaluar la abundancia, distribución y condición de salud del coral ramificado *A. palmata* en cayo Sombrero, para suplir la información necesaria para el establecimiento de planes de manejo y proveer protección directa a los Acropóridos del PNM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio: El PNM se encuentra localizado en la costa centro occidental de Venezuela (10º53'04'' Lat.N, 68º12'46'' Long. W) dentro de la región del golfo Triste, el cual se encuentra formado por una serie de islas localizadas a diferentes distancias de la costa (Fig. 1). Los muestreos fueron conducidos entre Mayo y Julio del 2010, en donde varios arrecifes coralinos fueron evaluados dentro del parque y solo cayo Sombrero demostró la presencia de *A. palmata*, debido a que este Cayo se encuentra en condiciones saludables comparado con otras zonas del PNM (BONE *et al*. 2001). Los Acropóridos fueron identificados en tres zonas diferentes de cayo Sombrero: zona Este (10º53´56´´ Lat. N, 68º12´45.3´´ Long. W), zona Oeste (10º52´´98.3´´ Lat. N, 68º12´70.8´´ Long. W) y el Bajo Arrecifal (10º52´92.9´´ Lat. N, 68º12´81.6´´ Long. W).

Métodos de Campo: Las colonias identificadas de *A. palmata* fueron evaluadas para determinar su (1) Clasificación: el área de cada colonia permitió la clasificación según ZUBILLAGA *et al*. (2008): Adultos (> 1600 cm^2), Juveniles (60 cm^2 y 1600 cm^2), Reclutas (< 60 cm^2) y Fragmentos; tomando en cuenta que los colonias sexuales se distinguieron de los fragmentos asexuales en base al tamaño, morfología y lugar de establecimiento; para lo cual, los corales registrados en posición vertical y con presencia de una base definida unida al sustrato fueron consideraros como colonias originadas por reclutamiento sexual; mientras que los fragmentos fueron definidos como ramas rotas de *A. palmata* que se establecen en zonas planas cercanas a las colonias

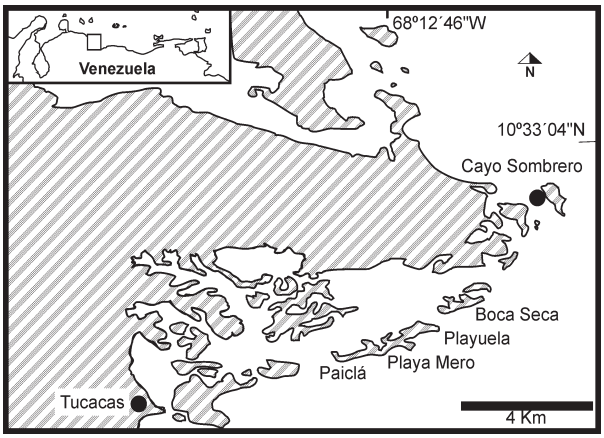


Fig. 1. Ubicación del Parque Nacional Morrocoy indicando la isla de Cayo Sombrero con presencia de colonias de *Acropora palmata*.

parentales; (2) Distribución de Tallas: el diámetro máximo, el diámetro mínimo y la altura máxima fueron medidas usando una vara calibrada de 1 m de longitud; (3) Ramas: se seleccionó un total de cuatro ramas (pequeñas o medianas) por cada colonia viva para determinar la longitud promedio de cada una de las mismas; de igual manera se estimó la longitud de proto-ramas, las cuales son pequeñas protuberancias que generan posteriormente ramas desarrolladas; (4) Mortalidad Parcial: se estimó desde la superficie de cada colonia separando la mortalidad antigua, aéreas muertas con crecimiento de algas, y la mortalidad reciente, con ausencia o crecimiento insignificante de algas; (5) Causas Potenciales de Mortalidad: se evaluó la presencia de enfermedades como banda blanca; además del blanqueamiento coralino, que fue clasificado en Pálido (decoloración leve del tejido), Parcialmente Blanqueado (parches de tejido blanco) y Blanqueado (tejido totalmente blanco). Se estimaron otros agentes de mortalidad como los territorios de peces damiselas pertenecientes a la familia Pomacentridae, sobrecrecimiento por algas, esponjas y zoántidos, acumulación de sedimento sobre las colonias, daños por tormentas y abundancia de gasterópodos coralívoros (*Coralliophila abbreviata* LAMARK 1816) por colonia.

RESULTADOS

Clasificación y Distribución de Tallas: Las colonias de *A. palmata* se encontraron distribuidas a lo largo de tres zonas específicas de cayo Sombrero (Este, Oeste, Bajo Arrecifal), con las mayores abundancias registradas hacia la zona Este y Oeste de la isla; mientras que el menor número de colonias fue observado en el Bajo Arrecifal (Tabla I). Un total de 31 colonias y 10 fragmentos fueron identificados y evaluados en los sitios de estudio, con una predominancia de colonias adultas, las cuales presentaron medidas entre 1687,3 y 4504,9 cm^2; seguido por los juveniles que registraron tallas entre 108,5 y 741cm^2; mientras que los reclutas observados demostraron tallas entre 8,4 y 30,2 cm^2 (Fig. 2 y 3). La zona del Bajo Arrecifal obtuvo los mayores valores de diámetro promedio con 113,45 ± 106,75 cm (media ± desviación estándar), seguidos por la zona Este con un diámetro promedio de 51,75 ± 46,5 cm y por último la zona Oeste presentó longitudes promedio de 48 ± 52,2 cm; mientras que la altura de las colonias de *A. palmata* para los tres sitios evaluados estuvo comprendida entre 21 y 49 cm (Tabla 1).

Por su parte, las medidas de las ramas fueron similares para dos de los tres sitios evaluados, con longitudes inferiores a 21cm en la zona Este e inferiores a 19 cm en la zona Oeste; pero el Bajo Arrecifal presentó valores entre 20 y 50 cm de longitud en las ramas de las colonias. En el caso de las proto-ramas, solo algunos corales de los diferentes sitios demostraron la presencia de estas protuberancias, con medidas entre 2 y 3 cm de longitud para las tres zonas de estudio; tomando en cuenta que la zona Este obtuvo la mayor cantidad de proto-ramas, debido a la presencia de mayores colonias fragmentadas.

Condición de Salud: Los sitios arrecifales evaluados se vieron afectados por niveles moderados de mortalidad parcial, en donde la mortalidad antigua varió entre 19 y 27 %, presentando los mayores valores en la zona Oeste.

TABLA 1. Abundancia y distribución de tallas de las colonias de *Acropora palmata* en los sitios arrecifales de cayo Sombrero, Venezuela.

Zona Arrecifal	Número de Colonias					Diámetro Máx (cm)	Diámetro Mín (cm)	Altura Máx (cm)
	Adultos	Juveniles	Reclutas	Fragmentos	Total			
Zona Este	11	6		10	27	64,5 ± 55,5	39 ± 39,6	47,2 ± 38,7
Zona Oeste	10		2		12	55,9 ± 57,3	40,1 ± 49,1	21,8 ± 20,1
Bajo Arrecifal	1	1			2	121 ± 114,3	105,9 ± 99,1	48 ± 21,1

Media ± desviación estándar

Por el contrario, la mortalidad reciente no excedió el 8 %, evidenciando el mayor grado de afectación en el Bajo Arrecifal (Tabla 2). En el caso del blanqueamiento coralino, cayo Sombrero obtuvo niveles similares en las diferentes zonas muestreadas, reportando 27,5 % de colonias pálidas y 20 % de colonias parcialmente blanqueadas; mientras que el blanqueamiento total y las enfermedades como banda blanca no fueron registradas sobre las colonias de *A. palmata*.

A su vez, otros agentes de mortalidad fueron identificados en las zonas de muestreo, en donde la acumulación de sedimento sobre los corales fue el factor más significativo, afectando el 47,5 % de las colonias de *A. palmata*, y tomando en cuenta que todos los fragmentos se vieron afectados por este factor. Además de la sedimentación, también se registró el sobrecrecimiento de algas (37,5 %), los territorios de peces damiselas (35,0%) y los daños ocasionados por anclas (22,5%), los cuales fueron identificados por los patrones de fragmentación que se generan sobre las colonias. A pesar de la presencia de estos agentes de mortalidad, el gasterópodo coralívoro *Coralliophila abbreviata* LAMARK 1816 no fue detectado sobre ninguno de los corales evaluados.

DISCUSIÓN

El arrecife de cayo Sombrero se encuentra en condiciones saludables comparado con el resto de los zonas coralinas del PNM (CRÓQUER & BONE 2003), lo cual puede explicar la presencia de las colonias de *A. palmata* que todavía permanecen en estas zonas arrecifales después de la mortalidad masiva de los años 80. Sin embargo, una de las áreas evaluadas (Bajo Arrecifal) en este cayo demostró un bajo número de colonias, debido a que esta zona es dominada por fuertes corrientes que pueden estar afectando el establecimiento y reclutamiento de *A. palmata*. El resto de los sitios muestreados (zonas Este y Oeste) evidenciaron un mayor número de colonias y fragmentos, ya que los mismos se encuentran ubicados a sotavento de la isla, los cuales representan hábitats protegidos (GUZMÁN & GUEVARA 2001), que le permiten a las colonias tener mayores oportunidades de asentamiento, incrementando de esta manera la cobertura de coral.

En cuanto a las tallas coralinas, la poca abundancia de reclutas sexuales que se identificaron en las diferentes zonas arrecifales, puede tener influencia sobre la recuperación y supervivencia de *A. palmata*, ya que las poblaciones en crecimiento presentan un mayor número de corales con tallas pequeñas y medianas (JACKSON & HUGHES 1985). Sin embargo, la predominancia de colonias adultas registradas puede permitir un incremento en la dispersión de los Acropóridos, ya que estas colonias invierten la mayor parte de sus recursos en el proceso de reproducción (JACKSON & HUGHES 1985). A su vez, los diámetros promedios registrados en las zonas Este y Oeste fueron similares entre sí, pero el Bajo Arrecifal obtuvo los mayores valores de diámetro, debido a que este sitio solo demostró la presencia de 2 colonias, en donde una de ellas obtuvo medidas superiores a 120 cm de longitud, siendo la colonia de *A. palmata* con mayor tamaño en cayo Sombrero, la cual no evidenció ninguna señal de fragmentación.

TABLA 2. Condición de salud del coral ramificado *Acropora palmata* en los sitios arrecifales de cayo Sombrero, Venezuela. Zona Este (n= 27), Zona Oeste (n= 12) Bajo Arrecifal (n= 2).

Zona Arrecifal	Mortalidad Parcial (%)		Colonias Afectadas (%)					
	Antigua	Reciente	Blanqueamiento	Enfermedad	Damiselas	Algas	Gasterópodos	Sedimento
Zona Este	23,1 ± 22,4	3,1 ± 7,2	29,6P – 18,5PB		29,6	37		44,4
Zona Oeste	26,1 ± 22,3	2,8 ± 6,2	18,1P – 27,2PB		36,3	36,3		545
Bajo Arrecifal	20 ± 14,1	7,5 ± 3,5	50P		50	50		100

P pálido - *PB* parcialmente blanqueado - Media ± desviación estándar

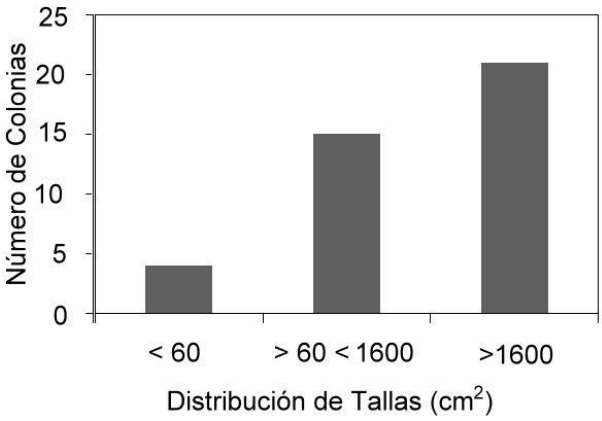


Fig. 2. Clasificación de las colonias de *Acropora palmata* en cayo Sombrero, Venezuela. Adultos (> 1600 cm^2), Juveniles (60 cm^2 y 1600 cm^2) y Reclutas (< 60 cm^2).

Además de las tallas coralinas, la forma de reproducción y distribución de *A. palmata* también pueden afectar el desarrollo de estos corales ramificados. Para ello, los sitios de estudio demostraron un bajo número de colonias fragmentadas, las cuales fueron identificadas en base a las características morfológicas y lugares de establecimiento. A pesar de esta poca abundancia de fragmentos identificados, la propagación asexual sigue siendo considerada como el principal mecanismo de dispersión que tiene la especie y, a diferencia de la reproducción sexual, que es estacional para *A. palmata* (Lirman 2000), la fragmentación puede llevarse a cabo a lo largo del año. Por otro lado, el predominio de colonias sexuales en cayo Sombrero puede permitir la colonización de áreas distantes y la introducción de una mayor diversidad genética (Williams & Miller 2006). Debido a esto, una población óptima debería estar constituida por ambos tipos de colonias, tanto sexuales como asexuales, para así poder lograr una mayor distribución a lo largo de los arrecifes, con la diversidad genética poblacional indispensable.

Adicionalmente, el número y la longitud de ramas obtenidas en las colonias de *A. palmata* están relacionadas con la reproducción de estos corales, en donde Lirman (2000) encuentra que los gametos son producidos por grandes colonias que no han experimentado fragmentación directa por parte de anclas, tormentas u otros factores; esto quiere decir, que la longitud y la condición saludable de las ramas que fueron registradas en cayo Sombrero pueden incrementar la producción de gametos en las zonas evaluadas. Por otro lado, las proto-ramas fueron identificadas en todos los fragmentos de *A. palmata*, ya que las colonias recientemente fragmentadas, al momento de establecerse en el sustrato, generan rápidamente nuevas ramas, lo que les permite tener una mayor recuperación después de sufrir el proceso de fragmentación (Weil *et al*. 2002).

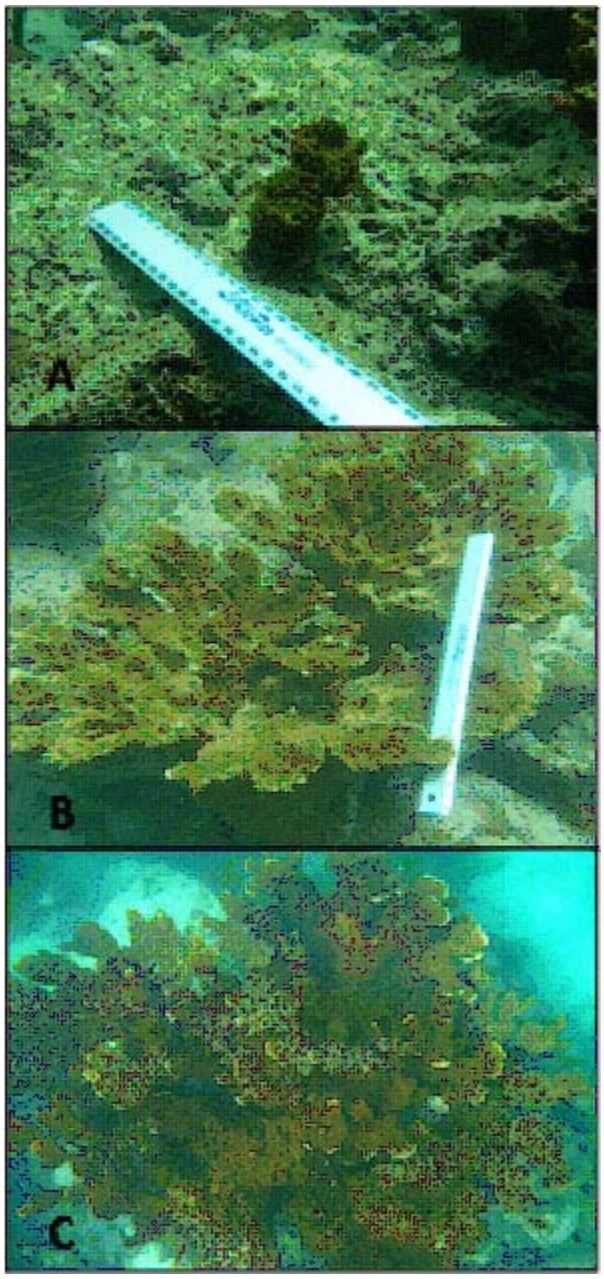


Fig. 3. Colonias de *Acropora palmata* registradas en las diferentes zonas arrecifales de cayo Sombrero, Venezuela. (A) Recluta Sexual (B) Juvenil (C) Adulto.

Por otro lado, la condición saludable que se evidenció en *A. palmata* durante los muestreos, puede ser interpretada como una posible señal de recuperación en estas zonas arrecifales, ya que ciertos reportes como el de WEIL *et al*. (2002) señalan pérdidas entre 80 y 98% de las poblaciones de *A. palmata* a lo largo del Caribe, mencionando que los distintos agentes de mortalidad han sido responsables de incrementar el declive de los Acropóridos. A pesar de la pérdida masiva de corales ramificados, cayo Sombrero presentó bajos porcentajes de mortalidad parcial, en donde la mortalidad antigua fue superior a la mortalidad reciente, indicando que posiblemente los disturbios naturales como las enfermedades y/o blanqueamiento no han estado afectando la comunidad coralina de forma severa, provocando en su lugar una mortalidad acumulada.

Al igual que la mortalidad parcial, el blanqueamiento coralino también afectó las colonias identificadas de cayo Sombrero; sin embargo, el blanqueamiento total y las enfermedades estuvieron ausentes sobre los corales de *A. palmata*, lo cual puede ser considerado como una vía hacia la recuperación de esta especie. Aunado a esto, los depredadores como *C. abbreviata* no estuvieron presentes en las zonas evaluadas; por lo tanto, no hay un impacto potencial en la remoción de tejido coralino por parte de estos gasterópodos sobre las colonias ramificadas. Asimismo, otros agentes de mortalidad fueron observados sobre los corales registrados, en donde la acumulación de sedimento fue una de las principales causas de mortalidad, inhibiendo el asentamiento de larvas coralinas y reduciendo la cantidad de sustrato disponible (LIRMAN 2003). Además de la sedimentación, el sobrecrecimiento de algas, los territorios de peces damiselas y los daños ocasionados por anclas también fueron fuentes comunes de mortalidad en los Acropóridos evaluados, contribuyendo con el amplio declive de *A. palmata* en Venezuela.

La abundancia y condición de las colonias evaluadas en los sitios de estudio dieron evidencia de la supervivencia que ha tenido *A. palmata* en las zonas arrecifales muestreadas, en donde la presencia de algunos impactos naturales y antropogénicos no han disminuido en su totalidad las poblaciones de estos Acropóridos. A su vez, la baja frecuencia de mortalidad registrada indica que las colonias de *A. palmata* presentan un mejor estatus en cayo Sombrero que en otras áreas del Caribe, en donde la especie ha llegado a niveles de mortalidad cercanos al 100 % (CENDALES *et al*. 2002; GARZÓN-FERREIRA & DÍAZ 2002). Sin embargo, cayo Sombrero es una de las principales islas turísticas dentro del PNM; por lo tanto, los factores antropogénicos tienen más influencia sobre este cayo que en otras zonas alrededor del parque. Debido a esta condición, los sitios arrecifales en donde se encuentran ubicadas las colonias de Acropóridos en el PNM deberían ser protegidos para evitar severos impactos antropogénicos.

De esta manera, los resultados señalan que las colonias registradas de *A. palmata* han sobrevivido al declive poblacional ocurrido a lo largo de Venezuela y el Caribe, encontrándose en condiciones saludables, lo cual indica que estas colonias se pueden encontrar en una posible recuperación. A pesar de esto, las tres zonas arrecifales en cayo Sombrero deberían ser monitoreadas, para así identificar los cambios en la condición y estatus de los Acropóridos, al igual que la recuperación o disminución de la especie, tomando en cuenta que los procesos de recuperación sólo se llevan a cabo a largo plazo.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a todo el equipo del Laboratorio BIOMAC de la Universidad de Carabobo, los cuales aportaron los instrumentos, equipos y personal de apoyo que fueron necesarios para la realización de este proyecto. De igual manera, un especial agradecimiento a la Iniciativa de Especies Amenazadas (IEA) por haber provisto el financiamiento que fue indispensable durante la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS

ARONSON, R. & W. PRECHT. 2001. White-band disease and the changing face of Caribbean coral reefs. The ecology and etiology of newly emerging marine diseases. *Hydrobiologica,* 460: 25–38.

BONE, D., F. LOSADA & E. WEIL. 1993. Origin of sedimentation and its effects on the coral communities of a Venezuelan National Park. *Ecotropicos,* 6: 10-21.

BRUCKNER, A. & R. BRUCKNER. 2001. Condition of restored *Acropora palmata* fragments off Mona Island, Puerto Rico, 2 years after the Fortuna Reefer ship

grouding. National Marine Fisheries Service. *Coral Reefs* 20: 235-243.

BONE, D., A. CROQUER & E. KLEIN. 2001. Programa CARICOMP: Monitoreo a largo plazo de los ecosistemas marinos del Parque Nacional Morrocoy, Venezuela. *INCI* 26(10): 457-462.

CENDALES, M. H., S. ZEA & J. M. DÍAZ. 2002. Geomorfología y unidades ecológicas del complejo de arrecifes de las Islas del Rosario e Isla Barú (Mar Caribe, Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 26: 497-510.

CRÓQUER, A. & D. BONE. 2003. Las enfermedades en corales escleractínidos: ¿Un nuevo problema en el arrecife de Cayo Sombrero, Parque Nacional Morrocoy, Venezuela*? Rev. Biol. Trop.* 4: 167-172.

DAHLGREN, E. J. 2002. *Status of Acroporids in the Mexican Atlantic*. In: Bruckner AW (ed) *Proceedings of the Caribbean Acropora workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy* NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, 199 pp.

DÍAZ, H. 1999. Endangered and threatened species, revision of candidate species list under the Endangered Species Act. *Federal Register*, 64(120): 33466- 33467.

GARZÓN-FERREIRA, J. & J. M. DÍAZ. 2002. *Status of Acroporid populations in Colombia*. In: Bruckner AW (ed) *Proceedings of the Caribbean Acropora workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy* NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, USA. 199 pp.

GLADFELTER, W. B. 1982. White Band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull. Mar. Sci*., 32: 639–643.

GREENSTEIN, B. J., H. A CURRAN & J. M. PANDOL. 1998. Shifting ecological baselines and the demise of *Acropora cervicornis* in the western North Atlantic and Caribbean Province: a Pleistocene perspective. *Coral Reefs*, 17: 249-261.

GUZMÁN, H. & C. GUEVARA. 2001. Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: IV. Distribución, estructura y estado de conservación de los arrecifes continentales de Península Valiente. *Rev. Biol. Trop*., 49(1): 53-66.

JACKSON, J. & T. HUGHES. 1985. Adaptive strategies of coral-reef invertebrates. *Am. Sci*. 73: 265-273.

LABOY-NIEVES, E. N., E. KLEIN, J. E. CONDE, F. LOSADA, J. J. CRUZ & D. BONE. 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bull. Mar. Sci*. 68: 163–179.

LIRMAN, D. 2000. Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments. *Mar. Biol. Ecol*. 1: 41-57.

LIRMAN, D. 2003. A simulation model of the population dynamics of the branching coral *Acropora palmata*: Effects of storm intensity and frequency. *Ecol. Model*. 161: 167-180.

NAVAS, G., S. MORENO, O. SOLANO & G. PULIDO. 1998. Ensamblajes arrecifales epilíticos del coral *Acropora palmata* Muerto, Isla Grande, Islas del Rosario, Caribe Colombiano. University of Puerto Rico, Mayaguez. *Carib. J. Sci.* 34(1-2): 58-66.

OLIVER, J. 2005. Endangered and threatened species; proposed threatened status for elkhorn coral and staghorn coral. *Federal Register*. 70(88): 24359-24365.

WEIL, E., E. A. HERNÁNDEZ-DELGADO, A. W. BRUCKNER, A. L. ORTIZ, M. NEMETH & H. RUIZ. 2002. Distribution and status of Acroporid coral (Scleractinia) populations in Puerto Rico. In: Bruckner AW (ed) Proceedings of the Caribbean *Acropora* workshop: potential application of US endangered species act as a conservation strategy NOAA. Technical Memorandum NMFS-OPR-24, Silver Spring, MD, USA. 199 pp.

WILLIAMS, D. & M. MILLER. 2006. Morphology offers no clues to asexual vs. sexual origin of small *Acropora cervicornis* (Scleractinia: Acroporidae) colonies. *Rev. Biol. Trop*. 54(3): 145-151.

Zubillaga, A., C. Bastidas, & A. Cróquer. 2005. High densities of the Elkhorn coral *Acropora palmata* in Cayo de Agua, Archipiélago Los Roques National Park, Venezuela. *Coral Reefs* 24: 86.

Zubillaga, A. L., L. M. Márquez, A. Cróquer & C. Bastidas. 2008. Ecological and genetic data indicate recovery of the endangered coral *Acropora palmata* in Los Roques, Southern Caribbean. *Coral Reefs* 27: 63–72.

Recibido: Julio 2011
Aceptado: Febrero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 75-84 (2012) 3 Fig., 1 Tab.

PHYLOGENETIC RELATIONSHIPS AMONG SPECIES OF *PROTOTHACA* FROM PANAMA BASED ON CYTOCHROME C OXIDASE I (COI) SEQUENCES.

CARLOS RAMOS,[1*] EDGARDO CASTRO-PÉREZ[1], CHANDRIKA RAMADUGU[2], JUAN GÓMEZ[3],

JANZEL VILLALAZ[3] & MIGUEL AVILÉS[4]

[1] *Department of Genetics and Molecular Biology, University of Panama, Panama City, Republic of Panama*

[2] *University of California at Riverside, USA*

[3] *Department of Marine Biology and Limnology, University of Panama, Panama City, Republic of Panama*

[4]*Department of Zoology and Museum of Malacology, University of Panama, Panama City, Republic of Panama*

laito52@yahoo.com

ABSTRACT: The genus *Protothaca* (Bivalvia: Veneridae) represents a commercially important group of clams with a wide distribution in the Pacific coast of America and Asia. According to The Integrated Taxonomic Information System (ITIS), there are nine accepted species (http://www.itis.gov/); nevertheless the number of recognized species varies based on the sources revised. In this study, a molecular approach was used to phylogenetically analyze five species belonging to the genus *Protothaca*. A fragment of 550 bp from the mitochondrial cytochrome oxidase I gene was analyzed from *P. asperrima*, *P. columbiensis*, *P. grata*, *P. mcgyntyi* and *P. jedoensis*. The COI sequences revealed seven haplotypes for *P. asperrima*, four for *P. columbiensis* and two for *P. grata*. Bayesian analysis showed two major well supported clusters consisting of (1) genus-*Protothaca* clade and (2) a clade with rest of the members of Veneridae. All the species of *Protothaca* clustered together with the exception of *P. jedoensis*. Intraspecific genetic differences in *P. asperrima* were very high at 17-18 %; *P. columbiensis* and *P. grata* specimens had differences in the range of 0,18-0.36 % and 0,92 % respectively. Interestingly, *Protothaca asperrima* haplotypes A and H showed the highest level of intraspecific genetic distances. Considering the traditional controversies in classification, the level of COI divergence in *P. asperrima* haplotypes and the differences observed in other genera within the family Veneridae, we propose a revision of the species including elevating the rank of the two distinct clusters of *P. asperrima* to closely related species status.

Key words: Genetic difference, COI, mtDNA, *P. asperrima*, Veneridae.

RESUMEN: El género *Protothaca* (Bivalvia:Veneridae) representa un grupo de almejas comercialmente importantes con una amplia distribución en las costas del Pacífico de América y Asia. De acuerdo con el Sistema Integrado de Información Taxonomica (ITIS), hay nueve especies aceptadas; sin embargo el número de especies reconocidas varía en función de las fuentes revisadas. La taxonomía actual del género se basa en la morfología de la concha y la clasificación sigue siendo controvertida. En este estudio, se utilizó un enfoque molecular para analizar filogenéticamente cinco especies pertenecientes al género *Protothaca*. Se analizó un fragmento de 550 pb del gen mitocondrial de citocromo oxidasa I de *P. asperrima*, *P. columbiensis*, *P. grata*, *P. mcgyntyi* y *P. jedoensis*. Las secuencias de COI revelaron siete haplotipos de *P. asperrima*, cuatro para *P. columbiensis* y dos para *P. grata*. El análisis bayesiano mostró dos grupos principales, bien soportados consistentes en (1) clado del género-*Protothaca* y (2) un clado con el resto de los miembros de Veneridae. Todas las especies de *Protothaca* agruparon juntas con la excepción de *P. jedoensis*. La diferencia genética intraespecífica en P. asperrima fué bastante alta entre 17-18%; Las diferencias entre especímenes de *P. columbiensis* y *P. grata* estuvieron en el rango de 0.18-0.36% y 0.92% respectivamente. Curiosamente, los haplotipos A y H de *Protothaca* asperrima mostraron el nivel más alto de distancias genéticas intraespecífica. Teniendo en cuenta las controversias tradicionales en la clasificación, el nivel de divergencia COI en los haplotipos de *P. asperrima* y las diferencias observadas en otros géneros dentro de la familia Veneridae, proponemos una revisión de las especies, incluyendo la elevación del rango de los dos grupos diferentes de P. asperrima al estatus de especies estrechamente relacionadas.

Palabras clave: Diferencia genética, COI, mtDNA. *P. aspérrima*, Veneridae.

INTRODUCTION

The Veneridae, commonly known as "venus clams", is the most diverse and recent bivalve family, with approximately 170 genera and over 800 extant, presumably valid, species. The most widely used classification of the family Veneridae was proposed by KEEN (1969). The 12 subfamilies recognized by Keen do not reflect genetic relationships and this classification is considered inadequate (CANAPA *et al*. 2003). The family was recently restructured based on morphological and molecular data into 14 nominal subfamilies by MIKKELSEN *et al*. (2006); however the authors underscored the need for revision at lower taxonomic levels. The family is one of the least understood and comprises of poorly defined bivalvian taxa, despite including species of major economic importance in commercial, recreational, and native fisheries (SARTORI *et al*. 2008).

Veneridae classification has been historically controversial in terms of taxon placement because of undue emphasis on morphological characters. Modern phylogenetic studies on other bivalve groups have shown that morphological traits frequently do not support currently accepted classifications (GRAF 2000; LYDEARD *et al*. 2000). The presence of the anterior lateral tooth in the left valve of *Ameghionomya antigua* (venerid), for example, has been used as a criterion to place it in the Venerinae genus *Venus* (FISCHER-PIETTE & VUKADINOVICH 1977) whereas specimens with the missing tooth have been classified as species in the Chioninae genus *Protothaca* (AGUIRRE & FARINATI 2000) or as a subgenus of *Chione* (FRIZZELL 1936). Molecular data based on nuclear and mitochondrial DNA sequences placed the disputed morphotypes into separate clades: Venerinae *s. novo* and Chioninae *s.s.* (KAPPNER & BIELER 2006).

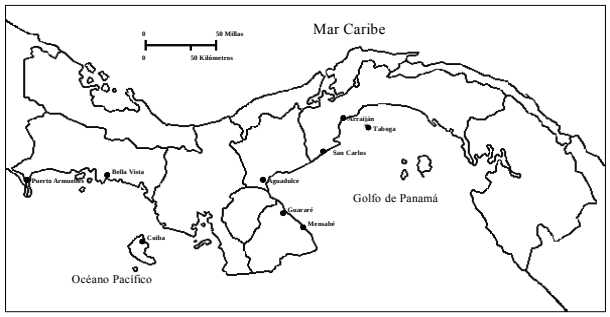


Fig. 1. Map of the Republic of Panama. The collection localities are represented by black dots. The scale map are shown in miles and kilometers.

The genus *Protothaca* (DALL 1902) is included within the subfamily Chioninae, family Veneridae. The genus comprises of validated and invalidated species or species with interim taxonomical status. Although, an increasing number of taxonomic studies on bivalves have been reported based on molecular data, only a few species of the genus *Protothaca* including *P. staminea* and *P. mcgyntyi* (KAPPNER & BIELER 2006) were considered before this study. The genus *Protothaca* occurs mainly in the Pacific and most of the species live along the west coast of America from Baja California to Peru (PALACIOS *et al*. 1986), in Japan and in New Zealand (OLSSON 1961). The genus includes species of economic importance such as *P. staminea* and *P. asperrima*. The latter is harvested by local fishermen for their own consumption or sale at local markets in Costa Rica and Panama (MOFFAT & NICHOL ENGINEERS 2005).

Traditionally different species names and taxonomic status have been assigned to *P. asperrima* sensu SOWERBY (1835). These names include: *Venus asperrima*, *Venus histrionica*, *Venus intersecta* and *Tapes tumida*, (used by SOWERBY 1835, 1853). OLSSON (1961) classified *Nioche* (Nioche) *asperrima asperrima* and *Nioche* (Nioche) *asperrima histrionica* as two subspecies of *P. asperrima*; this situation was changed by KEEN (1971) who classified the subspecies recognized by OLSSON (1961) as a single species. The taxonomic status of *P. asperrima* is similar to many other bivalves and mollusks, separated by some authors and unified by others as a consequence of using only morphological criteria that are not always adequate to resolve lower taxonomical categories (PEEK *et al*. 1997; TAYLOR & GLOVER 2006).

The present study utilized the nucleotide sequence variation of cytochrome oxidase I gene (COI) to analyze the genetic differences in some species of the genus *Protothaca* and to determine the phylogenetic relationships among the genus and among other members of the Veneridae family. COI fragments were sequenced for *P. asperrima*, *P. columbiensis*, *P. grata* and have been deposited in Genbank.

MATERIALS AND METHODS

Samples

The specimens of *Protothaca columbiensis* SOWERBY (1835) *Protothaca grata* SAY (1830) and *Protothaca asperrima* SOWERBY (1835) used in this study were

collected in the Pacific coast of Panamá (Figure 1). The collected specimens were identified using characters described by KEEN (1971), VAUGHT and CUNNINGHAN (1989) and HUBER (2010). The specimens were deposited in the Museum of Malacology of University of Panama (MMUP). The voucher numbers and the collection locations are summarized in Table 1.

DNA Extraction

Total genomic DNA was extracted from adductor muscle according to MEDINA & WALSH (2000). Briefly, approximately 20 mg of adductor muscle tissue was gently homogenized in 700 µL of NET buffer (NaCl 150 mM, EDTA 10 mM, Tris-HCl 10 mM, pH 8.0), containing 1% SDS and 100 µg/mL of proteinase K and incubated at 65°C in a water bath for 2 h. The samples were subjected to two phenol:chloroform (3:1) and one chloroform:isoamyl alcohol (24:1) extractions followed by precipitation with 300 mM sodium acetate and 2.5-3 volumes of absolute ethanol. Genomic DNA was resuspended in TE buffer (10mM Tris-HCl, pH 8.0, 1mM EDTA) and treated with RNase A (50 µg/µL) at 37°C for 1h followed by a chloroform:isoamyl alcohol (24:1) extraction and absolute ethanol precipitation. The precipitated DNA pellet was resuspended in TE buffer and DNA quality was evaluated by 1% agarose electrophoresis using K562 DNA marker as standard (Promega).

TABLE 1. Taxa studied with the corresponding accession number. The location and voucher number are shown. The species which were sequenced in this study are in bold.

Species	Location	Voucher	GenBank accession
1. *Clausinella punctifera*	Cape Verde	FMNH 310503	DQ458477
2. *Venus verrucosa*	France: Paris Fish Market	FMNH 310506	DQ458499
3. *Tawera spissa*	New Zealand	FMNH 310514	DQ458493
4. *Chione subimbricata*	Panama: Pacific	FMNH 310508	DQ458475
5. *Lirophora mariae*	Panama: Pacific	FMNH 310509	DQ458483
6. *Callista chione*	Senegal	FMNH 306218	DQ458473
7. *Macrocallista squalida*	Panama: Pacific	FMNH 310517	DQ458485
8. *Dosinia victoriae*	Australia	FMNH 306202	DQ458479
9. *Katelysia sp.1*	Australia: Fish Market	AMNH 311619	DQ184824
10. *Ruditapes decussatus*	Portugal: Fish Market	FMNH 306189	DQ184830
11. *Protothaca mcgyntyi*	Panama: Pacific	FMNH 310511	DQ458490
12. *Protothaca jedoensis*	China	H.L.Cheng 200505011	DQ399397
13. *Protothaca jedoensis*	China	B.P.Pan,S.P.Zhang Ga1-24	EU118008
14. ***Protothaca asperrima* (A1)**	Arraiján, Panama	MMUP 3504	EU165041
15. ***Protothaca asperrima* (A2)**	Mensabé, Los Santos, Panama	MMUP18516	EU165042
16. ***Protothaca asperrima* (A3)**	Aguadulce, Coclé, Panama	MMUP2101	EU165043
17. ***Protothaca asperrima* (A4)**	Coiba, Veraguas, Panama	MMUP 7306	EU165044
18. ***Protothaca asperrima* (H1)**	Arraiján, Panama	MMUP18355	EU165045
19. ***Protothaca asperrima* (H2)**	Aguadulce, Coclé, Panama	MMUP18047	EU165046
20. ***Protothaca asperrima* (H4)**	Taboga, Panama, Panama	MMUP18385	EU165047
21. ***Protothaca columbiensis* (C1)**	San Carlos, Panama	MMUP25439	EU165048
22. ***Protothaca columbiensis* (C2)**	Guararé, Los Santos, Panama	MMUP24123	EU165049
23. ***Protothaca columbiensis* (C3)**	Bella Vista, Chiriquí, Panama	MMUP24300	EU165050
24. ***Protothaca columbiensis* (C5)**	Arraiján, Panama	MMUP21873	EU165051
25. ***Protothaca grata* (G2)**	Aguadulce, Coclé, Panama	MMUP18165	EU165052
26. ***Protothaca grata* (G4)**	Puerto Armuelles, Chiriquí, Panama	MMUP18002	EU165053

MMUP: Museum of Malacology, University of Panama.

PCR Amplification, Molecular Cloning and Sequencing

PCR amplifications were performed according to the procedure described by BALDWIN *et al*. (1996). The universal COI primers (FOLMER *et al*. 1994) were used to amplify the COI fragment: LCO 1490 (5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3') and HCO 2198 (5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3'). PCR was performed in a total reaction volume of 25µL that consisted of 2.5µL of 10x PCR buffer (Promega), 3.0 µL of $MgCl_2$ (25 mM), 0.25 µL of dNTPs (25mM), 0.6 µL of each primer (45 µM), 0.6 µL of Taq DNA polymerase (5 u/µL), 15.45 µL of nuclease free sterile water and 2.0 µL (~50 ng) of DNA. The PCR conditions consisted of denaturation for 1 minute at 95ºC followed by 35 cycles of 15 s at 94ºC, 1 minute at 54ºC, and 1 minute at 72ºC, with a final extension step of 7 minutes at 72ºC. PCR products of approximately 658 bp were visualized by agarose electrophoresis and purified using the Wizard® PCR Preps DNA Purification System (Promega). Due to difficulties obtaining sequences from direct PCR products, we decided to clone COI fragments into pGEM®-T Easy Vector System kit (Promega). Chemically competent *E. coli* DH5á cells were prepared and transformed cells were plated onto LB agar containing X-gal and IPTG (Sambrook & Russell, 2001). Plasmid DNA prepared from clones were verified using either PCR or digestion with *Eco*RI. Recombinant plasmids were purified using the Wizard® Plus Miniprep DNA Purification System (Promega) and sequenced using M13 primers and BigDye® terminator cycle sequencing ready reaction mix (Applied Biosystems) and run on ABI PRISM® 310 sequencer.

Sequence Alignment and Phylogenetic Analyses

Electropherograms with nucleotide composition for the sequences generated in this study were examined and multiple DNA sequences were assembled into a format useable for phylogenetic analysis using Sequencher 4.7 (Genecodes Corp., Ann Arbor, MI). Sequences with a Phred value of 25 or higher were used for analysis and both strands were sequenced for confirmation. Because the sequences used in the phylogenetic analyses have different lengths, we selected a 550 bp common region of the gene. COI sequences obtained from Genbank for comparisons with the *Protothaca* specimens used in this study are listed in Table 1. The sequences aligned using ClustalW (Thompson *et al*. 1994) were used to construct phylogenetic trees using three different methods. Maximum parsimony and Bayesian analyses were done using PAUP beta 4.0 program (SWOFFORD 2002) and MrBayes program, respectively (RONQUIST & HUELSENBECK 2003). We also used neighbor-joining (NJ) with the Kimura 2-parameter model of substitution (REF) to create an additional tree and calculated the genetic distances comparable with the DNA barcode identification systems (RATNASINGHAM & HEBERT 2007). For maximum parsimony analysis, searches were done using the heuristic search option. Starting trees were obtained via stepwise addition and branch swapping was implemented using the tree-bisection-reconnection (TBR) option. Bayesian Metropolis coupled Markov chain Monte Carlo (MCMCMC) estimation of phylogeny was done using GTR + Ã (nst=6, rates=gamma). Two simultaneous independent runs were performed for a total of 5,000,000 generations to ensure that the MCMCMC had converged on stable log likelihood. Out of 1000 trees generated, 250 were excluded as "burn in". Posterior probabilities equal to and above 95% were considered as significant.

RESULTS

A total of 26 COI sequences from the family Veneridae were analyzed of which 13 were generated in this study. The taxa included members of the subfamilies Venerinae, Chioninae, Pitarinae, Dosiniinae and Tapetinae. With the exception of Dosiniinae at least two species from each subfamily were considered for a total of 15 species corresponding to eleven genera. Each genus was represented by at least one species. Since we are interested in determining intrageneric genetic divergences in *Protothaca*, five species of the genus were included in the study.

Sequence alignment and analysis

Sequences obtained in this study have been deposited in Gen Bank (Accession numbers EU165041-EU165053). The COI alignment for 26 representative sequences contained 550 bp with 317 variable sites, of which 264 were parsimony informative. When multiple individuals produced identical sequences, only one sequence was included in the analysis. An indel of three nucleotides was observed in all *Protothaca* sequences with the exception of *P. jedoensis* when compared with the COI sequences from the others Veneridae members used in this analysis.

COI divergences

KIMURA (1980) two-parameter and p-distances were

calculate from 550 bp COI sequences. A clear stepwise increase was found in intraspecific and interspecific distances. No overlap was found between pairwise intra- and interspecific distances. Distances between some genera overlapped with some interspecific pairwise comparisons. The *P. asperrima* A1 lineage showed a distance of 28% when compared with two different genera *Chione subimbricata* and *Tawera spissa* and 29% with *P. columbiensis*.

Pairwise intraspecific genetic distances in *P. asperrima* were 0 -18 %; 0 % for *P. columbiensis* and 0-1% for *P. grata*. *Protothaca* interspecific genetic distances range from 23-43 %, more than one order of magnitude higher than intraspecific distances.

The COI sequences revealed seven haplotypes for *P. asperrima*, four for *P. columbiensis* and two for *P. grata*. The haplotypes of *P. asperrima* differ by single substitutions in no more than three points. All except one of the substitutions are transitions. The haplotype A3 is characterized by an A-T transversion, which was the only difference that produced an amino acid change (Threonine-Serine). The *P. asperrima* haplotypes were separated into two groups designated by H (for *histrionica*) and A (for *asperrima*). Four single transitions haplotypes were observed in *P. columbiensis* without any change in amino acid sequences. The two haplotypes observed in *P. grata* were represented by three single transitions dispersed at different positions along the COI sequence. The alignment at protein level of these two haplotypes revealed a change in amino acid sequence from serine to lysine.

The genetic distances among genera of Chioninae subfamily ranged from 19-28%. However the observed distance between *P. columbiensis and Chione subimbricata,* representing genera from two different subfamilies (Chioninae and Venerinae) was 24%, exceeding the distance value observed for different genera from Chioninae subfamily.

Phylogenetic Analysis

Phylogeny trees were constructed using Parsimony, Bayesian and Neighbor-Joining approaches. *Callista chione,* a member of subfamily Pitarinae, was chosen as an outgroup based on the results of phylogenetic analyses of Veneroidea (Mikkelsen *et al*. 2006). Parsimony analysis resulted in a tree with 1185 steps and a consistency index of 0,4353 (data not shown). The three methods used generated congruent results since the tree topologies were similar. The Bayesian tree (Figure 2) shows two major clades: a *Protothaca* clade and a clade comprising other Veneridae species included in the study. All *Protothaca* species grouped together with highly supported branches with the exception of *P. jedoensis* sequence (DQ399397), which grouped with other Veneridae genera. Within the *Protothaca* clade, there is a subclade consisting of *P. mcgyntyi* and *P. asperrima* and another clade including specimens of *P. columbiensis, P. jedoensis* (EU118008) and *P. grata*. Specimens of *Protothaca asperrima* Sowerby (1835) formed two subgroups within this subclade.

The second major clade consisted of the species *Clausinella punctigera*, *Venus verrucosa*, *Chione subimbrincata*, *Lirophora mariae*, *Tawera spissa*, *Dosinia victoriae*, *Katelysi*a sp. and *Ruditapes decussatus*. Within this clade the species from each subfamily usually group together.

DISCUSSION

Cytochrome C Oxidase I (COI), the genetic marker proposed for DNA barcoding, has been used to determine phylogenetic relationship among bivalves because it is a fast evolving mitochondrial gene and it has been successfully used in mollusk systematics and provides resolution from family to subspecies level (Kappner & Bieler 2006; Wood *et al*. 2007; Hare & Weinberg 2005; Canapa *et al*. 2003; Matsumoto 2003). We used sequence divergence based on COI to clarify the controversial taxonomy of *P. asperrima* and to determine the phylogenetic relationships among members of this genus with other genera from the Veneridae family.

The phylogenetic analyses showed a tendency of members from the same subfamily to cluster together with some exceptions. Some taxa including *L. mariae* and *C. subimbricata* that are expected to group with the Chioninae subfamily clustered in a separated clade with Venerinae and others subfamilies. However, the clade support values for these clusters were relatively lower than others branches in both, Bayesian and Maximum Parsimony trees.

Phylogenetic analyses based on Bayesian inference showed two major clades with well-supported bootstrap

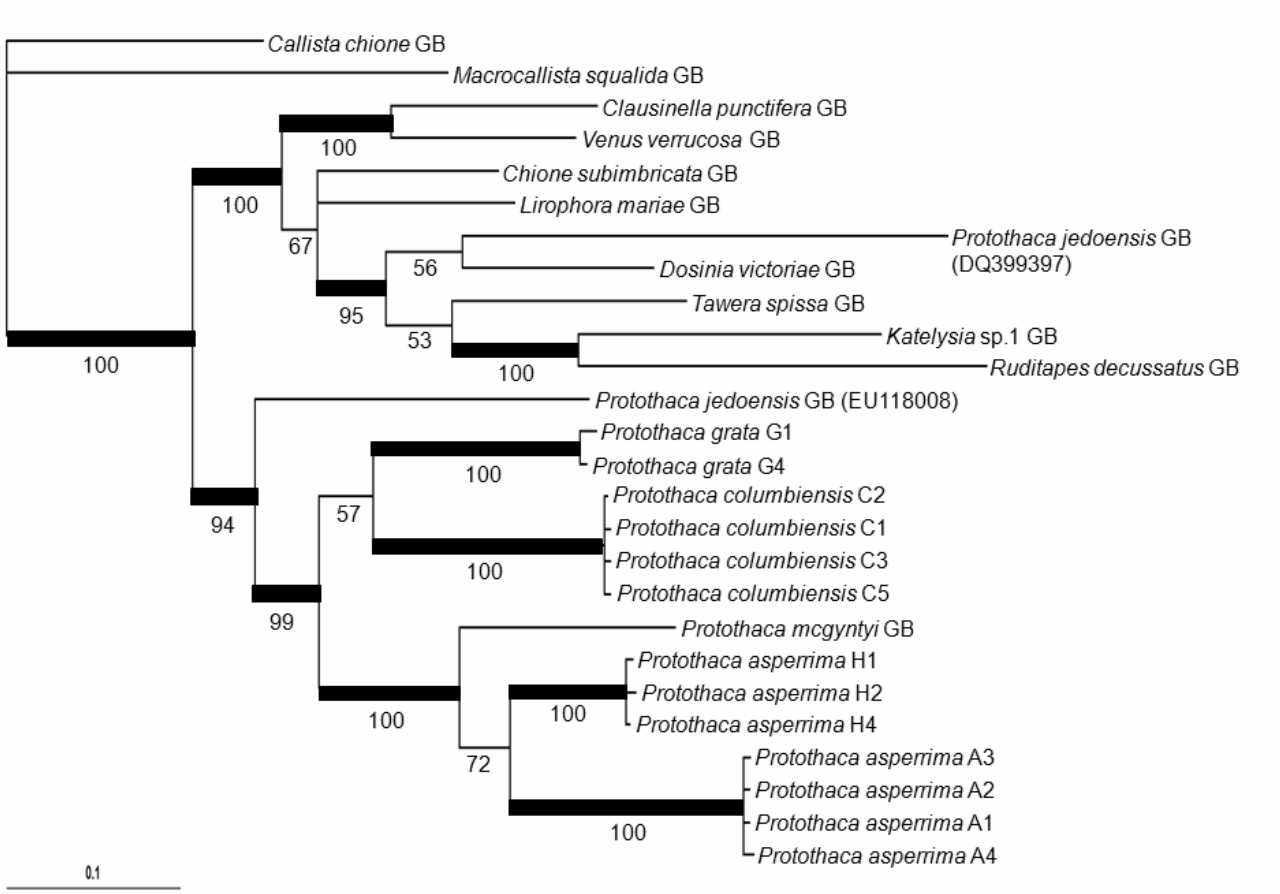


Fig. 2. Bayesian tree analyzed using 5 million generations. Clade support values of 80 and above are shown. Clades with more than 95% support values are indicated with a solid line. GB = Sequences downloaded from GenBank.

values. The first clade comprised members of subfamilies Venerinae, Tapetinae, Dosiniinae and Chioninae. The other clade includes only species belonging to the genus Protothaca, subfamily Chioninae (Figure 2).

Specimens included in the *P. asperrima* group formed two well supported clades in trees constructed using different methods clearly indicating a distinction between haplotypes A and H. In contrast, *P. columbiensis* and *P. grata* individuals did not show multiple clusters within the species. Our finding that *P. asperrima* haplotypes H clustered separately from *P. asperrima* haplotypes A is more in agreement with OLSSON (1961), who recognized two *P. asperrima* subspecies based on anatomical conchological data, than with the classification proposed by KEEN (1971). Olsson considered shell color differences and some variations in the ribs as morphological criteria for the separation (Figure 3).

Based on shell characteristic OLSON (1961) distinguishes two *P. asperrima* subspecies: *P. asperrima asperrima* and *P. asperrima histrionica*. The shell in *P. asperrima asperrima* is either chalky white or sometimes irregularly blotched with brown color, while *P. asperrima histrionica* has a ground color usually white, with three or more, discontinuous, radial rows of brown or finger-like markings. The shell in *P. asperrima asperrima* is subcircular to subovate, generally coarse, moderately convex, sculptured by rather coarse, rasplike radial costae but in *P. asperrima histrionica* the shell is usually smaller, ovate to oblong, plump and solid. The average length is seldom over 45 mm. The costal intervals in *P. asperrima*

asperrima are deep, narrow grooves. Both the costals and their intervals are crossed by strong, corded concentrics producing a pattern like that of a coarse lattice. The sculpture in *P. asperrima histrionica* is produced by small, cordlike costae crossed by evenly spaced, raised, corded concentrics producing a finely reticulated pattern.

The specimens with A haplotype exhibited the typical morphological characteristics of *P. asperrima asperrima* and the specimens with H haplotype, the morphological characters of *P. asperrima histrionica*. These results indicate a clear correspondence between morphological and genetic differences at least in *P. asperrima*.

The magnitude of divergence found between *P. asperrima* A and H haplotypes is out of the range reported for intraspecific COI divergence. The genetic distances between *P. asperrima* haplotypes A and H was considerably higher (17-18 %) than expected for marine bivalves COI haplotypes. There are no reports of this magnitude of divergence at intraspecific level for COI in bivalves. For example, sequence divergence between COI haplotypes of pearl oyster *Pinctada mazatlantica* was estimated to be 0,12-1,3 % (ARNAUD *et al*. 2000). BALDWIN *et al*. (1996) reported genetic distances of 0,65 % for COI sequences in two varieties of *Dreissena bugensis*.

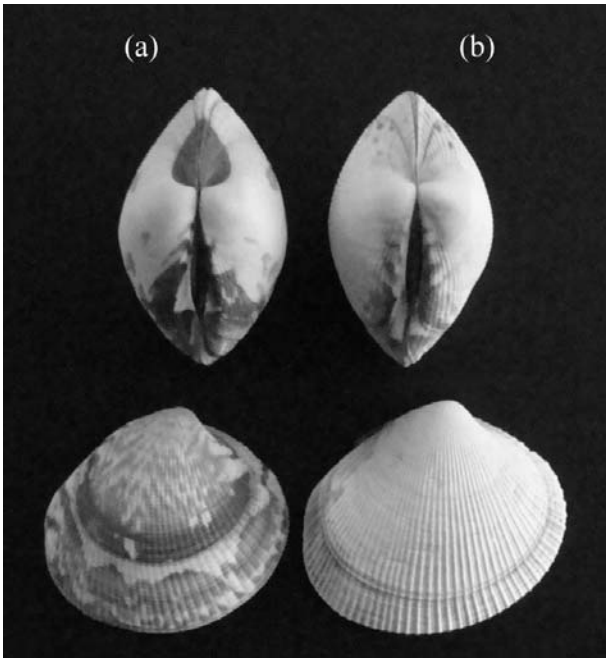


Fig. 3: (a) *Protothaca histrionica* SOWERBY, 1835; (b) *Protothaca asperrima* (SOWERBY, 1835)

The levels of intraspecific COI divergence in *P. columbiensis* and *P. grata* in this study were 0,1 and 1 %, respectively. The genetic distances between *P. asperrima* haplotypes are two orders of magnitude higher than the observed among other species of *Protothaca*. Although we have no reports of such level of COI divergence in bivalves it is important to mention that ROMERO & RAMÍREZ (2011) found 18 % of divergence for COI sequences on haplotypes of *Systrophia helicycloides*, a terrestrial gastropod.

Interestingly, the percentage of difference obtained as a complement of percentage of similarity using BOLD engine (www.barcodinglife.org) for some species from Chioninae (*Chione fasciata* vs *C. punctifera, Lirophora paphia* vs *L. mariae, Placamen berryi* vs *P. flindersi*); Dosiniinae (*Dosinia victoriae* vs *Dosinia* sp.1); Tapetinae (*Katelysi rhytiphora* vs *K. scarlina*) and Venerinae (*Venus casina* vs *V. verrucosa*) subfamilies ranged between 12-17 %, very similar to the range observed for *P. asperrima* haplotypes.

The range of genetic variation observed in *Protothaca* species was considerably high. BALDWIN *et al*. (1996) found that interspecific genetic distances between *Dreissena bugensis* and *D. polymorpha* ranged from 16-17%. Similar results were reported by KOJIMA *et al*. (1995) in three *Calyptogena* species with COI distances ranging from 10-17%.

Pairwise comparisons between *P. jedoensis* (DQ399397) with any of the *Protothaca* species included in this study range from 30 to 43%; a value that notably exceeds the differences found in other pairwise comparisons among *Protothaca* species (17-29%) and, in some cases, higher than certain intergeneric comparisons.

Surprisingly, the two *P. jedoensis* COI sequences (EU118008 and DQ399397), were separated in two different clades. *P. jedoensis* (DQ399397) clustered -in all trees- in a clade separate from the *Protothaca* clade (data not shown). *P. jedoensis* (DQ399397) grouped with a species of the subfamily Venerinae (*Tawera spissa*) in Parsimony and NJ trees and with a species of the subfamily Dosiniinae (*Dosinia victoriae*) in the Bayesian tree. When we used the identification engine from BOLD Systems and Blast search for the *P. jedoensis* COI sequence (DQ399397), the output showed 100 % of specimen similarity with *Mactra veneriformis* (Mactridae) but not with *Protothaca jedoensis* (EU118008) as we would expect.

When we performed a Blast search using EU118008 (which corresponds to another COI sequence from *P. jedoensis* in Genbank), some homology was observed with *Clausinella isabellina*, a member of the same subfamily (Chioninae) as *P. jedoensis*. The discrepancy among the only two *P. jedoensis* sequences deposited in the Genbank and the significant homology of *P. jedoensis* EU118008 sequence with members of the same subfamily could imply that the DQ399397 sequence does not correspond to an individual of this species.

There is no clear relationship in Pairwise comparisons among genetic and geographical distances in *P. asperrima* haplotypes. In some cases the larger distances corresponding to genetic distances slightly higher than the genetic distances observed in haplotypes separated by short distances such as A1-A3 and A1-A4. But in others cases such as H1-H4 and H2-H4, both have the same genetic distances in spite of which geographical distance in H1-H4 is 20 kilometers apart and H2-H4 is 120 kilometers. This inconsistency could be explained on the basis of complexity of marine environments and mobility of marine species in different developmental phases (ZHAN *et at*. 2009).

Considering the traditional classification controversies in some members of genus, the level of COI divergence in *P. asperrima* haplotypes and the data obtained from reproductive studies showing two reproductive peacks (PALACIOS *et al*. 1986; LÓPEZ *et al*. 2005), we propose a revision of the taxonomical status of species belonging to the genus *Protothaca* .

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank to NÉSTOR GARCÍA and JULIO CASTILLO for their help during sample processing. This research was partially supported by research laboratories administrated by the University of Panama.

REFERENCES

AGUIRRE, M. L. & E. A FARINATI. 2000. Moluscos del cuaternario marino de la Argentina. *Bol. Acad. Nac. Cien.* 64: 235–333.

ARNAUD, S., M. MONTEFORTE, N. GALTIER, F. BONHOMME & F. BLANC. 2000. Population structure and genetic variability of pearl oyster *Pinctada mazatlanica* along Pacific coasts from Mexico to Panama. *Cons. Gen.* 1: 299-307.

BALDWIN, B. S., M. BLACK, O. SANJUR, R. GUSTAFSON, R.A. LUTZ & R.C. VRIJENHOEK. 1996. A diagnostic molecular marker for zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and potentially co-occurring bivalves: mitochondrial DNA COI. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 5(1): 9-14.

CANAPA, A., S. SCHIAPARELLI, I. MAROTA & BARUCCA, M. 2003. Molecular data from the 16S rRNA gene for the phylogeny of Veneridae (Mollusca: Bivalvia). *Mar. Biol.* 142: 1125–1130.

FISCHER-PIETTE, É. & D. VUKADINOVICH, D. 1977. Suite des révision des Veneri-dae (Moll. Lamellibr.) Chioninae, Samaranginae et complément aux Vénus. *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat. A Zool*. Paris 106: 1–186.

FOLMER, O., M. BLACK, W. HOEH, R. LUTZ & R. VRIJENHOEK. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial citochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 3: 294-299.

FRIZZELL, D. L. 1936. Preliminary reclassification of veneracean pelecypods. *Bull. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique* 12: 1–84.

GRAF, D. L. 2000. The Etheroidea revisited: a phylogenetic analysis of hyriid relationships (Mollusca: Bivalvia: Paleoheterodonta: Unionoida). *Occas. Papers Mus. Zool. Uni. Michigan* 729: 1–21.

HARE, M. P. & J. R. WEINBERG. 2005. Phylogeography of surfclams, *Spisula solidissima*, in the western North Atlantic based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Mar. Biol.* 146: 707–716.

HUBER, M. 2010. *Compendium of Bivalves*. ConchBooks, Hackenheim, Alemania. 901 pp.

KAPPNER, I. & R. BIELER. 2006. Phylogeny of venus clams (Bivalvia: Venerinae) as inferred from nuclear and mitochondrial gene sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 40: 317–331.

KEEN, A.M., 1969. Superfamily Veneracea. In: L.R. Cox, N. D, Newell, D.W.Boyd, C.C. Branson, R.Casey, A.

Chavan, A. H. Coogan, C. Dechaseaux, C. A. Fleming, F. Haas, L. G. Hertlein, E. G. Kauffman, A. M. Keen, A. Larocque, A. L. McAlester, R. C. Moore, C.P. Nuttall, B. F. Perkins, H. S. Puri, L. A. Smith, T. Soot-Ryen, H. B. Stenzel, E. R. Trueman, R. D. Turner, J. Weir, eds. *Part N [Bivalvia], Molusca 6,* Vol.2. *Treatise on invertebrate paleontology*. Geological Society of America and University of Kansas, N670-N690 Lawrence, Kansas.

_____. 1971. *Sea Shell of Tropical West America*. Stanford University Press, California. USA. 1064 pp.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.* 16: 111–120.

Kojima, S., T. Kobayashi, J. Hashimoto & S. Ohta S. 1995. RFLP analysis of the mitochondrial gene cytochrome oxidase I (COI) of three species of the genus *Calyptogena* around Japan. *J. Oceanogr.* 51: 257-259.

Lopez, I., I. G. Luna, A. Gutierrez, & J. Villalaz. 2005. Ciclo reproductivo de la almeja blanca *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) en playa Bique, Arraijan. *Tecnociencia*, 7 (1): 43-53.

Lydeard, C., R. L. Minton, & J. D. Williams. 2000. Prodigious polyphyly in imperiled freshwater pearly-mussels (Bivalvia: Unionidae): a phylogenetic test of species and generic designations. In: *The Evolutionary Biology of the Bivalvia*. E. M. Harper, J. D. Taylor; J. A Crame, (eds). Geological Society London 145-158.

Matsumoto, M. 2003. Phylogenetic analysis of the subclass Pteriomorphia (Bivalvia) from tDNACOI sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 27: 429–440.

Medina, M. & P. J. Walsh. 2000. Molecular systematics of the order Anaspidea based on mitochondrial DNA sequence (12S, 16S and COI). *Mol. Phylogenet. Evol.* 15 (1): 41-58.

Mikkelsen, P. M., R. Bieler, I. Kappner & T. A. Rawlings. 2006. Phylogeny of Veneroidea (Mollusca: Bivalvia) based on morphology and molecules. *Zool. J. Linn. Soc*., 148: 439–521.

Moffatt & Nichol Engineers. 2005. Feasibility study of Palo Seco/Farfan Land Reclamation to develop a Port Facility. *Tech. Rept.* Autoridad del Canal de Panamá, Contract CMC-146911. http://www.pancanal.com/esp/plan/estudios/0273-02.pdf.

Olsson, A. A. 1961. *Molluscs of the tropical Eastern Pacific Particulary from the Southern of the Panamic Pacific faunal province (Panama to Peru)*. Paleontological Research Inst. Ithaca, New York, USA. 574.

Palacios, J. A., J. A. Rodríguez., R. A. Cruz & J. Bolaños. 1986. Estudio de la biología de *Protothaca asperrima* (Pelecypoda: Veneridae), Ciclo reproductivo. *Brenesia*, 25-26: 23-32.

Peek. A. S., R. G. Gustafson, R. A. Lutz & R. C. Vrijenhoek. 1997. Evolutionary relationships of deep-sea hydrothermal vent and cold-water seep clams (bivalvia: Vesicomyidae): results from cytochrome oxidase subunit I. *Mar. Biol.* 130: 151-161.

Ratnasingham, S. & P. Hebert. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). *Mol. Ecol. Notes* 7: 355-364.

Romero, P. & R. Ramírez. 2011. Divergencia intraespecífica y código de barras de ADN en *Systrophia helicycloides* (Gasteropoda, Scolondontidae). *Rev. Per. Biol*. 18 (2): 201-208.

Ronquist, F. & J. P. Huelsenbeck. 2003. Mr. Bayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19 (12): 1572–1574.

Sambrook, J. & D. Russell. 2001. *Molecular cloning: A laboratory manual*. Harbor Laboratory Press Cold Spring New York. USA. 2344 pp.

Sartori, A. F., C. Printrakoon, P. M. Mikkelsen & R. Bieler. 2008. Siphonal structure in Veneridae (Bivalvia: Heterodonta) with an assessment of its phylogenetic application and a review of venerids of the gulf of Thailand. *Raffles Bull. Zool.* 18:103-125.

Swofford, D. L. 2002. PAUP Phylogenetic analysis using Parsimony (and others methods) version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachussetts.

TAYLOR, J. D. & E. A. GLOVER. 2006. Lucinidae (Bivalvia) – the most diverse group of chemosymbiotic molluscs. *Zool. J. Linn. Soc.* 148: 421–438.

THOMPSON, J. D., D. G. HIGGINS & T. G. GIBSON. 1994. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res*. 22: 4673–4680.

VAUGHT, K. C. 1989. *A classification of the living mollusca*. American Malacologist Inc. Melbourne, Florida, USA. 195 pp.

WOOD, A. R., S. APTE, E. S. MACAVOY & J. P. A. GARDNER. 2007. A molecular phylogeny of the marine mussel genus *Perna* (Bivalvia: Mytilidae) based on nuclear (ITS1&2) and mitochondrial (COI) DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 44:685-69.

ZHAN, A., J. HU, X. HU, Z. ZHOU, M. HUI, S. WANG,W. PENG, M. WANG & Z. BAO. 2009. Fine-Scale population genetics structure of Zhikong scallop (*Chlamys farreri*): Do local marine currents drive geographical differentiation? *Mar. Biotechnol*. 11: 223-235.

RECIBIDO: Noviembre 2011
ACEPTADO: Mayo 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 85-91 (2012) 5 Fig.

PARAMETROS DE CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE *TIVELA MACTROIDES* (VENERIDAE) EN LA ENSENADA LA GUARDIA, ISLA DE MARGARITA, VENEZUELA

ROBERTA CRESCINI[1], WILLIAM VILLALBA[1], ANTULIO PRIETO[2] & RONY LEIVA[1]

[1] *Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Universidad de Oriente, isla de Margarita, Venezuela.*

[2]*Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela.*

robertacrescini@gmail.com

RESUMEN: El guacuco *Tivela mactroides* es muy abundante en playas arenosas de algunas costas del nororiente de Venezuela, donde es sometido a una explotación artesanal libre. En vista de la importancia ecológica y económica de este recurso y la extracción del mismo, en la presente investigación se evaluaron los parámetros de crecimiento en longitud y la mortalidad a partir de frecuencias de tallas en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo mayo 2006-abril 2007. Para ello, se ubicaron tres transectos perpendiculares a lo largo de la playa. Las muestras fueron obtenidas utilizando un nucleador de 13 cm de diámetro hasta una distancia de 50 m de la costa. En el laboratorio se midió la longitud total en mm y el peso seco total en gramos. *T. mactroides* presentó un amplio intervalo de tallas con un intervalo de 2 a 36 mm. Los parámetros de crecimiento estimados en la ecuación de von Bertalanffy fueron los siguientes: $L\infty$ = 35,3 mm, K = 1,33 año con un estimado de longevidad de 2,2 años. La mortalidad natural fue de 0,82/año mientras que la tasa de mortalidad total fue de Z= 6,07/año, probablemente debida a variaciones de los factores ambientales y a la depredación. Se recomienda realizar otras investigaciones que aporten información para la administración de este recurso pesquero.

Palabras claves: *Tivela mactroides,* crecimiento, mortalidad, La Guardia, Venezuela.

ABSTRACT: The trigonal cockle, *Tivela mactroides*, abounds in the sandy beaches of some coasts of northeastern Venezuela, where it is actively and freely exploited. Given the ecological and economic importance of this resource, this research evaluated the growth parameters for length and mortality as expounded from size-frequency distribution data in La Guardia Bay, Island of Margarita, during the period May 2006-April 2007. Three transects were laid perpendicularly to the coastline, and samples were collected by means of a 13-cm corer up to a distance of 50 m off the shore. Once in the laboratory, cockle total length in mm and dry weight in grams were recorded. The length ranged from 2 to 36 mm. Growth parameters as calculated by applying von Bertalanffy Equation were as follows: $L\infty$ =35.3 mm, K=1.33 years with a longevity estimate of 2.2 years. Natural mortality was 0.82/year and the total mortality rate was Z=6.07/year, probably due to variation of environmental factors and predation. It is recommended that further investigation be undertaken to make the best of this important fisheries resource.

Key words: *Tivela mactroides,* growth, mortality, La Guardia, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, muchas especies de bivalvos sustentan una creciente actividad de explotación y comercialización por constituir una fuente de alto valor nutritivo (RAMÍREZ 1993). En Venezuela destacan en importancia el mejillón *Perna perna* (LINNAEUS 1758), la ostra de mangle *Cassostrea rhizophorae* (SWAINSON 1833), la ostra perla *Pinctada imbricata* RÖDING 1798, la pepitona *Arca zebra* GUILDING 1818, la vieira *Euvola ziczac* (LINNAEUS 1758), el chipichipi *Donax denticulatus* y el guacuco *Tivela mactroides* (BORN 1778) (GÓMEZ 1999).

El guacuco *T. mactroides* (Born 1778) (Bivalvia: Venereidae) es un habitante de las zonas intermareales y sublitorales someras de playas arenosas y arenofangosas, muy abundante en algunas playas del nororiente de Venezuela (ETCHEVERS 1976), donde forma comunidades de baja diversidad especifica (PRIETO 1983) y es sometido a una explotación artesanal libre, atendiendo solamente al requerimiento del mercado de consumo (TATÁ & PRIETO 1991), alcanzando una producción aproximada de 250 t año^{-1}, aunque las estadísticas oficiales subestiman

considerablemente las capturas por no ser una pesquería eficientemente organizada. En Venezuela, NOVOA *et al.* (1998) señalan que las principales capturas provienen de los estados Sucre (51%), Nueva Esparta (29%) y Zulia (4%).

Sobre la especie se han realizado estudios que reflejan su importancia en las cadenas tróficas de playas arenosas de alta energía, presentes en algunos ecosistemas costeros (PRIETO 1983), además de la alta biomasa y producción secundaria en playas del estado Sucre (TATÁ & PRIETO 1991). Investigaciones sobre la dinámica de población de *T. mactroides* se realizaron en Barlovento, estado Miranda (BRITO 1984) y en la ensenada de La Guardia, estado Nueva Esparta (MENDOZA & MARCANO 2000). ETCHEVERS (1976) analizó la dispersión espacial y los factores ambientales que determinan su abundancia en playas de la isla de Margarita. Sobre aspectos reproductivos de la especie, existen estudios realizados en playa Guiria, Venezuela (PRIETO 1983), y en la ensenada de Caraguatatuba, Sao Paulo, Brasil (MARQUES 2004), que indicaron que la especie presenta desoves con rápida recuperación gonadal.

En vista de la importancia ecológica y económica y dada la abundancia del recurso, se consideró necesario evaluar aspectos de la dinámica poblacional del guacuco, estimando los parámetros de crecimiento en longitud y la mortalidad, en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela, con el fin de comparar los resultados con trabajos previos y contribuir con el conocimiento del ciclo biológico de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo

La Ensenada la Guardia se localiza geográficamente en la parte norte de la isla de Margarita, entre los 11° 00´00´´ Lat. N y 64° 00´ 16´´ Long. W, en su extremo occidental (El Saco), y los 11° 3´ 15´´ Lat. N y 64° 12´21´´ Long. W. en el extremo oriental (La Guardia). Está formada por una barra arenosa de 23 km de longitud que une a la población de La Guardia con la península de Macanao (Fig. 1). En algunas épocas del año esta barra se interrumpe, debido a la acción erosionadora del agua cuando el mar está agitado (MARCANO *et al*. 2003).

Los muestreos se realizaron mensualmente, desde mayo de 2006 hasta abril de 2007. La recolección de los organismos se realizó en tres zonas de La ensenada de la Guardia, utilizando un transecto lineal de 50 m de longitud perpendicular a la línea de costa, a partir de la línea de marea, con separación cada 10 m. Se tomaron muestras, en cada división, empleando un nucleador de 25 cm de altura y 13 cm de diámetro y las muestras recolectadas fueron pasadas por una malla con abertura de 5 mm y preservadas hasta su procesamiento.

Relación talla peso, estructura de talla e índice de condición

A los individuos recolectados se le determinó la longitud antero-posterior (Lt, mm) utilizando un vernier de 0,01 mm de apreciación y el peso seco total (g) se obtuvo secando los ejemplares en una estufa (80° C/72 h) y pesándolos posteriormente con una balanza analítica. La relación entre la longitud y el peso se analizó empleando la ecuación $P = aL^b$. La estructura de tallas de la población se analizó elaborando histogramas mensuales, agrupando los datos en margenes de longitudes de 2 mm. Con los datos biométricos, se determinó el índice de condición Kn = Ps/Pf x 100 (HICKMAN & ILLINGWORTH 1980); donde Ps = peso seco del tejido somático y Pf = Peso seco total.

Crecimiento y mortalidad

El crecimiento en longitud se determinó por el modelo no estacional de von Bertalanffy según la ecuación $Lt = L\infty[1 - \exp -K(t - t_0)]$, donde $L\infty$ es la longitud asintótica, K es el coeficiente de crecimiento y t_0 la edad a la cual la longitud es cero, aplicando previamente el método de BHATTACHARYA (1967) para la descomposición gráfica de los grupos modales, suponiendo normalidad de los datos, y posteriormente se empleó el método de Fabens para la estimación de parámetros de crecimiento mediante

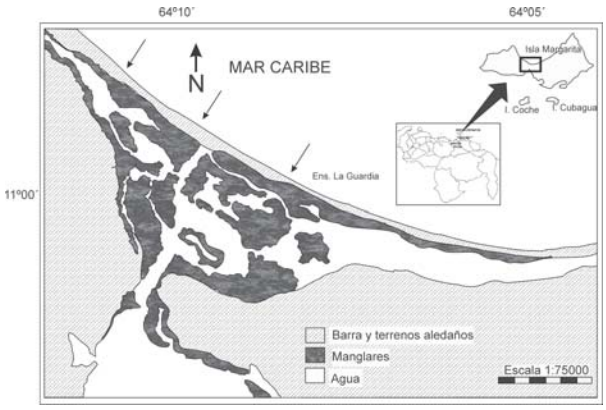


Fig. 1. Ubicación aproximada de las tres zonas muestreadas en el área de estudio de la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela.

progresiones modales, utilizando el programa FISAT (Gayanilo *et al*. 1996). La mortalidad total fue estimada a partir de la curva de captura linealizada con los datos de composición por tallas (Sparre & Venema 1997) y mientras que la mortalidad natural fue calculada utilizando la ecuación ln (Z) = a + b ln(t_{max}) (Hoening 1983) donde t_{max} es la longevidad máxima. En cada muestreo se determinó la temperatura con un termómetro de mercurio (± 0,5° C) y la salinidad con un salinómetro de inducción DIGI-AUTO (T.S.K) Tsurumi Seiki Modelo 3-G.

RESULTADOS

Relación talla peso, estructura de tallas e índice de condición

Durante el año de muestreo se colectaron 1997 individuos de *T. mactroides* en la ensenada La Guardia, el mayor número se obtuvo en mayo y septiembre (220 ind.) y el menor en febrero (96 ind.). El bivalvo más pequeño midió 2 mm y el más grande midió 37,6 mm de longitud. La relación entre la longitud total del animal (Lt) y el peso total (Pt) estuvo representada por la ecuación $Pt = 0{,}0037L^{2{,}1812}$ (r = 0,73) (Fig. 2), indicando un crecimiento alométrico minorante. La población mostró una distribución unimodal en la mayoría de los meses, con un intervalo de tallas comprendidas entre 2 - 36 mm de longitud total, donde el mayor número de ejemplares correspondió al intervalo de 20-26 mm mientras que fueron escasos los organismos con una talla inferior a 10 mm y superior a 30 mm, y solo se observaron pequeñas modas secundarias en agosto, septiembre 2006 y en abril 2007 (Fig. 3). El pico modal observado en todos los meses, entre 22-24 mm de Lt, indicaría que existe un reclutamiento continuo durante todo el año. El índice de condición mensual (IC) presentó su valor máximo en octubre 2006 (114±67,57%) y el mínimo en mayo 2006 (96,75±19,81%), observándose un incremento desde mayo hasta octubre 2006, y fuertes decrecimientos entre octubre-diciembre 2006 y marzo-abril 2007, relacionados probablemente con los cambios fisiológicos de la especie (Fig. 4). La temperatura presentó los menores valores para el mes de enero (26,5° C) y los mayores valores para el mes de octubre (31,3° C), mientras que la salinidad presentó el menor valor para mayo (36,02%) y el mayor para diciembre (36,88%).

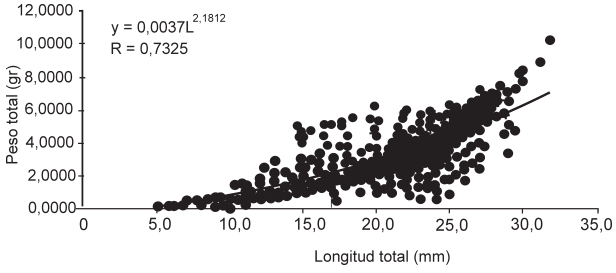


Fig. 2. Relación longitud (mm) - peso total (g) en el guacuco *Tivela mactroides* colectados desde mayo 2006 – abril 2007, en la Ensenada de La Guardia, isla de Margarita, Venezuela.

Crecimiento y mortalidad

Los parámetros de crecimiento no estacional, para *T. mactroides*, determinados a partir de distribuciones de frecuencia de tallas agrupadas en clases de 2 mm de longitud total, permitieron obtener los siguientes valores: $L\infty = 35{,}3$ mm y K = 1,33 año. De acuerdo a esto, la expresión de final del crecimiento se puede representar por la siguiente ecuación: $Lt = 35{,}3\,[1 - \exp^{-1{,}33\,(t-0{,}43)}]$, donde el animal alcanza su talla comercial reglamentaria de 21 mm (talla reglamentaria establecida en la resolución MAC – 488 del 31/10/1989) aproximadamente a los 7 meses de vida, estimándose una longevidad máxima de 2,2 años. La mortalidad natural está representada por la ecuación Ln (Z) = 1,23 + (-0,832)*Ln (2,2) que arrojó un valor de M= 1,78/año, mientras que la mortalidad total calculada a partir de la curva de captura linealizada se representó por la ecuación $\ln (N/\Delta t) = 13{,}954 - 6{,}07t$, donde Z= 6,07/año (Fig. 5).

DISCUSION

Los resultados obtenidos indican que *T. mactroides* de la Ensenada La Guardia se encuentra distribuido en un intervalo de tallas comprendidas entre los 2 y 36 mm de longitud total, donde el mayor número de individuos correspondió con la clase de 24-26 mm, siendo estos valores semejantes a los obtenidos por Mendoza & Marcano (2000) para la misma área de estudio, y a los obtenidos en Playa Güiria (Tatá & Prieto, 1991), Caimare Chico y Caño Sagua (Godoy, 1997), y playa Caicara (Arrieche & Prieto, 2006), donde el guacuco estuvo distribuido en un intervalo de tallas comprendido entre los 10 y 40 mm, con las mayores cantidades en los intervalos de 20-26 mm. Además, Marcano (1993) indicó que la mayor cantidad de individuos observados en la talla comercial de 21 mm, mostradas por las poblaciones de *T. mactroides* en Venezuela, probablemente sea producto de la explotación pesquera y de causas naturales por mortalidad, depredación y competencia.

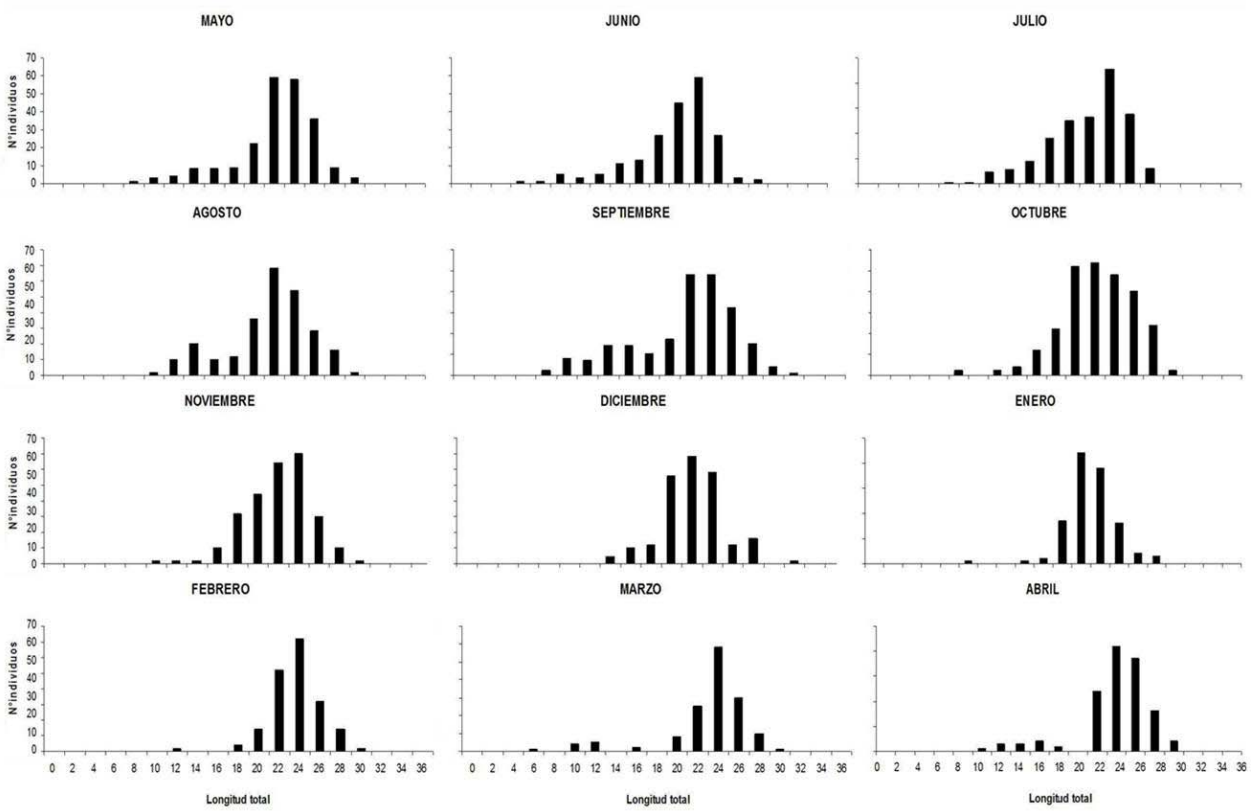


Fig. 3. Distribución mensual de frecuencia de longitud total (en mm) en *Tivela mactroides* desde mayo 2006 hasta abril 2007.

Las tallas juveniles (<10 mm) fueron muy escasas durante todo el periodo de muestreo. Sin embargo, en la mayoría de los meses se observó una continua incorporación de individuos jóvenes a la población, con un intervalo de talla de 10-16 mm, a excepción de febrero y marzo 2007.

Aun cuando es difícil determinar el reclutamiento en bivalvos de aguas tropicales, los continuos estadios de desoves parciales y maduración total señalados por PRIETO (1980), seguidos de una rápida recuperación gonadal, produce un reclutamiento continuo durante todo el año, que concuerda en gran parte con lo observado en este estudio. ETCHEVERS (1976) resalta que la distribución de las tallas de los juveniles en relación a las de los adultos, sea debido al hecho de que la mayoría de los individuos que contribuyen significativamente al mantenimiento de la población, se localiza hacia el este de La Guardia, por lo que una vez ocurrido el desove, larvas y juveniles son arrastrados por las corrientes en sentido este-oeste. Los picos marcados de reclutamientos con tallas inferiores de 14 mm de longitud observados en agosto y septiembre 2006 difieren de los reportados por MENDOZA & MARCANO (2000), quienes lo detectaron en la misma área, entre febrero y abril 1990, lo cual indica la importancia de la variación de los parámetros ambientales en el ciclo de vida de los bivalvos (WADE 1964).

Nuestros resultados mostraron que la relación talla-peso presentó un valor positivo (r = 0,73) entre las variables, indicando que el peso aumenta a medida que incrementa la longitud. Con base a esto, un guacuco de talla comercial tendría un peso total de 2,7343 g. GÓMEZ (1999) reporta que guacucos de tallas superiores a los 30 mm presentan un peso mayor a 5 g, valores similares a los del presente estudio. Esto podría atribuirse a las fluctuaciones de los factores ambientales estacionales, que alteran la condición fisiológica de los bivalvos, considerando que variables como la temperatura y la disponibilidad de alimento son determinantes para el desarrollo de estos organismos, pudiendo así decir que para la zona de estudio son favorables para el crecimiento de la especie.

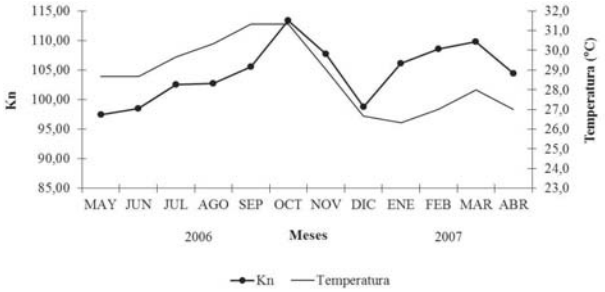


Fig. 4. Variación mensual del índice de condición de *Tivela mactroides* de la Ensenada de La Guardia, isla de Margarita.

El índice de condición constituye un parámetro que generalmente se asocia, entre otras variables biométricas, a la pérdida de peso por liberación de gametos y está influenciado por los factores ambientales. En este sentido, Prieto (1980) y Marques (2004) señalaron que la especie se reproduce durante todo el año, sin embargo, se han registrado dos picos de reproducción, que coinciden con los meses donde se registraron los menores valores de IC. Aun así, estos IC son superiores a los reportados por Arrieche & Prieto (2006), lo que podría indicar que *T. mactroides* de la ensenada La Guardia, cuenta con condiciones ambientales óptimas, que le permiten mantener buenos niveles fisiológicos luego de la recuperación post-desove. Los aumentos del IC desde junio hasta octubre 2006 coinciden con aumentos de temperatura del agua y los descensos bruscos entre noviembre-diciembre 2006 y marzo-abril 2007, y se relacionan con las disminuciones de temperatura ocasionada por la surgencia costera que caracteriza el nororiente de Venezuela, esto hace que los animales empiecen el proceso de gametogénesis y maduración a elevadas temperaturas, y aprovechan de liberar los gametos a bajas temperaturas, para que las larvas aprovechen la mayor disponibilidad de alimento ocasionada por la surgencia.

El patrón de crecimiento presentado por *T. mactroides* es muy similar al de otros bivalvos de zonas tropicales como *Pinctada imbricata* (Lodeiros *et al*. 2002; Marcano *et al*. 2005), *Perna perna* y *Perna viridis* (Urbano *et al*. 2005), *Donax denticulatus* (Marcano *et al*. 2003), *Argopecten purpuratus* (no es de zonas tropicales) (Avendaño & Cantillánez 2005), entre otros, los cuales presentan un crecimiento acelerado al principio, con una posterior reducción del mismo. Tatá & Prieto (1991) señalan que la especie presenta un crecimiento acelerado en los primeros 4 meses, alcanzando en poco tiempo la talla comercial, que concuerda con lo observado en el guacuco de la ensenada la Guardia.

El valor de longitud asintótica de $L\infty = 35,3$ mm obtenido en el presente estudio es superior al $L\infty = 32,80$mm y $L\infty = 29,56$ mm obtenidos para playa Barlovento y playa Güiria, respectivamente (Ramírez 1993), pero a su vez, es inferior al valor obtenido por Mendoza & Marcano (2000) para playa La Restinga ($L\infty = 39,1$mm) y al de Arrieche & Prieto (2006) para playa Caicara ($L\infty = 44,32$mm). La diferencia en el crecimiento de la especie estudiada podría fundamentarse en las características ambientales presentes al momento de la realización de cada estudio, ya que el crecimiento de los bivalvos está influenciado por varios factores como el alimento, el sustrato, la edad, la temperatura, la madurez sexual entre otros (MacDonald & Thompson 1985).

El coeficiente de crecimiento (K) obtenido en este estudio (1,33 año) es menor a los obtenidos por Prieto (1987) y Ramírez (1993) para playa Güiria (1,80 y 1,06 año, respectivamente), por Mendoza & Marcano (2000) para playa La Restinga (1,80 año) y por Arrieche & Prieto (2006) para playa Caicara (1,98 año), pero a su vez, inferior al obtenido por Brito (1984), para Barlovento (2,75 año). La alta tasa de crecimiento obtenida para *T. mactroides* en la localidad de Barlovento, en comparación con la tasa de crecimiento de la ensenada La Guardia, podría explicarse por las altas temperaturas y los grandes aportes de nutrientes observados durante todo el año. Estos aportes tienen su origen en los ríos Tuy, Higuerote y Curiepe. De este modo, el crecimiento de los bivalvos varía de acuerdo a la localización geográfica de la población, y se encuentra estimulado por aumentos en la temperatura del agua y mayores aportes de alimento; en cambio, sería retardado por salinidades y temperaturas bajas, sin embargo, Mendoza & Marcano (2000) asocian los periodos de crecimiento rápido de la especie en playa La Restinga con los periodos

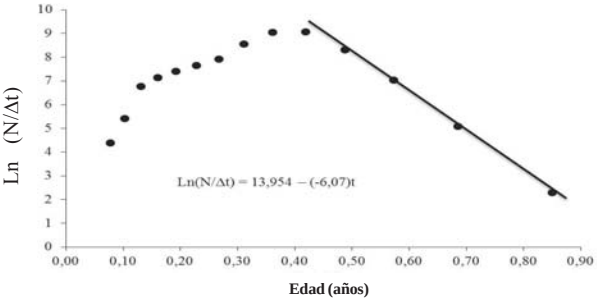


Fig. 5. Curva de captura basada en datos de composición de tallas y cálculo de la mortalidad

de surgencia costera y por lo tanto a las bajas temperaturas, que a su vez están asociadas a una mayor productividad primaria (PIRELA *et al.* 2008).

La mortalidad natural es un parámetro importante en la evaluación de la dinámica de una población (MCQUAID & LINDSAY, 2000) y es muy dependiente de las condiciones ambientales. El valor obtenido de mortalidad natural para el presente estudio de M= 0,82/año es más alta que la reportada por MENDOZA & MARCANO (2000) en la misma área, los cuales indican promedios anuales de M entre 0,58/año en 1989 y 0,61/año en 1990. La mortalidad total Z obtenida de la curva de captura también fue más alta que la señalada por TATÁ & PRIETO (1991) en playa Güiria, estado Sucre, para la cohorte dominante y a la reportada por ARRIECHE & PRIETO (2006) en una población de playa Caicara, estado Anzoátegui. La variación de estos parámetros de mortalidad es debida a los cambios de las condiciones ambientales (ARRIECHE & PRIETO 2006), a la explotación pesquera o a relaciones intra e interespecíficas como lo son la depredación y la competencia por espacio y alimento, lo cual afectan las tasas de crecimiento y mortalidad de la especie. La variación del crecimiento y mortalidad de la especie en la ensenada La Guardia, conducen a plantear interrogantes sobre la dinámica poblacional de la misma, por lo que se recomienda realizar investigaciones que aporten la información necesaria para la administración de este recurso pesquero.

CONCLUSIONES

El guacuco *T. mactroides* de la ensenada la Guardia, isla de Margarita, presentó un amplio intervalo de tallas comprendidas entre los 2 y 36 mm de longitud total, donde el mayor número de individuos presentan tallas entre 20-25 mm.

Existe una correlación positiva (r = 0,73) entre la longitud total y el peso total del guacuco *T. mactroides* en la Ensenada La Guardia, representando por la ecuación $Pt = 0{,}0037L^{2{,}1812}$.

La mortalidad natural para la población de guacuco de la ensenada La Guardia fue de 0,82/año, mientras que la tasa de mortalidad total fue Z= 6,07/año.

Los parámetros de crecimiento en longitud para *T. mactroides*, durante el periodo mayo 2006 - abril 2007 fueron: $L\infty = 35{,}3$ mm y K = 1,33 año, estimándose que el guacuco es de rápido crecimiento obteniendo su talla comercial (21 mm) a los 7 meses.

AGRADECIMIENTO

Los autores quieren agradecer toda la ayuda técnica proporcionada por el personal de la Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar.

REFERENCIAS

ARRIECHE, D. & A. PRIETO. 2006. Parámetros poblacionales del guacuco *Tivela mactroides* (Bivalvia: Venereidae) de playa Caicara, estado Anzoátegui, Venezuela. *Cien. Mar*. 32 (2): 285-296.

AVENDAÑO, M. & M. CANTILLÁNEZ. 2005. Crecimiento y estructura demográfica de *Argopecten purpuratus* en la Reserva Marina La Rinconada, Antofagasta, Chile. *Cien. Mar*. 31 (3): 491-503.

BRITO, P. 1984. *Algunos aspectos de la dinámica poblacional del guacuco (Tivela mactroides Born, 1778) en dos localidades de Barlovento.* Trab. Grad. Universidad Simón Bolívar, Caracas. 77 pp.

ETCHEVERS, S. 1976. Notas ecológicas y cuantificación de la población de guacuco *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia-Veneridae), en la Ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 15 (1): 57-72.

GAYANILO, F., M. SORIANO, & D. PAULY. 1996. *Stock assessment tools users manual*. FAO, Roma, Italia. 126 pp.

GODOY, A. 1997. *Densidad poblacional, biomasa y rendimiento pesquero del guacuco Tivela mactroides (Born, 1778) en la región oriental del golfo de Venezuela*. Trab. Grad. Universidad del Zulia, Venezuela. 72pp.

GÓMEZ, A. 1999. *Los recursos marinos renovables del estado Nueva Esparta, Venezuela*. Fondo Editorial del estado Nueva Esparta, CONICIT, CIUDO, FMM. 208 pp.

HICKMAN, R. & J. ILLINGWORTH. 1980. Condition cycle of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zeland. *Mar. Biol*. 60: 27–38.

HOENING, J. 1983. Empirical use of longevity data to estimated mortality rates. *Fish. Bull*. 82 (1): 898-903.

Lodeiros, C., D. Pico, A. Prieto, N. Narváez, & A. Guerra. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Röding, 1758) in suspended and bottom culture in the golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquacul. Int.* 10: 327-339.

MacDonald, B. & R. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Progr. Ser*. 25: 279-294.

Marcano, J. 1993. *Abundancia, explotación y dinámica del guacuco Tivela mactroides (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia) en la ensenada La Guardia, isla de Margarita*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 67 pp.

_____., A. Prieto, A. Lárez, & H. Salazar. 2003. Crecimiento de *Donax denticulatus* (Linné 1758) (Bivalvía: Donacidae) en la ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. *Zootec. Trop*. 21 (3): 237-259.

_____., A. Prieto, A. Lárez, J. Alió, & H. Sanabria. 2005. Crecimiento y mortalidad de *Pinctada imbricata* (Mollusca: Pteridae) en Guamachito, península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Cien. Mar*. 31 (2): 387-397.

Marques, C. 2004. *Aspectos reprodutivos do berbigão Tivela mactroides (Born, 1778) (Bivalvia; Veneridae) na enseada de Caraguatatuba, São Paulo-Brasil*. Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos, São João da Boa Vista. 67 pp.

McQuaid, C. & T. Lindsay. 2000. Effect of wave exposure on growth and mortality rates of the mussel *Perna perna*: bottom-up regulation of intertidal population. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 206: 147-154.

Mendoza, J. & J. Marcano. 2000. Abundancia y evaluación del guacuco *Tivela mactroides* en la Ensenada La Guardia, isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela*. 39 (1-2): 79-91.

Novoa, D., J. Mendoza, L. Marcano, & J. Cárdenas. 1998. *El atlas pesquero marítimo de Venezuela*. MAC-SARPA y VECEP, Caracas, Venezuela, 197pp.

Pirela, E., L. Troccoli & I. Hernandez. 2008. Hidrografía y cambios en la comunidad de plancton de la bahia de Charagato, isla de Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 47 (1): 3-16.

Prieto, A. 1980. Contribución a la ecología de *Tivela mactroides*, Born, 1778. Aspectos reproductivos. *Bol. Inst. Oceanog. Sao Paulo*. 29 (2): 323-328.

_____, A. 1983. Ecología de *Tivela mactroides* Born, 1778 (Mollusca, Bivalvia) en playa Güiria (Sucre, Venezuela). *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.* 22 (1-2): 7-19.

Ramírez, T. 1993. *Dinámica poblacional y explotación del guacuco Tivela mactroides (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia) en la bahía de Güiria, Estado Sucre*. Trab. Grad. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 140 pp.

Sparre, P. & S. Venema. 1997. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. FAO Documento Técnico de Pesca. 306/1 Rev. 2. Roma, Italia. 359 pp.

Tatá, A. & A. Prieto. 1991. Producción secundaria en una población del bivalvo tropical *Tivela mactroides* (Veneridae) en el Oriente de Venezuela. *Carib. J. Sci.* 27 (1-2): 28-34.

Urbano, T., C. Lodeiros, M. De Donato, V. Acosta, D. Arrieche, M. Nuñez, & J. Himmelman. 2005. Crecimiento y supervivencia de los mejillones *Perna perna*, *Perna viridis* y un morfotipo indefinido bajo cultivo suspendido. *Cienc. Mar*. 31 (3): 517-528.

Wade, B. 1964. Notes on the ecology of *Donax denticulatus* (Linné). *Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst.* 36-41.

Recibido: Julio 2011
Aceptado: Febrero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 93-99 (2012) 4 Figs.

ASPECTOS DE LA BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *RANINOIDES LOUISIANENSIS*, RATHBUN, 1933 (DECAPODA: RANINOIDEA: RANINIDAE) EN LA PLATAFORMA DELTANA VENEZOLANA

RODOLFO RONDÓN, IVONEL SPROCK, JUAN BOLAÑOS, CARLOS LIRA, JESÚS HERNÁNDEZ, KAREN SALAZAR & ERNESTO RON

rondonrodolfo@yahoo.com

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

RESUMEN: Se determinó la fecundidad promedio de *Raninoides louisianensis* en las épocas de sequía y de lluvias, así como las relaciones fecundidad-peso y fecundidad-talla. Un análisis de variancia fue realizado para evaluar la existencia de diferencias significativas en los promedios del número de huevos por hembra entre las temporadas del año y las diferencias entre las relaciones fecundidad-longitud del caparazón, ancho del caparazón y peso fueron evaluadas mediante la comparación de los parámetros a y b de las líneas de regresión, previa transformación logarítmica de las variables correspondientes. La talla mínima del largo de caparazón para las hembras ovadas de *R. louisianensis* fue de 26,2 mm; su fecundidad promedio de 1103,18 huevos, y el diámetro promedio de los huevos fue de 1,81 ± 0,01 mm. No se encontraron diferencias entre las épocas en la fecundidad, ni en las relaciones biométricas de la fecundidad con los descriptores del tamaño corporal. *Raninoides louisianensis* aparentemente desova durante todo el año, con un pico reproductivo al final de la temporada seca, cuando se registran las mayores salinidades durante el año, debido al menor aporte de agua dulce por parte del río Orinoco, aunque estudios más profundos deben realizarse al respecto. El presente estudio representa el segundo de esta índole a nivel mundial y el primero en aguas marinas venezolanas referente a una especie de la familia Raninidae.

Palabras clave: Crustáceos, braquiuros, biología reproductiva, bentos.

ABSTRACT: The fecundity's average of *Raninoides louisianensis* was determined for rainy and dry season, as well as the relationships between fecundity-weight and fecundity-length. An analysis of variance was performed to evaluate the existence of significant differences in the mean number of eggs per female between seasons of the year, and the differences between the fecundity-carapace length, carapace width and weight relations were assessed by evaluating parameters *a* and *b* of the corresponding equations. The minimum size carapace length for ovate females of *R. louisianensis* was 26.2 mm, its mean fecundity was 1103.18 eggs, and the mean egg diameter was 1.81 ± 0.01 mm. No differences were found between seasons in fertility, nor biometric relations between fertility and body size descriptors. *Raninoides louisianensis* apparently spawns throughout the year, with a reproductive peak at the end of the dry season, when the highest salinities during the year are recorded, due to lower freshwater input from the Orinoco River, but further studies should be performed thereon. Study it results the second of its kind worldwide and the first in Venezuelan marine waters concerning a species of the family Raninidae.

Key words: Crustaceans, brachyuran, reproductive biology, benthos.

INTRODUCCIÓN

La familia Raninidae se encuentra representada por 44 especies, de las cuales nueve están presentes en el Atlántico occidental (GOEKE 1984; NG *et al*. 2008). *Raninoides louisianensis* se encuentra distribuida desde el este del delta del río Mississippi, golfo de México, Antillas, hasta las costas de Venezuela. Vive cerca de la costa, en profundidades que abarcan desde los 55 hasta los 677 m (FELDER *et al*. 2009), generalmente en fondos arenosos o fangosos, a veces coralinos. Es frecuente capturarla asociada a camarones, durante labores de pesca de arrastre (TAISSOUN 1983).

La biología reproductiva de crustáceos decápodos ha sido bien documentada, particularmente para braquiuros (SASTRY 1983), evidenciándose una gran diversidad de estrategias reproductivas que maximizan la sobrevivencia de la descendencia y/o el éxito reproductivo, permitiendo la colonización de una gran variedad de hábitat y manteniendo las poblaciones a lo largo del tiempo (HARTNOLL & GOULD 1988). En este sentido, el estudio de

aspectos de la biología reproductiva, como la producción de huevos y la descripción de las relaciones biométricas de la fecundidad con variables que describen el tamaño corporal, colaboran en la comprensión de los procesos que permiten la renovación natural de las poblaciones, facilitando herramientas que permiten diseñar estrategias adecuadas para el manejo de las pesquerías de especies con importancia económica (CADDY 1989). En los crustáceos, la fecundidad permite estimar el estado reproductivo en que se encuentra la población y, generalmente, ha sido comprendida como el número de huevos liberados por una hembra en un solo proceso de desove o durante un periodo particular de su ciclo de vida (SWARTZ 1978; JONES & SIMONS 1983; PALMA & ARANA 1997; HERNÁEZ 2001), estimándose mediante la cuantificación de los huevos contenidos debajo del abdomen de las hembras.

El golfo de Paria y el delta del río Orinoco, constituyen una región estuarina de gran importancia ecológica y económica en Venezuela, las cuales recientemente se han convertido en centro del desarrollo de actividades petroleras y gasíferas (DÍAZ *et al*. 2006). Estas actividades tienen alto impacto sobre los seres vivos, especialmente sobre aquellos de hábitos bentónicos; sin embargo, no se han realizado estudios poblacionales en las especies bentónicas de esta región.

Debido a la importancia ecológica de los aspectos reproductivos, el presente estudio tuvo como objetivo principal estimar algunos parámetros, tales como: fecundidad, diámetro promedio de los huevos, relaciones entre fecundidad, talla y peso, así como la proporción de sexos de *R. louisianensis* en la población de la Plataforma Deltana Venezolana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio estuvo comprendida por 57 estaciones ubicadas desde la desembocadura del río Orinoco hasta los 1000 m de profundidad, en las aguas atlánticas de Venezuela (Fig. 1). Se realizaron dos campañas, en octubre de 2004 (final de la temporada de lluvia) y mayo de 2005 (final de la temporada seca), mediante arrastres con una rastra tipo Beam Trawl (1,8 m de ancho por 0,5 m de alto, y 1 cm de abertura de malla), como parte de un estudio ambiental de línea base multidisciplinario para la explotación petrolera, abarcando el golfo de Paria, Boca de Serpiente y la Plataforma Deltana (MARTÍNEZ *et al*. 2007).

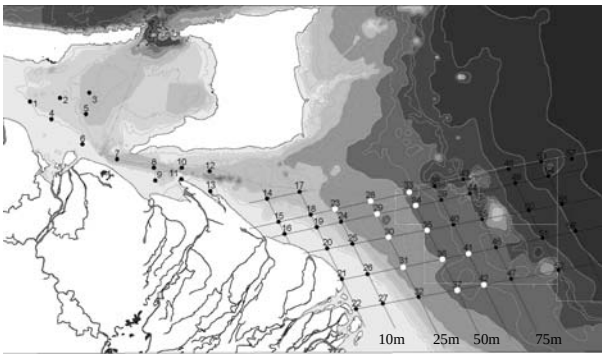


Fig. 1. Ubicación de las estaciones de muestreo dentro del área de estudio, los círculos blancos indican las estaciones donde se colectaron los ejemplares de *Raninoides louisianensis*, los círculos negros indican las restantes estaciones muestreadas.

Todos los ejemplares de *R. louisianensis* recolectados fueron preservados en etanol al 95 %.

Las hembras recolectadas fueron medidas (largo y ancho del caparazón) y pesadas, previa y posteriormente a la extracción de la masa ovígera para el conteo y medición de los huevos, los cuales fueron realizados con ayuda de un microscopio estereoscópico con ocular calibrado. Se procedió a contar los huevos de 28 ejemplares que se encontraban en perfecto estado, correspondientes al 87,5 % de las hembras maduras recolectadas. Una vez obtenidos los datos del número de huevos para cada hembra, se calculó la fecundidad promedio para cada una de las épocas de muestreo. Para evaluar la existencia de diferencias estadísticamente significativas de la fecundidad entre las épocas, se empleó un análisis de variancia (ANOVA), con un nivel de confianza del 95 %; las diferencias entre las relaciones fecundidad-longitud del caparazón, ancho del caparazón y peso fueron evaluadas mediante la comparación de los parámetros a y b de las líneas de regresión, previa transformación logarítmica de las variables correspondientes. Finalmente se estimaron las proporciones de sexo para las dos temporadas y se realizó una prueba Ji Cuadrado, para verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la proporción observada y la esperada de 1 macho por 1 hembra.

RESULTADOS

En 12 de las 57 estaciones muestreadas se recolectó un total de 184 ejemplares de *R. louisianensis* (81 hembras y 103 machos) durante ambas temporadas, en

profundidades que oscilaron entre 25 y 75 m. Del total de hembras recolectadas, 28 presentaron masas ovígeras en buen estado; la fecundidad osciló entre 634 y 1914 huevos, con un promedio general de 1103,18 ± 71,29 huevos/ hembra y una media de 1042,16 huevos durante la época de lluvias y 1232,00 durante la época de sequía.

La fecundidad relativa al peso fue de 303,99 huevos/g, mientras que las fecundidades relativas a la longitud y ancho de caparazón fueron de 36,65 huevos/mm y 66,53 huevos/mm, respectivamente. El diámetro de los huevos osciló entre 1,7 y 2,0 mm, con un promedio de 1,81 ± 0,016 mm. La talla mínima de longitud de caparazón a la cual se encontró una hembra ovada para el área de muestreo fue de 26,2 mm.

En la relación fecundidad-peso (Fig. 2) se observa que el número de huevos fue directamente proporcional al peso de las hembras ovadas y está representada por la ecuación lineal F = 282,43P + 78,323 (r = 0,89). Por otra parte, las relaciones fecundidad-talla (LC y AC) estuvieron caracterizadas por curvas potenciales en ambos casos, según las cuales la fecundidad aumenta considerablemente a medida que la talla es mayor, estando representadas por las ecuaciones $F = 0{,}0179*LC^{3{,}2285}$; r = 0,86 (Fig. 3) y $F = 0{,}2922*AC^{2{,}919}$; r = 0,85 (Fig. 4).

En la época de lluvias la proporción de sexos fue de 0,68:1 entre hembras y machos (n = 104), mientras que en la época seca fue de 0,95:1 (n = 80). El análisis de variancia no logró detectar diferencias significativas en los promedios del número de huevos por época ($F_{(1)(26)} = 1{,}64$; p=0,21). Adicionalmente, la comparación de las rectas de regresión que describen las relaciones biométricas Fecundidad-Peso (P) y Fecundidad-Talla (LC y AC), previa transformación

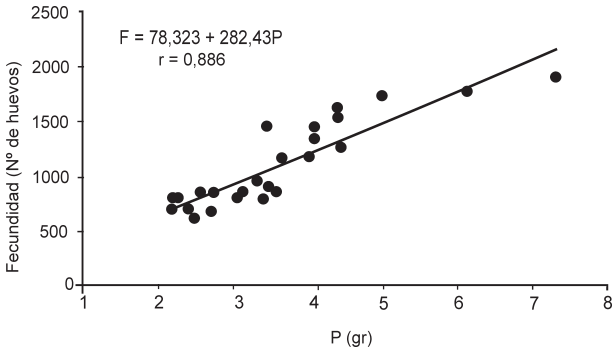


Fig. 2. Relación Fecundidad-Peso de *Raninoides louisianensis.*

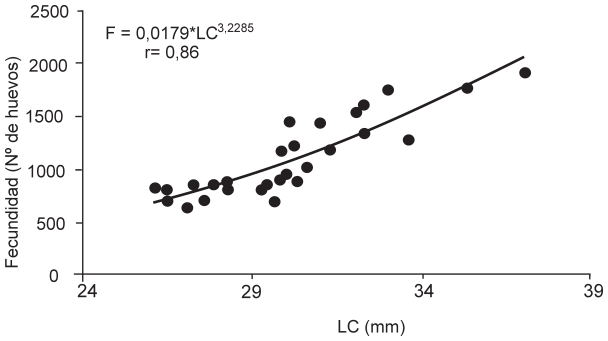


Fig. 3. Relación Fecundidad-Talla de *Raninoides louisianensis*, correspondiente al largo de caparazón (LC).

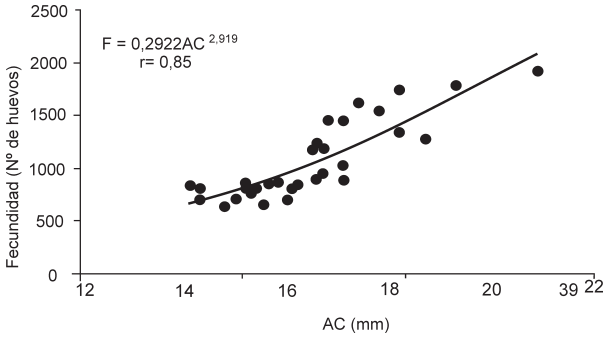


Fig. 4. Relación Fecundidad-Talla de *Raninoides louisianensis*, correspondiente al ancho de caparazón (AC).

logarítmica de las variables, no permitió detectar diferencias en los parámetros a y b entre las épocas, en ninguno de los casos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la proporción de sexos con respecto a la esperada (1:1), en ninguna de las épocas de muestreo. Sin embargo, la proporción de hembras ovadas con respecto al total de hembras capturadas fue bastante mayor en la temporada seca (mayo) con un 53,85 %, mientras que en la temporada de lluvia (octubre), sólo el 26,83 % de las hembras capturadas presentaron masa ovígera.

DISCUSIÓN

Actualmente poco se conoce sobre los aspectos reproductivos de las especies de la familia Raninidae, siendo *Ranina ranina* (Linnaeus1758) la única especie estudiada al respecto (Minagawa *et al*. 1993; Krajangdara & Watanabe 2005). La fecundidad de *R. louisianensis* es considerablemente inferior a la de *R.*

ranina, la cual presenta de 74.600 a 256.000 huevos (KENNELLY & WATKIINS 1994; KRAJANGDARA & WATANABE 2005). Esto podría atribuirse a las diferencias existentes entre las tallas de las hembras y el diámetro de los huevos de estas dos especies. En *R. louisianensis* la talla mínima de madurez sexual fue de 26,20 mm LC en la población estudiada, mientras que en *R. ranina* fue de 50 mm LC en las islas Izu de Japón (MINAGAWA *et al.* 1993) y de 72,2 mm LC en el mar de Tailandia (KRAJANGDARA & WATANABE 2005). Por otra parte, el diámetro promedio de los huevos de *R. louisianensis* fue de 1,86 mm, mientras que los huevos de *R. ranina* fueron de menor diámetro, con un promedio de 0,62 mm (KRAJANGDARA & WATANABE 2005). Al respecto, STEELE & STEELE (1975) han señalado que en crustáceos la fecundidad disminuye con el aumento del tamaño de los huevos, lo cual es atribuido a que la cantidad de huevos portados se encuentra limitada por el espacio disponible bajo el abdomen de las hembras y está muy relacionada con la forma y tamaño de los huevos, así como con la talla corporal de las progenitoras (REID & COREY 1991).

La fecundidad de *R. louisianensis* aumentó proporcionalmente con el tamaño corporal, lo cual es corroborado por las relaciones fecundidad-peso y fecundidad-talla (Figs. 2-4), las cuales presentaron elevados coeficientes de correlación. La relación fecundidad-talla es descrita por un modelo potencial, dado que este es el que mejor representa la relación entre esas variables (BAGENAL 1967). Ello debido probablemente al crecimiento discontinuo en talla de los decápodos y a la dependencia exponencial del volumen del huevo con respecto al tamaño de la hembra (SOMERS 1991), lo cual con el modelo lineal produciría una subestimación del número de huevos en las hembras más pequeñas o más grandes (COREY 1981; SOMERS 1991). En el presente estudio el modelo lineal fecundidad-peso es el que mejor explica el cambio de la fecundidad con el crecimiento de los individuos de esta especie, el cual obtuvo un coeficiente de correlación mayor ($r = 0,89$) con respecto a los modelos potenciales de fecundidad-talla. Sin embargo, las pequeñas diferencias observadas entre los coeficientes de correlación obtenidos para las relaciones biométricas determinadas, permiten sugerir que todos los modelos evaluados son útiles para subsecuentes estudios.

Raninoides louisianensis no presentó diferencias significativas de la fecundidad entre las temporadas del año, sin embargo se observó mayor número de hembras ovadas en la temporada seca, con respecto a la temporada de lluvias, lo cual podría sugerir que esta especie se reproduce a lo largo de todo el año, pero con mayor intensidad en la temporada de sequía. Mientras que para *R. ranina* se ha reportado la existencia de un periodo reproductivo anual que abarca desde noviembre hasta febrero, en las costas de Tailandia (KRAJANGDARA & WATABE 2005).

En la mayoría de los crustáceos decápodos, que presentan estacionalidad reproductiva, se ha señalado que ésta es ocasionada por cambios de la temperatura de las aguas en las diferentes épocas del año (PINHEIROS & TERCEIROS 2000; LEAL-GAXIOLA *et al.* 2001; MARTINELLI *et al.* 2002; LITULO 2005). Sin embargo, es conocido que los patrones reproductivos pueden estar también relacionados con la disponibilidad de alimento y la salinidad, las cuales pueden ser consideradas como importantes presiones selectivas sobre los patrones de desove y la sobrevivencia poblacional (BAUER 1992; PEARSE *et al.* 1991; BAUER & VEGA 1992; BAUER & LIN 1994; KIN & HONG 2004; CAETANO & FRANZOSO 2004).

Las lluvias pueden aumentar el caudal y la descarga de los ríos, causando cambios en la salinidad de las aguas marinas aledañas e incrementando la concentración de nutrientes por arrastre, favoreciendo el aumento de la producción primaria y el desarrollo de larvas planctónicas (CONDE & DÍAZ 1989; MANTELATTO *et al.* 2003). Según MARTIN *et al*. (2007), la pluma del Orinoco, durante la temporada de lluvia, y la surgencia costera, durante la temporada de sequía, son fenómenos que favorecen al notable incremento de las concentraciones de nutrientes y de clorofila en el sector oriental del Mar Caribe.

La salinidad en las estaciones donde fueron encontrados los ejemplares de *R. louisianenesis* fue superior en la temporada seca (MARTIN *et al*. 2007), lo que puede favorecer un mejor desarrollo de los huevos durante la época de sequía, tal como ha sido señalado por SPAARGAREN & HAEFNER (1998), quienes sugieren que salinidades bajas retrasan la maduración de los huevos, debido a mayores demandas energéticas para los procesos de osmorregulación. Este aumento en la tasa metabólica puede afectar negativamente el esfuerzo reproductivo (GELIN *et al.* 2001a), favoreciendo la presencia de un mayor número de hembras ovadas en la población durante la época de sequía, en la cual se registran las mayores salinidades. Al respecto, GELIN *et al*. (2001a, 2001b) han indicado que en aguas con bajas salinidades se puede

encontrar un menor número de hembras ovadas que en aquellas con salinidades mayores, especialmente en las poblaciones que habitan en zonas estuarinas.

La distribución de las capturas de las hembras ovígeras sugiere lo que podría ser la evidencia de migración reproductiva desde las aguas profundas, durante la temporada de lluvias, hacia las aguas más someras, durante la época de sequía, ya que la mayoría de las hembras ovígeras (72,72%) fueron encontradas en aguas profundas, de 50 a 75 m en la temporada de lluvia, mientras que en la temporada seca, el 66,67% de las hembras ovígeras fueron colectadas a profundidades de 25 a 50 m, lo cual pudiera estar relacionado con la variación del gradiente salino debido a las descargas del río Orinoco,

El presente estudio representa el segundo de esta índole a nivel mundial y el primer aporte al conocimiento de la biología poblacional de *R. louisianensis* en aguas marinas venezolanas, no existiendo estudios de este tipo para ninguna otra especie de la familia Raninidae en el país.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento otorgado y a los realizadores del proyecto Línea Base Ambiental Plataforma Deltana por los muestreos llevados a cabos en el área de estudio.

REFERENCIAS

BAGENAL, T. 1967. A short review of fish fecundity. In: *The biological basis of freshwater fish production.* (Ed.) GERKING S.D. . Blackwell, Edinburgh, Scotland. pp. 89-111.

BAUER, R. 1992. Testing generalizations about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebr. Repr. Dev*. 22: 139–202.

BAUER, R & L. VEGA. 1992. Pattern of reproduction and recruitment in two sicyoniid shrimp species (Decapoda: Penaeoidea) from a tropical seagrass habitat. *J. Exp. Marine. Biol. Ecol.* 161: 223–240.

BAUER, R & J. LIN. 1994. Temporal patterns of reproduction and recruitment in populations of the penaeid shrimps *Trachypenaeus similis* (Smith) and *T. constrictus* (Stimpson) (Crustacea: Decapoda) from the north-central Gulf of México. *J. Exp. Marine. Biol. Ecol*.182: 205–222.

Caddy, J. 1989. *Marine invertebrate fisheries. Their assessment and management*. John Wiley & Sons, New York, USA. 752 pp.

CAETANO, R. & A. FRANSOZO. 2004. Reproductive biology of the shrimp *Rimapenaeus constrictus* (Decapoda, Penaeidae) in the Ubatuba region of Brazil. *J. Crust. Biol.* 24(2): 274–281.

CONDE, J. & H. DÍAZ.1989. The mangrove tree crab *Aratus pisonii* in a tropical estuarine lagoon. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 28: 639–650.

COREY, S. 1981**.** Comparative fecundity and reproductive strategies in seventeen species of the Cumacea (Crustacea, Peracarida). *Mar. Biol*. 62: 65-72.

DIAZ, Y., A. CARBONI & A. MARTÍN. 2006. *Variación espacio-temporal de los equinodermos epibentónicos de las aguas atlánticas de Venezuela*. *XIV SIEBM Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*. 116 – 117 (Libro resumen).

FELDER, D.L., F. ÁLVAREZ, J. W. GOY & R. LEMAITRE. 2009. Decapoda (Crustacea) of the Gulf of Mexico, with comments on the Amphionidacea, In, D. L. Felder and D. K. Camp (eds.), Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota. Volume 1, Biodiversity. Texas A&M University Press, College Station. pp. 1019-1104.

GELIN, A., A. CRIVELLI, E. ROSECCHI, & P. KERAMBRUN. 2001a. Can salinity changes affect reproductive success in the brown shrimp *Crangon crangon*? *J. Crust. Biol.* 21(4): 905–911.

GELIN, A., A. CRIVELLI, E. ROSECCHI & P. KERAMBRUN. 2001b. The effect of salinity changes on the population structure and reproductive traits of *Crangon crangon* L. populations in the Camargue (Rhône delta, France*). Ecoscience* 8: 8–17.

GOEKE, G. 1984. Sexual dimorphism in species of *Raninoides* (Brachyura: Raninidae) and the status of *Raninoides schmitti* Sawaya, 1944. *Gulf Res. Rep*. 7 (4): 377-380.

HARTNOLL, R. & P. GOULD. 1988. Brachyuran life history strategies and the optimization of egg production. In: *Aspects of decapod crustacean biology*. A. A. Fincham & P. S. Rainbow. (Eds.) Clarendon Press, Oxford, UK. pp. 1-9.

HERNÁEZ, P. 2001**.** Producción y rendimiento reproductivo en *Petrolisthes granulosus* (Decapoda, Anomura, Porcellanidae) en diferentes localidades del norte de Chile: una comparación latitudinal. *Invest. Mar*. 29(1): 73-81.

JONES, M. & M. SIMONS 1983**.** Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). *Bull. Mar. Sci.* 33: 656-670.

KENNELLY, S. J., & D. WATKINS. 1994. Fecundity and reproductive period, and their relationship to catch rates of spanner crabs, *Ranina ranina*, off the east coast of Australia. *J. Crust. Biol*., 14: 146-150.

KRAJANGDARA, T. & S. WATANABE. 2005. Growth and reproduction of the red frog crab, *Ranina ranina* (Linnaeus, 1758), in the Andaman Sea off Thailand. *Fish. Sci*. 71(1): 20-28.

LEAL-GAXIOLA, A., J. LÓPEZ-MARTÍNEZ, E. CHÁVEZ, S. HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ & F. MÉNDEZ-TENORIO. 2001. Interannual variability of the reproductive period of the brown shrimp, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*, 74 (9): 839-851.

LITULO, C. 2005. Breeding patterns of a tropical population of the fiddler crab, *Uca inversa* (Hoffmann, 1874) (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana*, 77 (9): 1045-1054.

MANTELATTO, F., F. FARIA & R. GARCÍA. 2003. Biological aspects of *Mithraculus forceps* (Brachyura: Mithracidae) from Anchieta Island, Ubatuba, Brazil. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 83: 789-791.

MARTÍN, A., L. MALAVÉ, D. SÁNCHEZ, R. APARICIO, F. AROCHA, D. BONE, J.A. BOLAÑOS, J. BOLAÑOS-JIMÉNEZ, J. CASTAÑEDA, J.J. CARDENAS, A.K. CARBONINI, Y.J. DIAZ, H.J. GUADA, E. KLEIN, R. LAZO, A. LEMUS, M. LENTINO, C. LIRA, C. LODEIROS, R. LÓPEZ, B. MARÍN, G. MARTÍNEZ, B. MÁRQUEZ, A. MÁRQUEZ, R. MOLINET, F. MORALES, J. POSADA, A. PRIETO, A. RIERA, C.T. RODRÍGUEZ, A. RAMÍREZ, W. SENIOR, P. SOLANA, H. SEVEREYN, P. SPINIELLO, E. VALERA, C. YANES & E. ZOPPI. 2007. Línea base ambiental Plataforma Deltana. Petróleos de Venezuela, S. A. Universidad Simon Bolivar. Caracas, Venezuela. 176 pp.

MARTINELLI, J., F. MANTELATTO & A. FRANSOZO. 2002. Population structure and breeding season of the south Atlantic hermit crab, *Loxopagurus loxochelis* (Anomura, Diogenidae) from the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana*, 75 (6): 791-802.

MINAGAWA, M., J. CHIU, F. KUDO, F. ITO & F. TAKASHIMA. 1993. Female reproductive biology and oocyte development of the red frog crab, *Ranina ranina*, off Hachijojima, Izu Islands, Japan. *Mar. Biol.* 115 (4): 613-623.

NG, P., D. GUINOT & P. DAVIE. 2008. Systema Brachyurorum. Part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. *Raffles Bull. Zool.* 17: 1-286.

PALMA, S. & P. ARANA. 1997**.** Aspectos reproductivos del langostino colorado (*Pleuroncodes monodon* H. Milne Edwards, 1837) frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Mar*. 25: 203-221.

REID, D. & S. COREY. 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans. II. The fecundity of fifteen species of anomuran and brachyuran crabs. *Crustaceana*, 61(2): 175-189.

SASTRY, A. 1983. Ecological aspects of reproduction. In: *The biology of Crustacea vol. 8. Environmental. adaptations*. (Ed. W. B. VERNBERG). Academic Press, New York, USA.179-270.

SOMERS, K. 1991. Characterizing size-specific fecundity in crustaceans. In: *Crustacean egg production. Crustacean Issues vol. 7*. F.R. SCHRAM. (Ed.) Balkema, Rotterdam, Netherland. pp. 357-378.

SPAARGAREN, D. H., & P. A. HAEFNER. 1998. Quantitative changes during ovarian development in the brown shrimp *Crangon crangon* (L., 1758) (Decapoda, Natantia). *Crustaceana*, 71: 247–257.

STEELE, D. & V. STEELE. 1975. Egg size and duration of

embryonic development in crustacea. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol*. 60(5): 71-715.

SWARTZ, R. 1978**.** Reproductive and molt cycles in the xanthid crab *Neopanope sayi*. *Crustaceana*, 34: 15-32.

TAISSOUN, E. 1983. Los cangrejos decapodos Brachyura, de las costas de Venezuela. 1. Familias Dromiidae De Haan 1833 y Raninidae Dana 1852. *Bol. Centr. Invest. Biol.* 15: 49-66.

WARNER, G. 1977. *The biology of crabs*. Elek Science, London, UK. 202 pp.

RECIBIDO: Julio 2011
ACEPTADO: Febrero 2012

Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 51 (1): 101-107 (2012)

NORMAS PARA LA PREPARACIÓN DE MANUSCRITOS A SER SOMETIDOS AL BOLETÍN DEL INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE VENEZUELA

En el Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela se publican contribuciones originales e inéditas en las Ciencias Marinas en el área del Caribe y Océano Atlántico Tropical. Los idiomas permitidos son el castellano y el inglés. El Boletín acepta artículos, notas y revisiones. Los artículos son las publicaciones científicas de investigación experimental o teórica. Las notas son comunicaciones cortas sobre un tema específico, en ocasiones informando sobre los resultados parciales de una investigación. Las revisiones son comunicaciones solicitadas a un investigador sobre un determinado tópico, en el cual el autor tiene una dilatada trayectoria reflejada, en sus publicaciones.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Preparación Del Manuscrito

Escriba el manuscrito en papel tamaño carta (215 x 279 mm) y a doble espacio, incluyendo el texto, la literatura citada, las tablas, los encabezados de las tablas y las leyendas de las figuras, de tal modo que el editor, los revisores, la imprenta y los correctores de pruebas puedan hacer anotaciones esenciales. Los márgenes deben ser de 25 mm en todos los lados, justificando el margen derecho. Coloque la numeración de las páginas en el margen superior derecho de todas ellas excepto la primera.

En general los artículos deberán seguir el siguiente orden: Título, Resumen, Abstract, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones, Agradecimiento, Referencias, Tablas, Lista de figuras y figuras. Las notas y revisiones, no necesariamente deberán tener esta organización.

Cuando los autores sean más de tres, se debe anexar una declaración, indicando la contribución en la planificación y ejecución de la investigación, de cada autor.

Las listas largas y complejas relacionadas indirectamente con el sujeto primario del artículo deben ser colocadas en un apéndice al final del artículo. Los renglones apropiados para la conformación de un apéndice incluyen: lista de especimenes examinados, lista de caracteres morfométricos o caracteres ecológicos, derivaciones matemáticas complejas o formulaciones estadísticas y algoritmos para programas de computación. Los apéndices pueden ser dispuestos como párrafos, en tablas o en otro formato que se considere apropiado. Las listas cortas y las fórmulas simples y todo aquel material relacionado directamente con el sujeto del artículo debe ser colocado directamente en el texto. Todo material no esencial para el artículo debe omitirse.

Escriba completamente el nombre científico de la planta o animal cuando sea mencionado por primera vez; en adelante, abrevie el nombre genérico (primera letra y un punto), se exceptúan aquellos que inician una frase o párrafo. Incluya el autor y la fecha en los casos que sean esenciales para la identificación del taxón (tal como en la sinonimia). Todos los nombres científicos deben ser escritos en *itálica*, no esta permitido el subrayado ni la escritura de los mismos en negritas. Si emplea nombres subgenéricos, estos deben ser colocados entre paréntesis entre el nombre genérico y el específico, en adelante deben ser abreviados. Las nuevas descripciones en zoología deben ser escritas como: “nuevo género”, “nueva especie”, “nueva subespecie” o “nueva combinación”; En artículos de botánica emplee: “gen. nov.”, “sp. nov.”, “subsp. nov.”, o “comb. nov.”. Cada uno de ellos debe, estar precedido por una coma. Las descripciones deben ser escritas en español, excepto las botánicas que deben ser escritas en latín. Emplee el nombre científico del taxón apropiado si se incluye en el artículo un nombre vernáculo.

Abreviaturas, Deletreos y Misceláneos

Los párrafos y oraciones nunca deben comenzar con una abreviatura. No emplee abreviaturas o acrónimos o palabras nemotécnicas para los nombres de localidades, áreas de estudio, características morfológicas, agencias gubernamentales, parámetros fisiológicos, pruebas estadísticas y muchos otros renglones. Los acrónimos para los nombres de museos, abreviaturas para proteínas

o loci enzimáticos, y símbolos empleados en ecuaciones matemáticas son aceptados si se definen o refieren la primera vez que son empleados en el texto. El deletreo y el uso de las palabras deben estar en concordancia con el Diccionario de la Real Academia de la Lengua. El empleo de palabras no incluidas en éste debe ser omitido, pero se admite el uso de nuevas palabras acusadas y ciertos anglicismos. Los términos científicos deben seguir las normas de glosarios y diccionarios especializados recientes.

No emplee paréntesis contrapuestos ( ) ( ), al citar una referencia y <referirla> a una Tabla en el texto; emplee (Sakai 1988; Tabla 1) no (Sakai 1988) (Tabla 1).

Números y Matemáticas

Emplee decimales en lugar de fracciones excepto en algunas ecuaciones. Los decimales no precedidos por un número entero deben siempre presentar un cero (0,25) en el texto, las tablas y las figuras. En el texto emplee números para aquellas cantidades mayores de 9, excepto cuando se comience una oración. Los números cardinales del uno al nueve deben ser escritos en palabras excepto cuando se refieran a unidades de medida, pero no en la enumeración. Igualmente emplee números para aquellos renglones en serie que incluyan al menos un número mayor a nueve. Este tratamiento debe ser el mismo para los números ordinales. En artículos taxonómicos, los especimenes examinados, las diagnosis y descripciones, deben emplearse números.

Emplee dos puntos (:) y no una barra (/) para expresar proporciones (*e.g.* 1:2,5 machos: hembras); no presente la proporción total de la muestra (*e. g.*: 20:50) como una proporción de sexos, calcule la proporción verdadera y del tamaño de la muestra (*e.g.* 1:2,5 para n= 63). Emplee el símbolo < "menor que" y > para "mayor que" con números (*e. g.* < 12, "no menor de 12"; >8 espinas, "no más de 8 espinas").

Al escribir intervalos emplee "desde 12,4 hasta 20,8 mm" o bien 12,4-20,8 mm. No emplee la palabra "hasta" a menos que este precedida por la palabra "desde". Al presentar ecuaciones y fórmulas, emplee la barra (/) para las fracciones simples e identifique los significados de los símbolos y variables en el texto. La barra debe ser empleada cuando presente datos que relacionan un factor con otro (*e.g.* g/m2); si existen tres o más medidas relacionadas, entonces la fracción debe ser escrita empleando el exponente -1 (*e.g.*: 23 mg g -1). No presente ninguna ecuación que haya sido publicada con anterioridad a menos que esté modificada. La simple referencia de la misma será suficiente.

Al escribir parámetros estadísticos tales como la media, la moda, la desviación estándar, el error estándar; las unidades de medida no deben ser más precisas que la medida que las originó (*e.g.*: se midió la longitud total en peces con 0,1 mm de apreciación), entonces la media debe ser expresada, como 35,5 y la media y el error estándar deben ser expresados como 35,5 ± 0,1 y no 35,5 ± 0,01. Esto se aplica tanto para las tablas como para el texto.

Tiempo y Fecha

Escriba las fechas como 12 diciembre 1997, sin puntuación; como una excepción se acepta el uso de tres letras para el mes en listas de especimenes examinados (*e. g.*:12 dic 1997). La hora del día debe ser escrita en sistema de 24 horas y con cuatro dígitos; medianoche se escribe 0000 h, 6:15 a.m. debe escribirse 0615, y 8:30 p.m. debe escribirse 2030 h. El fotoperíodo en condiciones de laboratorio debe ser expresado como 12 luz: 12 oscuridad

Unidades De Medida

Se debe emplear el sistema métrico. Adicionalmente las siguientes variables abreviadas son aceptadas:

ºC	grados Celsius
G	gravedad
s	segundo
min	minuto
h	hora
d	día
g	gramo
mg	miligramo
kg	kilogramo
µg	microgramo
km	kilómetro
m	metro
mm	milímetro
cm	centímetro
µm	micrón o micra
Hz	hertz
kHz	kilohertz
Mhz	megahertz
diam	diámetro

ha	hectárea
M	molar
ppm	partes por mil
W	vatio u oeste
X	magnificación
ml	mililitro
µl	microlitro
l	litro*

* Debe ser escrita la palabra cuando pueda existir confusión, por ejemplo cuando se escribe 12 1, se puede pensar que el número 121 está mal espaciado.

Abreviaturas misceláneas que pueden emplearse en el texto y su puntuación correcta:

a.c c.d	corriente alterna y continua
Lic. M.Sc. Ph.D	grados universitarios
Fig. o fig.	figura
com. pers.	comunicación personal (oral)
apdo.	Apartado postal
M/N	motonave
L/M	lancha a motor
B/I	buque de investigaciones
SEM	microscopio electrónico de barrido
TEM	microscopio elec. de transmisión
Escriba peso	no se abrevia
Lat.	latitud (coordenadas)
Long.	longitud (coordenadas)

DIRECCIONES Y COORDENADAS:

N	norte	S	sur
E	este	W	oeste
N	noreste	NW	noroeste
SE	sureste	SW	suroeste

Palabras Latinas y Lenguaje Foráneo

Deben ser escritas en itálicas:

aff.	affinis = que tiene afinidad
a posteriori	conocidas de la experiencia
a priori	independientes de la experiencia
ad lib.	ad libitum = disponible libremente
auct.	auctoris = del autor
auctt.	auctorum = o autores
cf.	conferre = comparado
e.g.	exempli gratia = por ejemplo
et al.	et alia = y otros
i.e.	tal como
in litt	en una carta
in situ	en el lugar
in utero	en el utero
in vitro	fuera del organismo vivo
in vivo	en el organismo vivo
nom. dub.	nomen dubium=nombre de dudosa aplicación.
nom. nud.	Nomen nudum=nombre sin validación
part.	Partim=parte
per se	por si mismo
p.p.	pro parte=en parte
sensu	como lo definió
s.l.	sensu lato=en el amplio sentido
s.s.	sensu stricto= en el estricto sentido

Términos Estadísticos

ANOVA	Análisis de varianza
CV	Coeficiente de variación
gl	grados de libertad
n	tamaño de la muestra
p	probabilidad
r o R	coeficiente de correlación
S D	desviación estándar
t f U Z X2	pruebas estadísticas
X	media

SÍMBOLOS: Los símbolos de macho y hembra (♂, ♀) no deben ser empleados en el texto, pero pueden ser empleados en las figuras y listas de especimenes examinados. Escriba porcentaje en palabras y no en símbolos, pero use el símbolo después de un número cardinal (*e.g.* 25%, 12%). No emplee la letra X como un símbolo para la palabra “por’ ya que se puede confundir con otro similar que significa aumento o magnificación; escriba por ejemplo “red de arrastre de 15,4 m por 4,8 m”. Si emplea el signo de la multiplicación en una expresión matemática o para indicar magnificación, indíquelo como tal al margen del manuscrito.

Definición De Los Elementos Del Manuscrito

TÍTULO: En una hoja separada que precede al artículo deben indicarse el título del trabajo, el nombre del autor (o

los autores) y su dirección profesional; además, debe indicarse la dirección de correo electrónico del autor responsable para recibir toda la correspondencia relativa al manuscrito. Centre el título y escríbalo en mayúsculas incluidos los nombres científicos en cursivas. Tres espacios después del título, y escriba el (los) nombre (s) del autor (es) centrados en la página; tres espacios y escriba la dirección profesional del o los autores. El título debe ser corto y debe contener suficiente información acerca del tema tratado. Cuando en el título del trabajo se mencionen especies poco familiares a los lectores incluya la clase, el orden y la familia (separadas por dos puntos y espacio (*e.g*. Crustacea: Thalassinidea: Callianassidae). En usos subsecuentes de los nombres científicos, abrevie los nombres genéricos donde sea posible (*e.g*.: Estudios sobre *Gourretia laresi* y *G. biffari*). No abrevie los nombres científicos en títulos o subtítulos si previamente no han sido mencionados completamente.

RESUMEN: En página aparte comience el resumen, dando una tabulación en el margen izquierdo, seguido de dos puntos. Debe tener una extensión no mayor del 3% del texto completo del artículo, escrito en un solo párrafo a doble espacio y debe contener suficiente información acerca del tema tratado. Tres espacios luego del resumen, y de la misma manera escriba el "Abstract' (resumen en idioma inglés). Este debe ser una traducción lo mas precisa posible del resumen en español, observando las normas gramaticales inglesas.

Tanto en el resumen como en el Abstract, agregue no más de cinco Palabras claves (Key words).

INTRODUCCIÓN: Tres espacios después del Abstract y centrado escriba "Introducción". Debe ser una formulación del objeto del estudio en relación a sus antecedentes e importancia. Debe reflejar una investigación acerca de la literatura existente y definir el problema o interrogante a ser respondida por el estudio reportado en el artículo. Debe presentar claramente el por qué la investigación fue realizada. Al escribir la introducción evite repeticiones, pues esto alarga mucho el artículo y pierde objetividad; respalde cada aseveración con al menos una referencia y evite la creación de frases u oraciones interrogativas; asegúrese de que la evidencia bibliográfica presentada en la introducción demuestra convincentemente la necesidad del artículo; cierre la introducción con un sumario breve acerca del propósito de la investigación y el diseño del estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS: Debe limitarse a un simple enunciado, salvo cuando haya habido innovación en el método o técnica empleados, o si se tratase de una metodología poco conocida. La sección de materiales y métodos debe explicar claramente cómo se llevo a cabo la investigación.

RESULTADOS: Debe presentar la nueva evidencia que se ha generado para responder a la interrogante propuesta en la introducción del artículo. El texto debe tener resultados importantes, los datos numéricos y las ilustraciones estarán mejor presentados en tablas y figuras (véase más adelante). Si en el trabajo, el autor ha empleado métodos estadísticos los resultados deben ser significativos. Evite el escribir frases como: «se muestra cierta tendencia a variaciones en ....".

DISCUSIÓN: Debe explicar el efecto de los resultados obtenidos en el estudio acerca del objetivo inicial que provoco la investigación. La discusión debe comenzar con un resumen conciso de los resultados más resaltantes, siendo necesario respaldarlos con referencias bibliográficas pertinentes. Los datos numéricos del estudio no deben estar en esta sección ya que forma parte de los resultados. En algunos casos, esta sección puede estar en conjunto con la sección de resultados.

CONCLUSIONES: Las conclusiones deben presentar un soporte con evidencias a partir de trabajos previamente publicados y los resultados que se reportan. En algunos casos, o cuando el trabajo así lo permita.

AGRADECIMIENTO: Debe ser lo más breve posible citando a las personas involucradas en la investigación y en la edición del artículo. Debe mencionar la fuente de financiamiento (si la hubo) que posibilitó la realización del trabajo.

REFERENCIAS: La función de las referencias bibliográficas es asistir al lector a localizar las citas hechas por el autor en su artículo. Es un proceso de crecimiento ordenado del conocimiento que se tiene sobre el tema tratado. Se debe tener especial cuidado y precisión al hacer las citas de las referencias, esta es una falla muy común en los manuscritos sometidos para su publicación. Las imprecisiones en las referencias ocasionan pérdidas de tiempo a los revisores y al editor y en consecuencia retrasan la publicación del artículo.

Los documentos escritos principalmente para cumplir requerimientos administrativos no son catalogados por la mayoría de las bibliotecas, los mismos no deben ser incluidos en las referencias. De igual forma, los resúmenes de presentaciones orales o carteles enviados a congresos profesionales e impresos por separado deben excluirse de las referencias, al menos de que estos aparezcan en los "Dissertation Abstracts", " Master Abstracts" o resúmenes publicados en "Journals", en cuyo caso sí están permitidos.

ESTILO DE DOCUMENTACIÓN: Al citar referencias de información en el texto del manuscrito, emplee el estilo "SÁNCHEZ (1993)" si el nombre del autor es parte de la oración, y "(SÁNCHEZ 1993)" si no forma parte de ésta. Dos artículos de un mismo autor citados a un mismo tiempo deben ser escritos como "(SÁNCHEZ 1995, 1996)"; dos artículos publicados por el mismo autor en el mismo año deben ser escritos corno "(SÁNCHEZ 1995a, 1995b)". En los casos en que haga referencia a una tabla especifica o una figura de otra publicación, además del autor y el año debe citar la paginación *(e.g.* "SÁNCHEZ 1995: 125" o PÉREZ (1992: 9, tabla 3).

Las citas "en prensa" en el manuscrito no están permitidas, escriba el año esperado de publicación (el corriente o siguiente) y en las referencias termine la cita con (en prensa).

Las citas con dos autores hechas en el texto deben escribirse como "SÁNCHEZ & FIGUEROA (1997)" no "(SÁNCHEZ & FIGUEROA 1997)". Las citas de más de dos autores deben ser escritas en el texto como "(FIGUEROA *et al*. 1996)" o " FIGUEROA *et al*. (1996). Las citas múltiples en el texto deben ser ordenadas cronológicamente y alfabéticamente si son del mismo año, *e.g.:* (FIGUEROA 1989, 1991; MARTÍNEZ & PÉREZ 1991; PÉREZ 1996; SÁNCHEZ 1995; SÁNCHEZ & PÉREZ 1991; SÁNCHEZ *et al*. 1997). Emplee el símbolo "&"entre los apellidos de los autores en lugar de la letra "y".

Las referencias en el texto de material no publicado se deben citar como: *com. pers*. (Información obtenida oralmente) o *in litt*. (Información obtenida a través del correo).

Asimismo deben ser incluidos los nombres de las personas que han provisto la información cuando esta es referida en el texto (*e.g.*: L. B. LARES, *com. pers*.; J. VÉLEZ, *in litt*.).

Las referencias bibliográficas se deberán escribir por orden alfabético, los nombres de los autores, tanto en el texto como en la lista de referencias deben ser escritos en *VERSALITAS* o *VERSALES*. Para un mismo autor se ordenarán cronológicamente. En el caso de un mismo autor con diferentes coautores se ordenaran alfabéticamente en base a la inicial del nombre del primer coautor. Los nombres de las publicaciones en las referencias deben ser escritos en forma abreviada y correcta, ajustándose a los códigos internacionales vigentes, y en cursiva. Los manuscritos serán devueltos si los nombres de las publicaciones periódicas no se ajustan a lo anteriormente indicado. Los siguientes ejemplos indican la manera como deben ser hechas las referencias de (a) una revista, (b) un libro, (c) un capítulo de un libro y (d) las tesis y los trabajos de ascenso y (e) las citas en internet.

(a) Revista:

AIKEN, D. E. 1969. Photoperiod, endocrinology and the crustacean molt cycle. *Science* 164: 49-155.

BUITRAGO, J. 1989. Las evaluaciones del impacto ambiental de las granjas camaroneras en Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 28(1&2): 202-211.

CRISP, D. J., A. BEAUMONT, M. W. FLOWERDEW & A VARDY. 1978 The Hardy-Weinberg test, a correction. *Mar. Biol*. 146:181-183.

FUKUOKA, J. 1963. Un análisis de las condiciones hidrográficas del Mar Caribe (II). *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 22(63): 192-205.

(b) Libro:

HARRIS, H. & D. A. HOPKINSON. 1976. *Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics*. North Holland Pub. Co., London, U.K. 230 pp.

(c) Capítulo de libro:

ALVARIÑO, A. 1965. *Chaetognats.* En: *Oceanography and Marine Biology*. Ed. H. Barnes. Hafner Publishing Co., New York, USA. 3: 115-194.

(d) Trabajos de grado y de ascenso:

ANDRADE, J. 1994. *Algunos aspectos sobre la biología de*

Americonuphis magna (Polychaeta; Annelida). Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 114 pp.

Capecchi, M. F. 1989. *Estudio sobre algas arribadas en la Isla de Margarita y su utilización como fertilizante para cultivo de fitoplancton* . Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela, 85 pp.

Pineda, J 1978. *Variación mensual de las condiciones hidroquímicas de la laguna La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela*. Trab. Asc. Prof. Agregado, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela, 67 pp.

(e) Internet:

Se debe incluir el nombre de la organización patrocinadora y su localización física, ejemplo: Sanders, P. 2005. Science versus democracy. The Institute of Science in Society, London, U.K. Disponible en http//www.i-sis.org.uk/sciencevs democracy.php (revisada abril 2005)

Ilustraciones y Tablas

Las ilustraciones y tablas no deben exceder el 30% de la extensión del artículo. Deben ser relevantes, contener únicamente la información que no puede ser escrita como texto y ser autoexplicativas no requiriendo su descripción en el texto del manuscrito. Deben ser incluidas únicamente donde se necesite mostrar datos, enfatizar un punto relevante o reducir la cantidad de texto necesario para explicar un punto. Debido a los costos de publicación, las tablas deben ser empleadas únicamente cuando se deban presentar gran cantidad de datos para servir de soporte al artículo. En el texto las citas de figuras y tablas referidas a otros manuscritos deben ser escritas en letras minúsculas. Las citas de figuras y tablas propias del manuscrito deben comenzar con letra mayúscula “Fig. 1” o “TABLA 3”.

a) Ilustraciones:

Todas las figuras deben ser mencionadas específicamente en el texto, éstas deben ser enviadas en formato .TIFF con un mínimo de resolución de 300 dpi. Se les agradece a los autores no copiar y pegar las figuras en Word o Power-Point ya que pierden mucha calidad y el trabajo final es muy deficiente. Si las figuras son realizadas en tinta china deberán enviar los originales o escanear y enviar según lo indicado arriba. Los títulos de las figuras no deben aparecer sobre ésta, sino en lista aparte, a dos espacios. El tamaño recomendable para las figuras es el doble de la versión final. Los letreros deberán tener un tamaño que oscile entre 1 y 3 mm después de su reducción. Las fotografías deberán ofrecer un buen contraste en los tonos, ser hechas sobre papel brillante y contener dibujada la escala correspondiente; se admiten fotografías digitales con una resolución no menor de 4 mega píxeles impresa en láser o inyección de tinta sobre papel de calidad fotográfica. En las ilustraciones debe evitarse el exceso de espacio en blanco. Si las figuras no cumplen con lo seálado el manuscrito será devuelto a los autores para su respectivo ajuste.

b) Tablas:

Deben ser presentadas en hojas separadas con sus respectivos números y títulos y también ser mencionadas específicamente en el texto, en el estilo: (TABLA 1) o bien (TABLAS 1, 2). En la tabla, cada columna debe contener un encabezamiento, seguido entre paréntesis, por las unidades de medición empleadas. No debe usarse rayado alguno, con la excepción de las líneas horizontales del encabezado y final de la tabla. Abrevie las palabras que identifican las columnas o filas solo cuando sea necesario. Escriba el nombre completo de los meses, excepto donde el espacio no lo permita. Cuando los abrevie, emplee abreviación de tres letras sin paréntesis *e.g.*: Ene, Feb, Nov. En estos casos el tamaño de la fuente debe ser 9.

Envío De Manuscritos

Antes de someter el manuscrito a la consideración del Editor para su publicación, verifique cuidadosamente que el artículo ha sido escrito, de acuerdo a las normas de la revista, debe revisar las referencias y asegurarse de que el mismo está completo con todo el material ilustrativo.

En caso de que el manuscrito no cumpla con la normativa señalada el mismo será devuelto a su (s) autor (res) para que se haga la adecuación del mismo.

Editor
Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná,
Estado Sucre, Venezuela

Los manuscritos serán sometidos electrónicamente a: jeiovudo@gmail.com

La carta de sometimiento del trabajo para su publicación debe identificar claramente el título del artículo. Se enviará un acuse de recibo del manuscrito por parte del Editor de la revista. En una primera revisión, el Editor decidirá si el manuscrito debe enviarse a evaluación por al menos a dos expertos, o rechazarse, si no cumple con los criterios de calidad exigidos por el Boletín. Posteriormente en el caso de que el manuscrito haya sido sometido a evaluación se enviarán a los autores los comentarios de los revisores solicitando que tomen en consideración las críticas de los expertos. El autor o autores reenviaran la versión corregida del artículo al Editor y este decidirá entonces su aceptación o rechazo. Las pruebas de imprenta del artículo serán enviadas al autor para su revisión y corrección. La corrección de pruebas se limitará a los errores de imprenta, no se aceptarán modificaciones al contenido del manuscrito. Las pruebas de imprenta, una vez corregidas, deberán ser devueltas en breve plazo; vencido este plazo el Editor se reservara el derecho de retirarlo de publicación o postergar la misma.