

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

METACERCARIAS DE HEMIÚRIDOS EN COPÉPODOS DE LA ENSENADA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

METACERCARIAE OF HEMIURID IN COPEPODS FROM THE ENSENADA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

María del Carmen Gómez del Prado-Rosas¹, Isabel Valles-Vega¹, Horacio Lozano-Cobo² & Sergio Hernández-Trujillo²

¹Laboratorio de Parasitología. Departamento Académico de Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ap. P. 19-B. La Paz, B.C.S. 23080. México. mcgomez@uabcs.mx

² Departamento de Plancton y Ecología Marina. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. 23096. México.

Suggested citation: Gómez del Prado, R. M.C., Valles V. I., Lozano C. H. & Hernández T.S. 2011. Metacercariae of hemiurid in copepods from the Ensenada de la Paz, Baja California Sur, Mexico. Neotropical Helminthology, vol 5, n° 2, pp. 125-137.

Abstract

In the Bay and Ensenada de La Paz there is a strong variability in the composition and abundance of pelagic copepod species but there is no information on parasitic infection level. The early stages of trematode is unclear because they use jellyfish, ctenophores, molluscs, chaetognaths, copepods and fish larvae as first and second intermediate hosts. The aim of this work was to study the parasitic helminths in calanoid copepods in the Ensenada de la Paz, Baja California Sur, Mexico. Zooplankton was obtained with a conical net of 1.5 m in length, mesh size of 300 microns and a digital flowmeter. Net tows were made in sea surface for 5 min at 0,2 knots/h at a fixed station sampling during the last week of June 2008. Samples were fixed in formalin 4%. Copepods with parasites were sorted and identified. The extracted worms were stained with Gomori Trichome, cleared with methyl salicylate and mounted in permanent preparations with synthetic resin. Prevalence (P) and average intensity of infection (I) were calculated. Adult females of calanoid copepod *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht, 1889 had a density field of 14 100 orgs/55 m³ and only fifteen had not encysted metacercariae of hemiurids in the hemocoeloma (P = 0.106%). The hemiurids identified were: *Brachyphallus* sp. (n = 5, P = 0.035%, I = 1), *Dinosoma* sp. (n = 2, P = 0.014%, I = 1), *Hemiurus* sp. (n = 1, P = 0.014%, I = 1) and *Parahemiurus* sp. (n = 2, P = 0.021%, I = 1). The possible role of copepods as intermediate or paratenic hosts in the life cycle of helminths is discussed. This is the first record of parasitism in marine pelagic crustaceans calanoid by digeneans in Mexico.

Key words: Baja California sur, Calanoids copepods, Ensenada de La Paz, hemiurids, metacercariae, Mexico.

Resumen

En la Bahía y Ensenada de La Paz existe una fuerte variabilidad en la composición y abundancia de especies de copépodos pelágicos, pero no existe información de los niveles de infección por parásitos. Las primeras fases del ciclo de vida de los tremátodos es poco claro, debido a que utilizan medusas, ctenóforos, moluscos, quetognatos, copépodos y larvas de peces como primeros y segundos hospederos intermediarios. Por lo que el objetivo de este trabajo fue el de conocer los helmintos que presentan los copépodos calanoides en la Ensenada de la Paz, Baja California Sur, Mexico. El zooplancton fue obtenido con una red cónica de 1,5 m de longitud, malla de 300 µm y un flujómetro digital. Los arrastres fueron superficiales y circulares por 5 min a una velocidad de 0,2 nudos/h en una estación fija de muestreo durante la última semana de junio de 2008. Las muestras se fijaron en formalina 4%. Los copépodos parasitados se separaron e identificaron. Los helmintos extraídos se tiñeron con Tricómica de Gomori, se aclararon con salicilato de metilo y se montaron en preparaciones permanentes con resina sintética. Se calculó la prevalencia (P) e intensidad promedio de infección (I).

El copépodo *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht, 1889 tuvo una densidad de 14 100 orgs/55 m³ y solamente quince hembras adultas presentaron metacercarias no enquistadas de hemiúridos en el hemoceloma (P= 0,106%). Los hemiúridos identificados son: *Brachyphallus* sp. (n= 5; P= 0,035%; I=1), *Dinosoma* sp. (n= 2; P= 0,014 %; I=1), *Hemiurus* sp. (n=1; P= 0,014%; I=1) y *Parahemiurus* sp. (n=2; P=0,021%; I=1). Se discute el posible papel del copépodo como hospedero intermediario o paraténico en el ciclo de vida de los helmintos. Éste es el primer registro de parasitismo en crustáceos pelágicos calanoides marinos por digéneos en México.

Palabras clave: Baja California sur - Copépodos calanoides - Ensenada de La Paz - Hemiúridos - metacercarias - México.

INTRODUCCION

Los copépodos son uno de los grupos de crustáceos con mayor diversidad, abundancia y distribución. En México se reconocen aproximadamente 479 especies pelágicas marinas de vida libre tanto del Pacífico como del Atlántico (Suárez-Morales & Gasca, 1997; Suárez-Morales *et al.*, 2000). Hardy (1970) consideró que los copépodos sobrepasan en número a los insectos y nemátodos y por su abundancia, llegan a conformar hasta el 90% del total de la biomasa zooplanctónica y del 60 al 80% en regiones oceánicas y neríticas (Björnberg, 1981; Casanova *et al.*, 1982; Raymont, 1983).

Por los atributos antes mencionados, son considerados clave en el seguimiento de procesos ecológicos a micro, meso y macroescala (Suárez-Morales, 2003). Se conoce que la estructura de la comunidad de copépodos se comporta de acuerdo con el gradiente costa-océano y muestra patrones de distribución discernibles (Suárez-Morales *et al.*, 1990; López-Salgado & Suárez-Morales, 1998). Los copépodos también desempeñan un papel importante como hospederos intermediarios de helmintos y como vectores de enfermedades de importancia en ambientes terrestres y acuáticos tanto marinos como dulceacuícolas, ya que los copépodos infectados son alimento de varias especies de peces que actúan como hospederos intermediarios secundarios, además de haber desarrollado la vida parasitaria (Meyers, 1990).

Los copépodos son hospederos de bacterias, protozoarios, helmintos, e inclusive, crustáceos isópodos (Kabata, 1973; Théodorides, 1989; Meyers, 1990; Shields, 1994). Los efectos en los hospederos que pueden causar la presencia de estos parásitos incluyen la disminución en la habilidad de movimiento y mantenimiento de la profundidad deseada en la columna de agua, pueden reducir su fertilidad, ser menos estables en la columna de

agua lo que provoca que sean un blanco más fácil para sus depredadores. También pueden tener dificultades con la actividad de pastoreo (Willey *et al.*, 1990; Allen & De Stasio, 1993; Chiavelli *et al.*, 1993). El parasitismo puede ser considerado como un regulador potencial de las poblaciones de copépodos dulceacuícolas, aunque no se conoce si puede suceder lo mismo en las poblaciones marinas (Ianora *et al.*, 1987).

La asociación entre copépodos y bacterias fue estudiada por Nagasawa *et al.* (1985) quienes encontraron que la colonización de bacterias en el copépodo *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889, que es el más abundante en la bahía de Tokio, Japón se presentó en zonas específicas referidas a la unión de los segmentos y las patas.

Los efectos que causan los dinoflagelados *Atelodinium* y *Blastodinium*, parásitos en el celoma y luz intestinal respectivamente del copépodo *Paracalanus parvus* (Claus, 1863) en el Golfo de Nápoles, Mediterráneo de Italia fueron estudiados por Ianora *et al.* (1987), encontrando que *Atelodinium* provoca una reducción en el volumen del estómago, degeneración de las gónadas de las hembras y su nado fue notoriamente más lento y en espiral. Los copépodos parasitados mostraron una marcada estacionalidad, siendo más abundantes en la mitad del verano y otoño. Las formas jóvenes fueron más parasitadas (más del 30%) que las adultas (8%). Los machos no albergaron parásitos. Los copépodos con *Blastodinium* no mostraron cambios morfológicos en el grosor del tegumento, tamaño, color o forma, su nado no fue anormal y las hembras no tuvieron puestas de huevos. La infección también fue mayor en los jóvenes (1,2%) comparada con la de las hembras (0,3%) y los machos tampoco presentaron parásitos.

Otro aspecto a considerar fue la mayor abundancia de individuos femeninos con características masculinizantes (individuos intersexados), representadas por la presencia de dos o más artejos en el quinto par de patas (una hembra normal presenta solamente un artejo y los machos cuatro artejos en la quinta pata izquierda) (Boxshall & Halsey, 2004).

También se ha observado en condiciones experimentales que la actividad de pastoreo de *Acartia tonsa* Dana, 1849 y su fecundidad disminuyen al ser alimentados con el dinoflagelado neurotóxico *Karenia brevis* (Davis, 1948) (G. Hansen et Moestrup, 2000), productor de marea roja en el Golfo de México (Breier & Buskey, 2007).

En aguas costeras de Spitsbergen del área de Kongsfjorden, Noruega, Walkusz & Rolbiecki (2007) estudiaron los protozoarios ciliados epibiontes y parásitos de *Calanus finmarchicus* (Gunner, 1765), *C. glacialis* Jaschnov, 1955, *Metridia longa* (Lubbock, 1854) y *Paraeuchaeta norvegica* (Boeck, 1872). Audemard et al. (2001) estudiaron el protozoario *Marteilia refringens* Gritzel, Comps, Bonami, Cousserans, Duthoit & Le Pennec, 1974 parásito del copépodo *Paracartia (Acartia) grani* Sar G. O., 1904 en la bahía Marennes-Oléron al suroeste de Francia.

Entre los helmintos que parasitan a los copépodos se encuentran las fases larvianas de tremátodos monogéneos, digéneos, céstodos y nemátodos. Meyers (1990) menciona la presencia del monogéneo *Udonella* sobre el cefalotórax de copépodos pertenecientes a la familia Caligidae que son parásitos de peces.

Por su parte, Madhavi (1968) registró a *Paracalanus aculeatus* Giesbrecht, 1888 albergando a un didymozoido en la costa de Waltair, bahía de Bengala, India. Steuer (1928) recopiló la información disponible hasta ese momento y señaló a las especies *Pseudocalanus elongatus* (Boeck, 1865), *Paracalanus parvus* (Claus, 1863), *A. clausi*, *Calanus finmarchicus* Gunners, 1770, *Temora longicornis* Müller O. F., 1775 y *Centropages hamatus* (Lilljeborg, 1853), que albergan a varias especies de hemiúridos apendiculados (con escama) en diversas regiones de Inglaterra y Mar del Norte, entre los que se encuentran *Dinurus* (Dollfus, 1927) y *Hemiurus communis* Odhner, 1905 (Lebour, 1923).

Hunninen & Cable (1943) describen el ciclo biológico de *Lecithaster confusus* Odhner, 1905 obtenido experimentalmente de varias especies de copépodos de *Acartia* en Massachusetts.

Respecto a larvas de céstodo del orden Proteocephalidea, Falavigna et al. (2003) las encontraron en la cavidad del cuerpo del primer segmento cefalotorácico de copépodos ciclopoideos del río Paraná, Brasil. Un macho y una hembra pertenecen al género *Paracyclops* sp. y otras hembras a *Paracyclops* sp., *Thermocyclops minutus* (Lowndes, 1934) y *Mesocyclops longisetus* (Thiébaud, 1912). El desarrollo de los céstodos varió de hexacanto a merocercoide completamente formado.

Mueller, 1965 (In: Meyers, 1990) registró que los coracidios de *Spirometra mansonoides* (Mueller, 1935) puede parasitar del 70% al 80% de las poblaciones del copépodo *Cyclops vernalis* Fischer, 1853, causando el retardo en el desarrollo por inhibición de la muda y castración.

Por otro lado, Huizinga (1966) infectó experimentalmente a *C. vernalis* y *Tigriopus californicus* (Baker, 1912) con larvas II del nemátodo *Contraecaecum spiculigerum* (Rudolphi, 1809) y se desarrollaron de 6 a 10 gusanos en cada especie de copépodo. Los hospederos murieron de uno a seis días y durante este tiempo se observó incremento en la talla de los nemátodos, pero no mudaron.

De & Maity (1999) realizaron infecciones experimentales de larvas eclosionadas del huevo del nemátodo *Onchocamallanus bagarii* (Karve et Naik, 1951) en copépodos de las especies *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857) y *M. crassus* (Fischer, 1853) en el oeste de Bengala, India, obteniendo el desarrollo de las larvas III maduras en su hemocele.

En México, solamente se conoce el papel que tienen los copépodos dulceacuícolas de las especies *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851), *Cyclops strennus* (Fisher, 1851) y *C. viscinus* Uljanin, 1875 en el estado de Tabasco, como primeros hospederos intermediarios en el ciclo de vida del nemátodo *Gnathostoma* (Hernández-Gómez et al., 2008).

Si bien se sabe que en la Bahía y Ensenada de La Paz existe una fuerte variabilidad en la composición y abundancia de especies de copépodos pelágicos asociada a los ciclos estacionales (Palomares-García, 1996) y a eventos como El Niño (Lavaniegos-Espejo & González-Navarro, 1999), prácticamente no existe información de los niveles de infección por parásitos que eventualmente pudieran tener algún efecto en la distribución y abundancia de este importante grupo, por lo que el objetivo de este trabajo fue el de conocer los ligeneos parásitos que presentan los copépodos calanoides en la Ensenada de la Paz, Baja California Sur, México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado siguiendo las previsiones legales mexicanas relativas al uso de animales para experimentación científica. Los ejemplares de zooplancton provinieron de muestreos convencionales en el análisis ecológico de ecosistemas marinos. Asimismo todo el proceso de investigación fue llevado a cabo aplicando el método científico.

En agosto de 2008, febrero y junio de 2009 durante diez días en cada ocasión y en una estación fija en la Ensenada de La Paz (Cruz-Ayala, 1996), se realizaron muestreos de zooplancton con una red cónica de 60 cm de diámetro de boca y luz de malla de 333 μm , equipada con un flujómetro para estimar el volumen de agua filtrado; (Obeso-Nieblas *et al.*; 1993. los arrastres fueron superficiales y en círculo con duración de 5 min entre las 7:30 y 8:00 AM durante la marea más alta

(Fig. 1). Las muestras obtenidas se fijaron en formalina al 10%. Los copépodos infectados fueron separados, identificados y cuantificados; una vez identificadas las especies infectadas, se procedió a determinar la abundancia en la muestra madre y se estandarizó a 100 m³ de agua filtrada (Smith & Richardson, 1979).

La abundancia del copépodo en el medio natural se utilizó para calcular la prevalencia (P%) e intensidad promedio de infección (I) siguiendo el criterio de Bush *et al.* (1997). Los parásitos y hospederos se conservaron en frascos viales con alcohol etílico anhidro al 70%, para ser teñidos con Tricómica de Gomori, aclarados en salicilato de metilo y montados en preparaciones permanentes con resina sintética.

Se realizaron esquemas de cada uno de los helmintos con la ayuda de un microscopio compuesto con cámara clara en un aumento de 40x. Los parásitos se depositaron en la Colección Parasitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (CPHN-UABCS).

RESULTADOS

Se revisaron muestras de zooplancton obtenidas en verano e invierno (Tabla 1). Solo en una de ellas (27 de agosto de 2008), se encontraron quince hembras adultas de *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht, 1889 parasitadas por metacercarias no enquistadas de trematodos digéneos de la familia Hemiuridae en su hemocele (Fig. 2).

Tabla 1. Abundancia de *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht, 1889 en la Ensenada de La Paz, BCS.

Fecha	Est./Sec.	Hr	m3	Hp	P%
26/08/2008	1	6045	67	0	0
27/08/2008	2	14100	55	15	0,106
28/08/2008	3	6800	57	0	0
26/08/2008	5	8600	66	0	0
22/02/2009	1	9325	48	0	0
05/06/2009	5	26160	250	0	0

Est. = Estación. Sec. = Sección. Hr = Número de hospederos revisados. m³ metros cúbicos rensados.
Hp = Número de hospederos parasitados. P % = Prevalencia (en porcentaje).

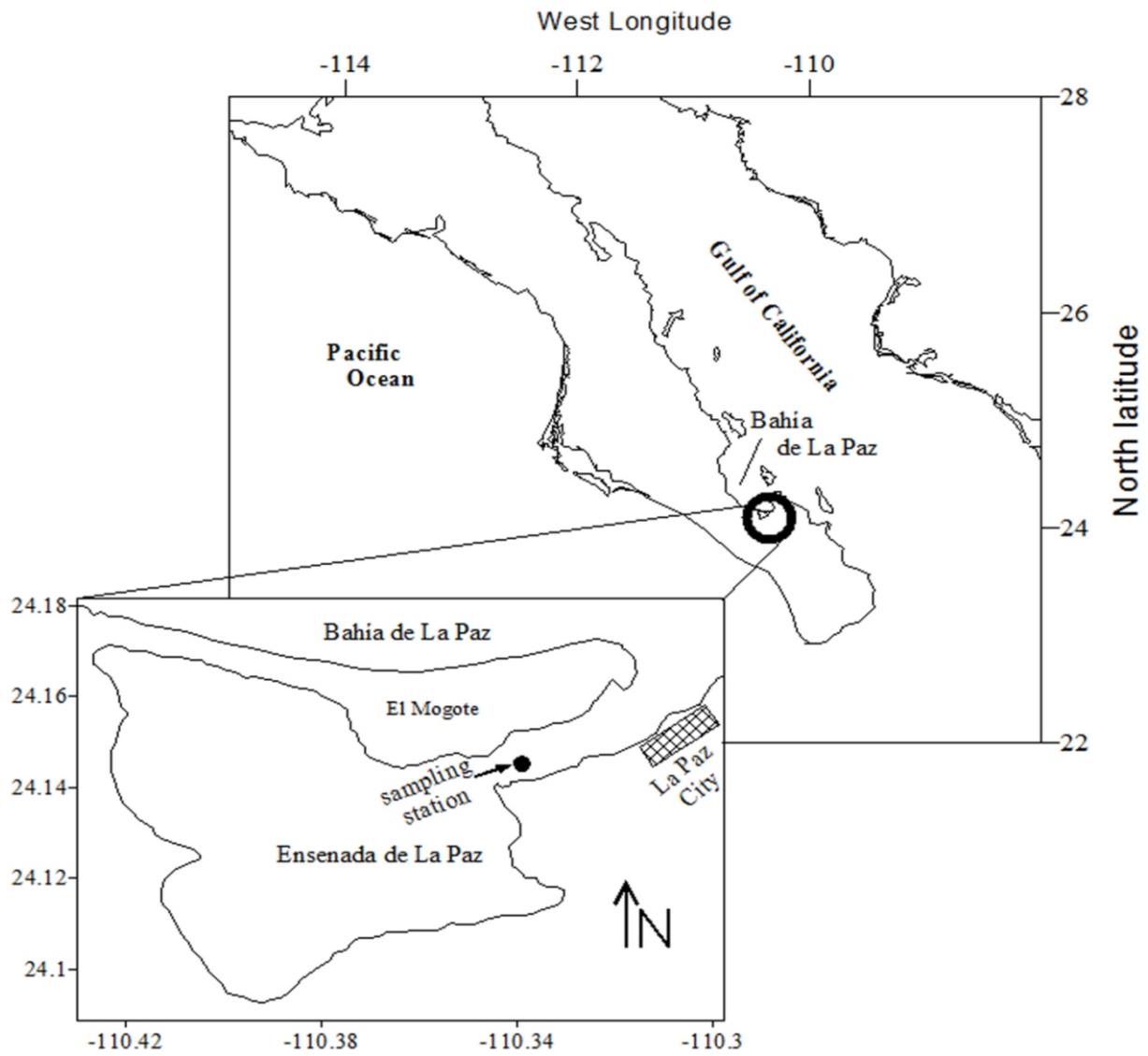


Figura 1. Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México.



Figura 2. *Acartia lilljeborgii* con un parásito en el hemocel.



Figura 3. *Acartia lilljeborgii* con una metacercaria en proceso de penetración.

Al efectuarse la estimación de la abundancia de *A. lilljeborgii*, se encontró que en el medio la especie tuvo una densidad de 14 100 orgs/55 m³ y la proporción de la población infestada (P) fue del 0,106%. Las metacercarias se encontraron en proceso de penetración al hemocele de su hospedero, por lo que en varios copépodos se observaron los parásitos con la mitad del cuerpo fuera del hospedero, sin embargo, debido a la manipulación a la que fueron sometidas las muestras, varios helmintos se encontraron libres (Fig. 3).

Las características morfológicas de importancia taxonómica que se consideraron en la identificación de los hemiúridos son la presencia de tegumento aserrado o plicado, pit preacetabular, ecsoma, morfología de las glándulas vitelógenas y la posición de la vesícula seminal respecto al acetábulo. Los géneros identificados (Figs. 4 al 7), así como la información correspondiente a su prevalencia e intensidad media de infección se encuentran en la Tabla 2.

Otros dos ejemplares de hemiúridos mostraron un incipiente grado de madurez de las estructuras reproductoras y dos más se encontraron rotos por lo que no se pudo realizar su identificación.

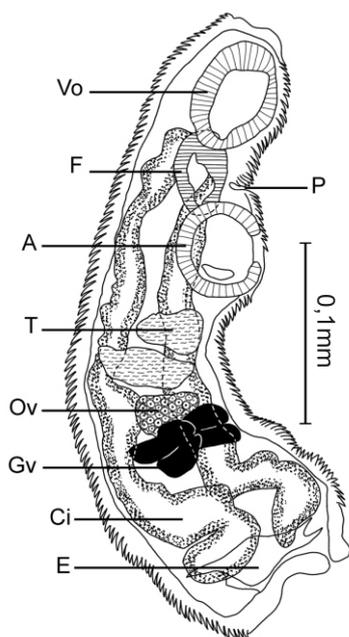


Figura 4. *Brachyphallus* sp. Vo = Ventosa oral. F = Faringe. P= Poro genital. A = Acetábulo. T = Testículo- Ov = Ovario. Gv = Glándula vitelógena. Ci = Ciegos intestinales. E = Ecsoma.

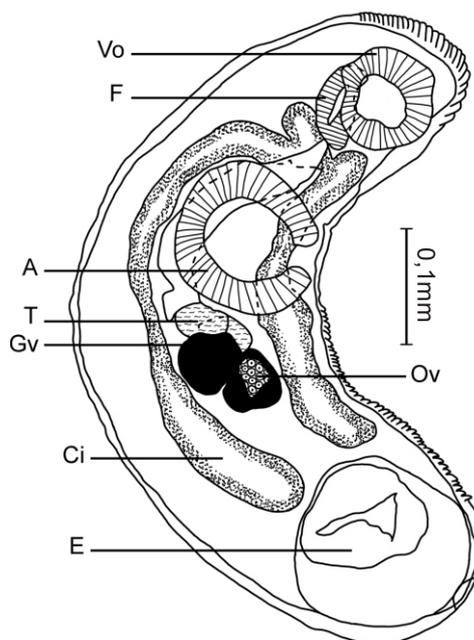


Figura 5. *Dinosoma* sp. Vo = Ventosa oral. F = Faringe. A = Acetábulo. T = Testículo- Ov = Ovario. Gv = Glándula vitelógena. Ci = Ciegos intestinales. E = Ecsoma.

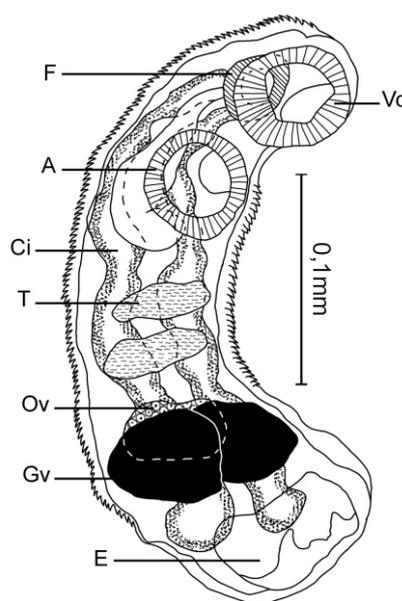


Figura 6. *Hemiurus* sp. Vo = Ventosa oral. F = Faringe. A = Acetábulo. T = Testículo- Ov = Ovario. Gv = Glándula vitelógena. Ci = Ciegos intestinales. E = Ecsoma.

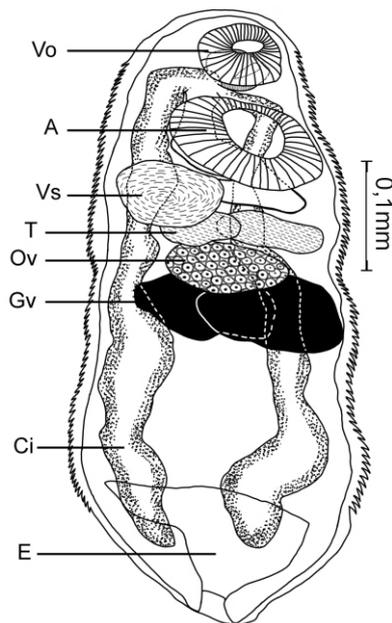


Figura 7. *Parahemiurus* sp. Vo = Ventosa oral. Vs = Vesícula seminal. A = Acetábulo. T = Testículo- Ov = Ovario. Gv = Glándula vitelógena. Ci = Ciegos intestinales. E = Ecsoma.

DISCUSIÓN

Acartia lilljeborgii es una de las 52 especies del género que vive en aguas estuarinas y costeras, y en conjunto con otras especies constituyen el conjunto dominante del zooplancton nerítico logrando grandes densidades y representa una importante fuente de alimento para el propio mesozooplancton y peces nectónicos (Boxshall & Halsey, 2004).

En la Bahía y Ensenada de La Paz, *A. lilljeborgii* está presente prácticamente todo el año, aunque sin una estacionalidad definida, dado que los niveles de abundancia son variables, es una de las especies predominantes en la comunidad y solo es superada en abundancia por *A. clausi* (Hernández-Trujillo, en preparación). *A. lilljeborgii* es un copépodo calanoide que en su etapa adulta su longitud estándar está entre 0,96 y 1,1 mm, aunque esto puede variar dependiendo de la época del año y de la calidad y cantidad de alimento disponible (Martínez López *et al.*, 2001).

Tabla 2. Hemiúridos encontrados en *Acartia lilljeborgii* de la estación 2 de la Ensenada de La Paz, BCS, México. Hr = Número de hospederos revisados. Hp = Número de hospederos parasitados. CPHN-UABCS = Colección Parasitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Parásito	Hr/Hp (P%)	I	Sitio de infección	No. de Catálogo CPHN-UABCS
<i>Brachyphallus</i> sp. (Fig. 4) (n = 5)	14 100/5 (0,035)	1	Hemocele	0518
<i>Dinosoma</i> sp. (Fig. 5). (n = 1)	14 100/2 (0,007)	1	Hemocele	0519
<i>Hemiurus</i> sp. (Fig. 6) (n = 2)	14 100/1 (0,014)	1	Hemocele	0520
<i>Parahemiurus</i> sp. (Fig. 7). (n = 3)	14 100/2 (0,021)	1	Hemocele	0521
No identificados y rotos (n = 2 +2)	14 100/2 (0,014+ 0,014)	1	Hemocele	-

Como se mencionó anteriormente, los tremátodos digéneos, céstodos y nemátodos son los helmintos que más frecuentemente parasitan a organismos zooplánctonicos, principalmente en el celoma de los quetognatos en donde se alojan libremente (Pierrot-Bults, 1990). Madhavi (1968) indicó que los crustáceos son presumiblemente los segundos hospederos intermediarios de helmintos hemiúridos y didimozoides. En el caso de los copépodos estos helmintos también ocupan la

cavidad celómica (hemoceloma), aunque, en ocasiones, el tamaño de los helmintos sea mayor que el del hemoceloma de sus hospederos y no permita su total acomodo, como puede ser el caso de los hemiúridos de *A. lilljeborgii* en el presente trabajo, al encontrarse con la mitad del cuerpo fuera del de su hospedero y ser, probablemente, la causa principal que, con la manipulación de las muestras se suelten y sean encontradas libres en el agua.

Por otro lado, el hecho de haber encontrado los parásitos en las muestras del verano, parece coincidir con lo mencionado por Steuer (1928) quien resaltó la presencia del hemiúrido *Hemiurus lühei* Odhner, 1905 en *Clupea harengus* (Linnaeus, 1758) y *C. sprattus* (Linné) de aguas danesas, especies de peces cuya alimentación se basa en organismos zooplácticos. Mencionó que los copépodos *P. elongatus* y *P. parvus* constituyen más del 80% del alimento de estas sardinas, la primera especie es más abundante en primavera y la segunda en otoño. Otras especies que forman parte de su alimentación pero con menor abundancia son *C. hamatus* (3%) y *T. longicornis* (más del 14%) también en primavera. El hemiúrido *H. lühei* se ha encontrado en estas cuatro especies de copépodos, lo que ha dado pauta para creer en un paralelismo entre la frecuencia del alimento de las sardinas (copépodos) y la frecuencia de infección por el hemiúrido en copépodos. Falavigna *et al.* (2003) también observaron estacionalidad de la abundancia en los copépodos parasitados con las larvas de céstodos en el río Paraná, siendo más numerosos al final de la primavera y en el verano, lo cual coincide con el periodo de inundación y de reproducción de los copépodos y peces. Por su parte, Dogiel (1970) menciona que la reproducción favorece la infección y parasitismo de los organismos acuáticos.

Más recientemente se ha observado que *A. lilljeborgii* no solo es infestado por helmintos, como aquí se ha mostrado, sino que también es susceptible a ser parasitado externamente por diatomeas penales (*Licmophora* sp.) (Gárate-Lizárraga & Muñetón-Gómez, 2009), lo que influye directamente en el grado de movilidad que puede tener el copépodo en la columna de agua, además de elevar su vulnerabilidad ante los depredadores y competidores.

Si bien, el presente trabajo representa el inicio del conocimiento de la helmintofauna en organismos zooplácticos de la Ensenada de La Paz, el hecho de haber encontrado a los digéneos solamente en las muestras de verano hace pensar en la posibilidad de un aparente paralelismo entre las abundancias estacionales del parásito y de su hospedero. Sin embargo, para asegurar la

existencia real de tal paralelismo, es necesario revisar un mayor número de muestras y conocer con más detalle las condiciones hidrográficas de la zona de muestreo para tratar de explicar su posible relación con las abundancias de los copépodos. Coincidente con este aspecto, Pavanelli *et al.* (1997) mencionan que tanto los factores abióticos (oscilaciones del flujo hidrográfico, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y turbulencia del agua) como los bióticos (composición de la fauna zooplanctónica y béntica) son de primordial importancia en la susceptibilidad de los hospederos para la adquisición de sus parásitos o infecciones.

Relacionado con los valores bajos de prevalencia obtenidos en este trabajo (0,007% a 0,035%), coinciden con lo expresado por Falavigna *et al.* (2003) quienes registraron un 0,3% de copépodos infectados con los céstodos proteocefálicos, por Doby & Jareka (1966) y por Marcogliese (1995) quienes encontraron valores de 0,001 a 1%.

En infecciones naturales por helmintos, generalmente se encuentra una sola larva en el hemoceloma de sus hospederos copépodos, y de acuerdo con Scholz (1999) esto parece ser la regla general en las infecciones naturales, no así en las experimentales (Falavigna, 2002).

Respecto a la aparente preferencia de algunos parásitos por presentarse solamente en hembras, y si bien, no es una regla general, los resultados de este trabajo parecen coincidir con lo obtenido por Ianora *et al.* (1987) quienes encontraron solamente a las hembras parasitadas por dos especies de dinoflagelados y por Falavigna *et al.* (2003) al encontrar un mayor número de hembras parasitadas por las larvas de céstodos en contraste con los machos.

Finalmente, en relación con los hemiúridos, Klimpel & Rückert (2005) consideran que los hemiúridos presentan una estrategia de ciclo de vida de Tipo 1 es decir, los que tienen fases larvarias o estadios con reproducción asexual, y son generalistas por no presentar especificidad hospedatoria. Varios autores los han considerado como un grupo cosmopolita y con gran diversidad, por encontrarse en forma adulta en una gran variedad de peces teleósteos (sus hospederos definitivos) (Manter, 1940, 1947, 1954; Bray *et al.*, 1993; León-Régagnon *et al.*, 1997) y en su forma

larvaria como metacercaria en un gran elenco de invertebrados como hospederos intermediarios o paraténicos (Steuer, 1928; Hunninen & Cable, 1943; Overstreet & Hochberg, 1975).

En México y en una recopilación hecha por León-Règagnon *et al.* (1997), señalaron que 27 de las 32 especies de hemiúridos registradas hasta ese momento, se encontraron parasitando a peces marinos. Las localidades en donde se han encontrado hemiuriformes adultos son Bahía de Chamela (León-Règagnon *et al.*, 1997), las islas Socorro y Clarión, así como la bahía Tenacatita en Jalisco (Manter, 1940) e Isla Mujeres y Puerto Morelos en Quintana Roo (Lamothe-Argumedo *et al.*, 1997).

En cuanto a las formas larvianas, los únicos registros que hay en el país de metacercarias de hemiúridos en organismos zooplácticos son los de Gómez del Prado-Rosas *et al.* (2005) quienes encontraron a *Brachyphallus* sp., *Ectenurus* sp. y *Lecithochirium* sp. en especies de quetognatos en varias zonas de la costa de Quintana Roo y de Lozano-Cobo (2007) también en quetognatos de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Por lo anterior, este trabajo es el primer registro de parasitismo en copépodos pelágicos por digéneos en el área de estudio.

Respecto al género *Acartia*, ha sido registrado como hospedero de dinoflagelados [en *A. clausi* y *A. tonsa* (Nagasawa *et al.*, 1985; Breier & Buskey, 2007, respectivamente)] y metacercarias de hemiúridos [en *A. clausi* (Dollfus, 1923; Steuer, 1928; Hunninen & Cable, 1934)]. Al parecer, esta aparente preferencia de los parásitos por albergarse en las diferentes especies de *Acartia*, puede ser un efecto de su abundancia en la biomasa zoopláctica, al ser uno de los géneros que se presenta con mayor frecuencia y dominancia. De acuerdo con Moravec *et al.* (1995) para que un parásito se albergue en un hospedero, éste necesita ser abundante.

También es importante mencionar que los helmintos no causaron efectos notables en la morfología de las hembras de *A. lilljeborgii*, excepto la lisis del tejido del cefalotórax durante el proceso de penetración. Al respecto, Hunniner & Cable, 1943, al estudiar el ciclo de vida del hemiúrido *Lecithaster confusus* Odhner, 1905 en Massachusetts, USA observaron la infección de los copépodos del género *Acartia* al ponerlos en recipientes conteniendo caracoles

infectados con cercarias de este hemiúrido. Esta vía de infección se considera dentro del patrón general del ciclo de vida de los tremátodos digéneos en los que los moluscos gasterópodos, entre otros, son el primer hospedero intermediario en cuyo interior se desarrollan las primeras fases larvianas de estos helmintos, es decir, esporocistos, redias y cercarias. La última de estas fases es la que accede al segundo hospedero intermediario que, en este caso, está representado por los copépodos *Acartia*.

En el presente trabajo *A. lilljeborgii* se registra por primera vez como hospedero de las metacercarias de los hemiúridos *Brachyphallus* sp. *Dinosoma* sp. *Hemiurus* sp. y *Parahemiurus* sp. y al ser una de las especies dominantes en la Ensenada de La Paz, BCS, se aplica lo expresado previamente por Moravec *et al.* (1995), definiendo de mejor manera su papel como hospedero intermediario de los hemiúridos encontrados. Sin embargo, se desconocen los diferentes aspectos relacionados con el ciclo de vida de estos tremátodos, lo que da pauta a continuar con estos estudios para conocer los ciclos de vida de las especies de tremátodos mencionadas. También es importante enfatizar que entre las limitaciones del trabajo puede considerarse la cobertura espacial y temporal del zooplancton, dado que el material proviene de una zona muy localizada de la Ensenada (Espinoza & Rodríguez, 1987).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Marco Salazar Bermúdez por la edición de las figuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, YC & De Stasio, BT. 1993. *Individual and population level consequences of an algal epibiont on Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, vol. 38, pp. 592–601.
- Audemard, C, Le Roux, F, Barnaud, A, Collins, C, Sautour, B, Sauriau, PG, De Montaudouin, X, Coustau, C, Combes, C & Berthe, F. 2001. *Needle in a haystack: involvement of the copepod Paracartia grani in the life-cycle of the oyster pathogen Marteilia refringens*. *Parasitology*, vol. 124, pp. 315–323.

- Breier, CF & Buskey, EJ. 2007. *Effects of the red tide dinoflagellate, Karenia brevis, on grazing and fecundity in the copepod Acartia tonsa*. Journal of Plankton Research, vol. 29, pp. 115–126.
- Bjornberg, TKS. 1981. *Copepoda*. pp. 587-679. In Boltovskoy, D. (ed.). *Atlas del zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino*. Publicación Especial, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina.
- Boxshall, G & Halsey, S. 2004. *An introduction to Copepod diversity*. The Ray Society, vol. 166, pp. 421.
- Bray, RA, Cribb, TH & Barker, SC. 1993. *Hemiuridae (Digenea) from marine fishes of the Great Barrier Reef, Queensland, Australia*. Systematic Parasitology, vol. 25, pp. 37-62.
- Bush, AO, Lafferty, KD, Lotz, JM & Shostak, AW. 1997. *Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited*. Journal of Parasitology, vol. 83, pp. 575-583.
- Casanova, BJ, Casanova, F, Dueret, F & Rampal, J. 1982. *Biomasse et composition chimique et faunistique du zooplankton du secteur senegambien (Campagne CINECA de la "Thalasse", aout, 1975)*. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions - Conseil International Pour L'exploration de La Mer, vol. 180, pp. 266-269.
- Chiavelli, DA, Mills, EL & Threlkeld, ST. 1993. *Host preferences, seasonality, and community interactions of zooplankton epibionts*. Limnology and Oceanography, vol. 38, pp. 574–583.
- Cruz-Ayala, MB. 1996. *Variación espacio-temporal de la fitoflora y su abundancia relativa en la Bahía de La Paz, B.C.S. México*. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.
- De, NC & Maity, RN. 1999. *Larval development of Onchocamallanus bagarii (nematode: Camallanidae) in copepods*. Folia Parasitologica, vol. 46, pp. 53-58.
- Doby, JM & Jarecka, L. 1966. *Complément à la connaissance de la morphologie et de la biologie de Proteocephalus macrocephalus (Creplin 1825), cestode parasite de l'Anguille*. Annales de Parasitologie Humaine et Comparee, vol. 41, pp. 429-442.
- Dogiel, VA. 1970. *Ecology of the parasites of freshwater fishes*. pp. 1-47. In Dogiel, VA, Petrushevski, GK & Polyanski, YI. (eds.). *Parasitology of fishes*. TFH Publications, Hong Kong.
- Dollfus, RP. 1923. *Remarques sur le cycle évolutif des Hemiurides*. Annales de Parasitologie Humaine et Comparee, vol. 1, pp. 345-351.
- Dollfus, RP. 1927. *Sur une métacercarie progénétique d'hemiuridae (Trémat. Digen.)*. Bulletin biologique de la France et de la Belgique, vol. 61, pp. 49-57.
- Espinoza, J & Rodríguez, H. 1987. *Seasonal phenology and reciprocal transplantation of Sargassum sinicola Setchell et Gardner in the southern Gulf of California*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, vol. 110, pp. 183-195.
- Falavigna, DLM. 2002. *Aspectos do ciclo evolutivo de Proteocefalídeos (Platyhelminthes: Cestoda) parasitas de peixes e microcrustáceos da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná*, Ph D Thesis, Universidad Estadual de Maringá.
- Falavigna, DLM, Machado Velho, LF & Pavanelli, GC. 2003. *Proteocephalidean larvae (Cestoda) in naturally infected cyclopoid copepods of the Upper Paraná River Floodplain, Brazil*. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, vol. 98, pp. 1-4.

- Gárate-Lizárraga, I. & Muñetón-Gómez, MS. 2009. *Primer registro de la diatomea epibionte Pseudohimantidium pacificum y de otras asociaciones simbióticas en el Golfo de California*. Acta Botánica Mexicana, vol. 88, pp. 31-45.
- Gómez del Prado-Rosas, MC, Álvarez-Cadena, JN, Segura-Puertas, L & Lamothe-Argumedo, R. 2005. *Hemiurid metacercariae (Trematoda) in Chaetognaths from the Mexican Caribbean Sea*. The Helminthological Society of Washington, vol. 72, pp. 230-233.
- Hardy, A. 1970. *The Open Sea. The World of Plankton*. Collins, London.
- Hernández-Gómez, RE, Rangel-Ruiz, LJ & López-Jiménez, S. 2008. *Registro de la larva del tercer estadio avanzado de Gnathostoma sp. (Nematoda: Gnathostomatidae) en la cuenca del río Usumacinta, Tabasco, México*. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo, vol. 24, pp. 61-65.
- Huizinga, HW. 1966. *Studies on the life cycle and development of Contracaecum spiculigerum (Rudolphi, 1809) (Ascaroidea: Heterochellidae) from marine piscivorous birds*. The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, vol. 82, pp. 181-195.
- Hunninen, AV & Cable, RM. 1943. *The life history of Lecithaster confusus Odhner (Trematoda: Hemiuridae)*. Journal of Parasitology, vol. 29, pp. 71-79.
- Ianora, A, Mazzocchi, MG & Scotto, B. 1987. *Impact of parasitism and intersexuality on Mediterranean populations of Paracalanus parvus (Copepoda: Calanoida)*. Diseases of Aquatic Organisms, vol. 3, pp. 29-36.
- Kabata, Z. 1973. *Distribution of Udonella caligorum Johnston, 1835 (Monogenea: Udonellidae) on Caligus elongatus Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae)*. Journal of Fisheries Research Board of
- Klimpel, S & Rückert, S. 2005. *Life cycle strategy of Hysterothylacium aduncum to become the most abundant anisakid fish nematode in the North Sea*. Parasitology Research, vol. 97, pp. 141-149.
- Lamothe-Argumedo, R, García Prieto, L & Pérez-Ponce de León, G. 1997. *Helmintos parásitos de vertebrados del área de influencia de Sian Ka 'an, Quintana Roo, México*. pp. 131-135. In Navarro, D & Robinson, JG. (eds.). *Diversidad Biológica en la Reserva de la Biósfera Sian Ka 'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México.
- Lavaniegos-Espejo, B & González-Navarro, E. 1999. *Cambios en la comunidad de copépodos durante el ENSO 1992-93 en el Canal de San Lorenzo, Golfo de California*. Ciencias Marinas, vol. 25, pp. 239-265.
- Lebour, MV. 1923. *Note on the life history of Hemiurus communis Odhner*. Parasitology, vol. 15, pp. 233-235.
- León-Règagnon, V, Pérez-Ponce de León, G & Lamothe-Argumedo, R. 1997. *Hemiuriformes de peces marinos de la Bahía de Chamela, México, con la descripción de una nueva especie del género Hysterolecitha (Digenea: Hemiuridae: Lecithasterinae)*. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, vol. 68, pp. 1-34.
- López-Salgado, I & Suárez-Morales, E. 1998. *Copepod assemblages in surface waters of the Western Gulf of Mexico*. Crustaceana, vol. 71, pp. 312-330.
- Lozano-Cobo, H. 2007. *Helmintofauna de quetognatos de la zona lagunar y costera del norte de Quintana Roo, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- Madhavi, R. 1968. *A didymozid metacercaria from the copepod, Paracalanus aculeatus, from Bay of Bengal*. Journal of Parasitology, vol. 54, pp. 629.

- Manter, HW. 1940. *Digenetic trematodes of fishes from the Galapagos Islands and the neighboring Pacific*. Allan Hancock Pacific Expeditions, vol. 2, pp. 325-497.
- Manter, HW. 1947. *The digenetic trematodes of marine fishes of Tortugas, Florida*. The American Midland Naturalist, vol. 38, pp. 257-416.
- Manter, HW. 1954. *Some digenetic trematodes from fishes of New Zealand*. Transactions of the Royal Society of New Zealand, vol. 82, pp. 475-568.
- Marcogliese, DJ. 1995. *The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, vol. 5, pp. 336-371.
- Martínez-López, A, Cervantes-Duarte, R, Reyes-Salinas, A & Valdez-Holguín, JE. 2001. *Cambio estacional de clorofila a en la Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Hidrobiológica, vol. 11, pp. 45-52.
- Meyers, TR. 1990. *Diseases of Crustacea. Diseases caused by Protists and metazoans*. pp. 368-371. In Kinne, O. (ed.). *Diseases of marine animals. Volume III. Introduction, Cephalopoda, Annelida, Crustacea, Chaetognatha, Echinodermata, Urochordata*. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg.
- Moravec, F, Mendoza-Franco, E, Vargas-Vázquez, J & Vivas-Rodríguez, C. 1995. *Studies on the development of Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae (Nematode: Camallanidae), a parasite of cichlid fishes in Mexico*. Folia Parasitologica, vol. 42, pp. 281-292.
- Nagasawa, S, Simidu, U & Nemoto, T. 1985. *Scanning electron microscopy investigation of bacterial colonization of the marine copepod Acartia clausi*. Marine Biology, vol. 87, pp. 61-66.
- Obeso-Nieblas, M, Jiménez-Illescas, AR & Troyo-Diéguez, S. 1993. *Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B.C.S.* Investigaciones Marinas, CICIMAR, vol. 18, pp. 13-22.
- Overstreet, R & Hochberg, FG. 1975. *Digenetic trematodes in cephalopods*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, vol. 55, pp. 893-910.
- Palomares-García, JR. 1996. *Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de la Paz*. Oceánides, vol. 11, pp. 29-43.
- Pavanelli, GC, Machado, MH & Takemoto, RM. 1997. *Fauna helmíntica de peixes do rio Paraná, região de Porto Rico, Paraná*. pp. 307-327. In de M Vazzoler, AEA, Agostinho, AA & Hahn, NS. (eds.). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e Sócio-econômicos*, EDUEM, Maringá.
- Pierrot-Bults, AC. 1990. *Diseases of chaetognaths*. pp. 425-437. In Kinne, O. (ed.). *Diseases of marine animals. Vol. III*. Biologische Anstalt Helgoland, Germany.
- Raymont, JEG. 1983. *Plankton and productivity in the oceans*. 2nd Ed. Pergamon Press. NY.
- Robles-Gil-Mestre, S. 1998. *El clima de la ciudad de La Paz*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Scholz, T. 1999. *Life cycles of species of Proteocephalus, parasites of fishes in the Palearctic Region: a review*. Journal of Helminthology, vol. 73, pp. 1-19.
- Shields, JD. 1994. *The parasitic dinoflagellates of marine crustaceans*. Annual Review of Fisheries Diseases, vol. 4, pp. 241-271.
- Smith, PE & Richardson, SL. 1979. *Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos*. FAO. Documento Técnico de Pesca, Paris.
- Steuer, A. 1928. *On the geographical distribution and affinity of the appendiculate trematodes parasitizing marine plankton copepods*. Journal of Parasitology, vol. 15, pp. 115-120.

- Suárez-Morales, E. 2003. *Bibliografía comentada y perspectivas del estudio de los copépodos pelágicos del Golfo de México y áreas adyacentes*. pp. 143-156. In Barreiro-Güemes MT, Meave del Castillo, ME, Signoret-Poillon, M & Figueroa-Torres, MG (eds.). *Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México.
- Suárez-Morales, E, Gasca, R & Sosa, E. 1990. *Calanoid copepods (Copepoda: Calanoida) from the Mexican western Gulf of Mexico*. Caribbean Journal of Science, vol. 26, pp. 122-124.
- Suárez-Morales, E & Gasca, R. 1997. *Copépodos (Crustacea) de aguas superficiales del Mar Caribe Mexicano (mayo, 1991)*. Revista de Biología Tropical, vol. 54, pp. 1523-1529.
- Suárez-Morales, E, Reid, JW & Gasca, R. 2000. *Copepoda*. pp. 172-190. In Llorente, J, González, E & Papavero, N. (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos en México: hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen II*. UNAM/CONABIO/ Bayer. México.
- Théodoridès, J. 1989. *Parasitology of marine zooplankton*. pp. 117-177. In Blaxter, JHS & Southward, AJ. (eds.). *Advances of Marine Biology*. Academic Press, New York.
- Walkusz, W & Rolbieck, L. 2007. *Epibionts (Paracinet) and parasites (Ellobiopsis) on copepods from Spitsbergen (Kongsfjorden area)*. Oceanología, vol. 49, pp. 369-380.
- Willey, RL, Cantrell, PA & Threlkeld, ST. 1990. *Epibiotic flagellates increase the susceptibility of some zooplankton to fish predation*. Limnology and Oceanography, vol. 35, pp. 952-959.

Received June 15, 2011.
Accepted August 28, 2011.

Correspondence to author/Autor para correspondencia:

María del Carmen Gómez del Prado Rosas
Laboratorio de Parasitología. Departamento Académico de Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ap. P. 19-B. La Paz, B.C.S. 23080. México.

E-mail/correo electrónico:
mcgomez@uabcs.mx