



*Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología*

Universidad Nacional Autónoma de México



**ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Bopyrinella thorii* (ISOPODA: BOPYRIDAE)  
PARÁSITO DE *Thor floridanus* (DECAPODA: HIPPOLYTIDAE) EN LA  
BAHÍA DE LA ASCENSIÓN, QUINTANA ROO, MÉXICO.**

**T E S I S**

que para obtener el grado académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
(Biología Marina)

p r e s e n t a

**Jesús Romero Rodríguez**

Director de Tesis: Dr. Ramiro Román Contreras

Comité Tutorial : Dra. María Luisa Fanjul Peña  
Dr. Gerardo Pérez Ponce de León  
Dr. Sergio Cházaro Olvera  
Dr. Fernando Álvarez Noguera

México, D.F., 2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

A mis padres, José Arturo y Adriana Guadalupe, por su enorme fe en mi,  
su apoyo incondicional y sobre todo por su cariño.

A mis hermanos, Cristina, Arturo y Adrián por el apoyo otorgado en todo  
momento y por mostrarme el valor del amor fraterno.

A mi tío Víctor Santiago, por su compañía

Todos ellos me hacen sentir dichoso de compartir la vida con ellos.

---

## AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por las facilidades y apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

Al Dr. Ramiro Román Contreras por la asesoría y el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

A los integrantes del jurado: Dra. M<sup>a</sup> Luisa Fanjul Peña, Dr. Gerardo Pérez Ponce de León, Dr. Sergio Cházaro Olvera y Dr. Fernando Álvarez Noguera por las sugerencias y comentarios que enriquecieron este trabajo.

Al posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, así como a sus secretarías: Chantal, Diana, Gabriela y Lupita por la atención y el apoyo proporcionado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada.

A la Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAP, por el permiso otorgado para la recolección del material biológico en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, y a su personal en Felipe Carrillo Puerto por las facilidades prestadas durante el trabajo de campo.

Al M. en C. Mario Martínez Mayén (Laboratorio de Carcinoparasitología del ICMYL) por todo el apoyo en los muestreos y separación del material biológico, así como por los comentarios, sugerencias y palabras de aliento durante la realización de este trabajo.

Al Técnico Académico J. Andrés Reda Deara (Unidad Académica El Carmen-ICMYL) por su incomparable ayuda durante los muestreos y la separación del material biológico.

A la M. en C. M<sup>a</sup> Azucena Carballido Carranza por las sugerencias, comentarios y el préstamo de literatura, pero sobre todo por su amistad.

A Luz por el apoyo y vivencias compartidas durante este periodo, pero sobre todo por su invaluable amistad.

---

## ÍNDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	7
OBJETIVOS.....	11
ÁREA DE ESTUDIO.....	12
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
RESULTADOS.....	18
ESTRUCTURA POBLACIONAL DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	20
RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD CEFALOTORÁCICA DE <i>Thor floridanus</i> Y LA TALLA DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	23
TALLA MEDIA DE REPRODUCCIÓN Y FECUNDIDAD DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	27
DISCUSIÓN.....	32
ESTRUCTURA POBLACIONAL DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	35
RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD CEFALOTORÁCICA DE <i>Thor floridanus</i> Y LA TALLA DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	40
TALLA MEDIA DE REPRODUCCIÓN Y FECUNDIDAD DE <i>Bopyrinella thorii</i> .....	42
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47

---

## RESUMEN

La asociación del isópodo bopyrido *Bopyrinella thorii* con el carideo *Thor floridanus* en praderas de pastos marinos del Caribe mexicano ha sido reportada previamente sin proporcionar mayores datos sobre la biología de esta asociación, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo incrementar el conocimiento de los aspectos poblacionales y reproductivos de *B. thorii* en Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Para tal motivo se efectuaron 20 arrastres diurnos con una red de patín tipo Colman-Seagrove, sobre pastizales de *Thalassia testudinum* ubicados en dicha bahía. Se obtuvieron 380 organismos de *T. floridanus* parasitados, el 66.05 % (n= 251) se encontró en el intervalo de talla de 0.81 a 1.80 mm de longitud cefalotorácica (LC). Los hospederos hembras fueron los más parasitados; también se observaron en *T. floridanus* dos efectos atribuibles a la infestación por *B. thorii*: 1) la ausencia de hembras ovígeras y 2), en algunos hospederos machos, modificaciones en sus caracteres sexuales secundarios.

La estructura poblacional de *B. thorii* estuvo constituida principalmente por hembras ovígeras. Por otro lado, las hembras inmaduras de este parásito muestran una gran variación morfológica, manifestándose menos evidentemente en las hembras maduras. Al mismo tiempo, en hembras maduras no emparejadas con un macho se apreció actividad ovárica a través del exoesqueleto.

Se estimó que las hembras de *B. thorii* inician su reproducción a 1.42 mm de longitud total, y que la talla media de madurez sexual de la especie es de 2.26 mm (LT). La fecundidad de *B. thorii* varió entre 83 huevos en las hembras más pequeñas a 1 036 huevos en las de mayor tamaño. La relación entre el número de huevos y la longitud total de la hembra es significativa ( $r= 0.769$ ); sin embargo, se observaron variaciones en el número de huevos entre hembras de la misma talla siendo la variación más marcada en las hembras más grandes.

La longitud total de *B. thorii* esta altamente relacionada con la longitud cefalotorácica de *T. floridanus* ( $r= 0.9652$ ), y se apreció una mayor infestación de los estados inmaduros del parásito en las tallas más pequeñas de los hospederos. La relación entre la talla de los parásitos hembra y macho también fue significativa ( $r= 0.8892$ ), lo que puede indicar la permanencia del parásito macho con la misma hembra a lo largo de su vida.

---

## INTRODUCCIÓN

La familia Bopyridae contiene al menos el 80% de las especies descritas de los isópodos pertenecientes al suborden Epicaridea. Todas las especies son holoparásitas y sus hospederos definitivos son crustáceos decápodos, y es la familia de bopíridos más numerosa y mejor representada del mundo (Markham, 1986).

Los bopíridos hembra de la mayoría de las especies muestran poca semejanza con los isópodos de vida libre, pues exhiben varias modificaciones para la vida parasitaria, como ejemplo, su cuerpo es asimétrico debido a que está adaptado al espacio que ocupan en la cámara branquial del hospedero, los pereiópodos se modifican y son ineficaces para la locomoción, las partes bucales se encuentran transformadas en un cono bucal que perfora la pared interna del branquiosteguito y succiona la hemolínfa del hospedero, y la mayor parte del volumen del cuerpo de las hembras está destinado a la producción de crías (Walker, 1977; Overstreet, 1983; Markham, 1986; Janssen y Brandt, 1994).

En cambio, en los estadios larvales así como en los machos, la morfología se conserva más semejante a los isópodos de vida libre. Los bopíridos machos son simétricos, mucho más pequeños comparados con las hembras, y habitualmente viven sujetos entre los pleópodos de éstas (Schultz, 1969; Overstreet, 1983).

Como la mayoría de los parásitos, los isópodos bopíridos presentan un ciclo de vida complejo y se encuentran con numerosas dificultades para llegar a sus hospederos definitivos (Muñoz, 2001).

Aunque no puede emplearse un único ciclo de vida para todos los bopíridos, este ciclo requiere, en general, la presencia de dos hospederos: un intermediario y el definitivo, é inicia cuando una larva de vida libre llamada *epicaridium* se libera del marsupio de la hembra y nada en busca del hospedero intermediario, que generalmente es un copépodo calanoideo (Anderson, 1975a; Anderson y Dale, 1981).

Durante su fase de vida libre esta larva no se alimenta, pero gracias a que presenta células extra-intestinales cargadas de vitelo puede sobrevivir por periodos de aproximadamente 12 días manteniendo niveles altos de actividad,

---

nadando distancias cortas con patrones errantes (Strömberg, 1971; Anderson, 1975a; Anderson y Dale, 1981).

Una vez que localiza y se sujeta al copépodo, la larva *epicaridium* muda y metamorfosea en una larva denominada *microniscus*, lo que sucede durante un periodo entre 3 y 4 días a partir del primer contacto con el hospedero. A expensas de éste la larva *microniscus* incrementa cerca de diez veces su biomasa, la cual puede llegar a exceder la biomasa del propio hospedero. Sin embargo, las larvas *microniscus* son extremadamente delicadas y de cuerpo blando, y se encuentran débilmente sujetas al copépodo de donde pueden ser fácilmente dislocadas; y dado que no presentan capacidad motriz, pueden morir antes de completar su metamorfosis en el último estado larval denominado *cryptoniscus*, si llegan a separarse del hospedero intermediario (Coyle y Muller, 1981; Anderson y Dale, 1989).

Anderson (1975a; 1990) reportó que el desarrollo de la larva *epicaridium* hasta su fase de *cryptoniscus* requiere entre una semana y 10 días. Este último estado larval posee una cutícula rígida, así como características morfológicas externas muy bien definidas. Por lo tanto, una vez alcanzado este estado, la larva se libera del copépodo asumiendo nuevamente un modo de vida libre e inicia la búsqueda de un hospedero definitivo (Masunari *et al.*, 2000).

Las poblaciones naturales de los hospederos intermediario (copépodos) y definitivo (decápodo) pueden estar separados espacialmente una de otra, por lo que los quimiorreceptores de los bipíridos juegan un papel importante en la localización de sus hospederos (Anderson y Dale, 1989).

Para localizar al hospedero definitivo la larva *cryptoniscus* puede nadar por periodos superiores a los 10 días recorriendo grandes distancias, nadando de una manera lineal y menos errante a como lo hacen las larvas *microniscus*; e incluso, pueden nadar a contracorriente al detectar la presencia de un posible hospedero en el medio. Esto hace suponer que esta larva cuenta con materiales de reserva que utiliza como fuente de energía hasta la localización del hospedero definitivo (Anderson, 1975a; Beck, 1979; Coyle y Muller 1981; Anderson y Dale, 1989).

De acuerdo a Owens y Rothlisberg (1991) las larvas *cryptoniscus* presentan una migración nocturna hacia la superficie y durante el día permanecen en aguas

---

bajas. Dichos autores mencionan que las larvas también son capaces de dispersarse hasta 120 Km.

Las larvas *cryptoniscus* buscan una larva o postlarva del hospedero definitivo y al localizarlo se alojan en la cámara branquial (Anderson, 1975a). Además, son sexualmente indiferenciadas, lo que permite a la primera larva en ubicarse sobre un hospedero libre de infestación previa, desarrollarse como hembra; si la larva *cryptoniscus* se sitúa sobre un hospedero que ya presenta un parásito hembra, esta segunda larva se transformará en macho (Reinhard, 1949).

Cuando los individuos alcanzan su madurez sexual, la hembra es fertilizada *in situ* por el macho, y una masa de huevos sub-ovoides es depositada en el marsupio, en el cual permanecen hasta su eclosión como larva *epicaridium*; de esta forma, el ciclo de vida se completa y puede comenzar nuevamente (Anderson, 1975a; Beck, 1980c; Janssen & Brandt, 1994; Masunari *et al.*, 2000, Román-Contreras, 2004).

Markham, (1986) menciona a las zonas costeras del Atlántico americano, desde el norte de Carolina y a través del golfo de México y el Caribe, como la segunda región más rica del mundo en bopíridos. Sin embargo, los registros de isópodos parásitos que se tienen son escasos en algunas áreas, tal vez debido al tipo y objetivos de los muestreos que se llevan a cabo (Álvarez-León, 1993).

Tanto las especies de decápodos como las especies de isópodos bopíridos son más numerosas en aguas templadas y/o cálidas que en aguas frías. Por ello, su distribución se encuentra íntimamente relacionada a la distribución de sus hospederos; en aguas cálidas la mayoría de los parásitos se restringen a pocas especies hospederas, las cuales casi todas son congénéricas o pertenecientes a una misma familia. No obstante, la especificidad entre los bopíridos raramente es absoluta y teóricamente, a menor restricción en el tipo de hospedero habrá una mayor dispersión de los parásitos (Markham, 1986; Román-Contreras, 1993; Román-Contreras, 2004).

Markham (1986) señala que los bopíridos se encuentran restringidos a aguas poco profundas al tiempo que en tales zonas, y asociados a praderas de pastos marinos, los crustáceos decápodos representan un componente notable entre los invertebrados, cuya importancia ecológica es reconocida en la transferencia de energía en todos los niveles tróficos (Heck, 1976; Bauer, 1985).

---

Muchos de los trabajos sobre la asociación parásito-hospedero ó amplitudes de rango se han limitado a reportes inéditos, por lo que es importante resaltar la necesidad de realizar más estudios sobre las interacciones biológicas y ecológicas que se presentan entre estos organismos.

---

## ANTECEDENTES

Schultz (1969) señaló a *Thor floridanus* como hospedero de dos especies de parásitos branquiales, *Bopyrina thorii* (Richardson, 1904) y *Bopyrinella antillensis* (Niertrasz y Brender á Brandis, 1925). Al revisar diversos especímenes de este hospedero, Markham (1985) determinó la sinonimia de las dos especies de parásito y ubicó a ésta en el género *Bopyrinella* manteniendo el nombre de la primera especie descrita, quedando *Bopyrinella thorii* como el único parásito branquial de *T. floridanus* conocido hasta este momento en el Atlántico occidental. Por otra parte, Markham (1972) reportó a *T. floridanus* como hospedero del parásito abdominal *Loki circumsaltanus* Markham 1972, en las costas de Florida.

La asociación *T. floridanus*-*B. thorii* ha sido reportada previamente en el área del Caribe Mexicano, particularmente en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo (Markham *et al.* 1990; Carballido, 2006), así como en la Bahía del Espíritu Santo (Sánchez-Quiñones, 2005). Pese a que en esta última no se menciona la especie del parásito hallado en *T. floridanus*, es muy probable, dada la especificidad que suelen presentar los bopíridos, que se trate de *B. thorii*.

La mayor parte de los estudios llevados a cabo en bopíridos se han enfocado principalmente a su taxonomía (Anderson, 1975a; Ayub-Ahmed, 2004), si bien los efectos que estos parásitos tienen sobre sus hospederos ha sido otro de los aspectos más estudiados en las investigaciones sobre el tema, del cual la información es abundante.

Entre estos efectos los aspectos más tratados han sido la destrucción o alteración del tejido gonadal, alteraciones en el comportamiento reproductivo, involución ó retardo en el desarrollo de las gónadas. Todas las alteraciones son más conspicuas en los hospederos hembras y han sido definidas como una castración parasitaria (Reinhard, 1956; Allen, 1966; Baudoin, 1975; Anderson, 1977; Beck 1980a; Van Wyk, 1982; Abu-Hakima, 1984; Oliveira y Masunari, 1998; McDermott, 2002; Ayub-Ahmed, 2004).

Dicha castración puede ser una situación temporal, pues se ha observado que los ovarios pueden volver a su actividad habitual al separarse los parásitos

---

por alguna causa (Abu-Hakima, 1984; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1985). McDermott (1998) reportó modificaciones en el tamaño y ornamentación de los pleópodos de las hembras del cangrejo ermitaño *Pagurus longicarpus* infestado por el isópodo *Paguritherium alatum*.

Si bien en los hospederos machos las gónadas suelen no verse tan afectadas como en las hembras, sus caracteres sexuales secundarios sufren una reducción de tamaño asemejándose a las de un hospedero hembra; usualmente esta modificación se refiere como una feminización o juvenilización, la cual afecta la conducta de apareamiento de los machos y reduce su competitividad ante machos no parasitados (Baudoin, 1975; Beck, 1980a; Abu-Hakima, 1984; Campos y Campos, 1989; Collart, 1990; Bauer y VanHoy, 1996).

Por otra parte, la misma especie de parásito puede ocasionar efectos distintos en hospederos diferentes; por ejemplo, el parásito *Aporobopyrus curtatus* castra al cangrejo *Petrolisthes armatus*, mientras que las hembras de *Porcellana sayana* pueden permanecer ovígeras aún cuando se encuentren infestadas por el mismo parásito (Oliveira y Masunari, 1998).

Otra consecuencia de la infestación por bopíridos observada en los distintos hospederos afectados ha sido la disminución de la tasa de crecimiento, representando un retraso de su madurez sexual. También se ha observado una disminución de la frecuencia de ecdisis, y en algunas ocasiones, la talla de los hospederos infestados suele ser menor a la de los no infestados (Anderson, 1983; Jay, 1989; Astete-Espinoza y Caceres, 2000; McDermott, 2002).

Sin embargo, también se ha documentado un incremento en la talla del hospedero, observándose ligeramente más marcado en los hospederos machos; es decir, en algunas ocasiones el hospedero parasitado llega a ser de mayor talla incluso que los no parasitados, lo cual representaría una ventaja para el hospedero al incrementar su viabilidad (Abu-Hakima, 1984; Verdi y Schuldt, 1988; Schuldt y Damborenea, 1989)

Las afectaciones metabólicas ocasionadas por los bopíridos en sus hospederos muestran que los organismos infestados presentan bajas tasas de consumo de oxígeno, interferencia mecánica en el intercambio gaseoso y un incremento en los niveles de lípidos, así como modificación de otros metabolitos (proteínas totales, hemocianina, lactato y glucosa). También se ha estimado la

---

pérdida de hemolínfa del hospedero debido a la ingesta diaria llevada a cabo por el parásito (7 a 9  $\mu$ l), lo cual significa una pérdida aproximada de hasta 25 % de su volumen total de hemolínfa (Anderson, 1975ab; Walker, 1977; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1987; Verdi y Schuldt, 1988; Astete-Espinoza y Caceres, 2000).

El adelgazamiento y lesiones directas al branquiosteguito, la deformación y lisis de las branquias y la atrofia en la musculatura, son otros de los efectos producidos por el alojamiento de los bopíridos en la cámara branquial de su hospedero (VanArman y Smith, 1970; Bursey, 1978; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1987; Torres-García y Bortolini-Rosales, 2002).

La presencia del parásito también influye en el comportamiento del hospedero, pues éste es menos eficiente para capturar a sus presas y exhiben menor actividad que los no parasitados, Sin embargo, esta reducción en la actividad puede hacerlos menos conspicuos ante sus depredadores (Bass y Weis, 1999).

También se ha sugerido que el establecimiento de los bopíridos sobre otros crustáceos, así como su distribución y prevalencia de infestación, pueden ser usadas como un marcador biológico para evaluar aspectos de comportamiento migratorio de las poblaciones hospederas (Owens, 1983, 1990; Mathews *et al.* 1988; Schuldt y Damborenea, 1989).

Al tener como hospederos a diversas especies de crustáceos de importancia comercial, los isópodos bopíridos pueden ocasionar importantes pérdidas económicas a la industria acuícola, por ejemplo, en el norte de Australia se han estimado pérdidas de entre 1.5 a 2 millones de dólares en el cultivo de peneidos (Owens y Glazebrook, 1985; Owens, 1993). Para mitigar estas pérdidas se han sugerido distintos métodos de control, entre ellos el uso de antibióticos, un mayor y mejor control de factores ambientales durante el cultivo (temperatura, pH, salinidad, etc.), una selección rigurosa de la “semilla” a cultivar, hasta el control biológico a través del hiperparásito *Cabirops orbionei*, el cual tiene la capacidad de castrar a los bopíridos (Román-Contreras, 1983; Owens, 1993; Jayachandran, 2001).

En contraste, la información sobre la biología reproductiva de los isópodos bopíridos no es tan extensa. Hiraiwa (1936) realizó un estudio minucioso sobre el

---

ciclo de vida de *Epipenaeon japonica* proporcionando datos sobre fecundidad y embriología de la especie; mientras que Strömberg (1971) llevó a cabo un estudio detallado sobre la embriología de *Bopyroides hippolytes*, *Hemiarthrus abdominalis* y *Pseudione crenulata*; y Schuldt (1993) efectuó un estudio microanatómico de los ovarios de *Probopyrus ringueleti*, con base en el cual determinó que existe un gradiente de maduración laminar dorsoventral de las células germinativas de los ovarios.

---

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Describir aspectos poblacionales y reproductivos de *Bopyrinella thorii*, isópodo bopírido que infesta a *Thor floridanus* en la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir la estructura poblacional de *Bopyrinella thorii*, infestando a *Thor floridanus*.
- Establecer el grado de correlación que existe entre la longitud total del bopírido y la longitud del cefalotórax de su hospedero.
- Estimar la fecundidad de *Bopyrinella thorii*.
- Definir la talla media de reproducción de *Bopyrinella thorii*.

---

## ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de la Ascensión se ubica en la costa caribeña de la península de Yucatán y forma parte de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an; es un bahía somera cuya profundidad promedio es de 3.5 m, y se localiza entre los 19° 30' y 19° 50' de latitud norte y los 87°25' y 87° 50' de longitud oeste (Fig.1). La línea costera de la reserva tiene una longitud de aproximadamente 100 Km. y posee un sistema de coral de borde y barrera prácticamente a todo lo largo de la costa (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994, Suárez y Gasca, 1994).

Las bahías del Espíritu Santo y de la Ascensión constituyen el rasgo geomorfológico más relevante en el margen continental de esta zona, cuya composición es fundamentalmente calcárea (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994). La fisiografía costera en toda la región de la Reserva alterna playas rocosas y playas arenosas. Tanto en la Bahía de la Ascensión como en la Bahía del Espíritu Santo, la línea de costa está poblada por bosques de manglar bien desarrollado (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994).

El clima de la zona es, como en el resto de la península, cálido subhúmedo. Los vientos predominantes son los alisios para el periodo febrero-julio, con un periodo de transición entre agosto-septiembre que antecede a la temporada de "nortes" entre octubre y enero (Merino y Otero, 1991).

Los niveles de precipitación pueden variar considerablemente de un año a otro siendo la precipitación pluvial anual promedio de 1 023 mm, con mayores precipitaciones durante los meses de mayo a octubre. La influencia de la lluvia por vía fluvial es reducida por la inexistencia de ríos en la zona dada la alta permeabilidad del substrato peninsular. Sin embargo, por el carácter cárstico presente en toda la península se supone la existencia de aportes de agua dulce hacia la costa a través de aguas subterráneas (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994). Estos autores mencionan que los registros hidrológicos son muy escasos y que la salinidad del agua en las zonas aledañas a las bahías varía generalmente entre 35 y 36 ppm, mientras que el intervalo de temperatura superficial en las mismas va de los 23 °C a los 31°C.

La vegetación marina en esta región del Caribe mexicano está dominada por los pastos *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, con presencia importante, en algunas zonas, del alga *Lobophora variegata* (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994; Monroy, 2000).

Las praderas de pastos marinos en la Bahía de la Ascensión están formados principalmente por *Thalassia testudinum* (Jordán-Dahlgren *et al.*, 1994; Lozano-Álvarez, 1992.) mientras que las algas marinas asociadas a las praderas de la bahía suelen corresponder a los géneros *Batophora*, *Acetabularia*, *Penicillus*, *Avrainvillea*, *Udotea*, *Halimeda* y *Laurencia* (Lozano-Álvarez, 1992).

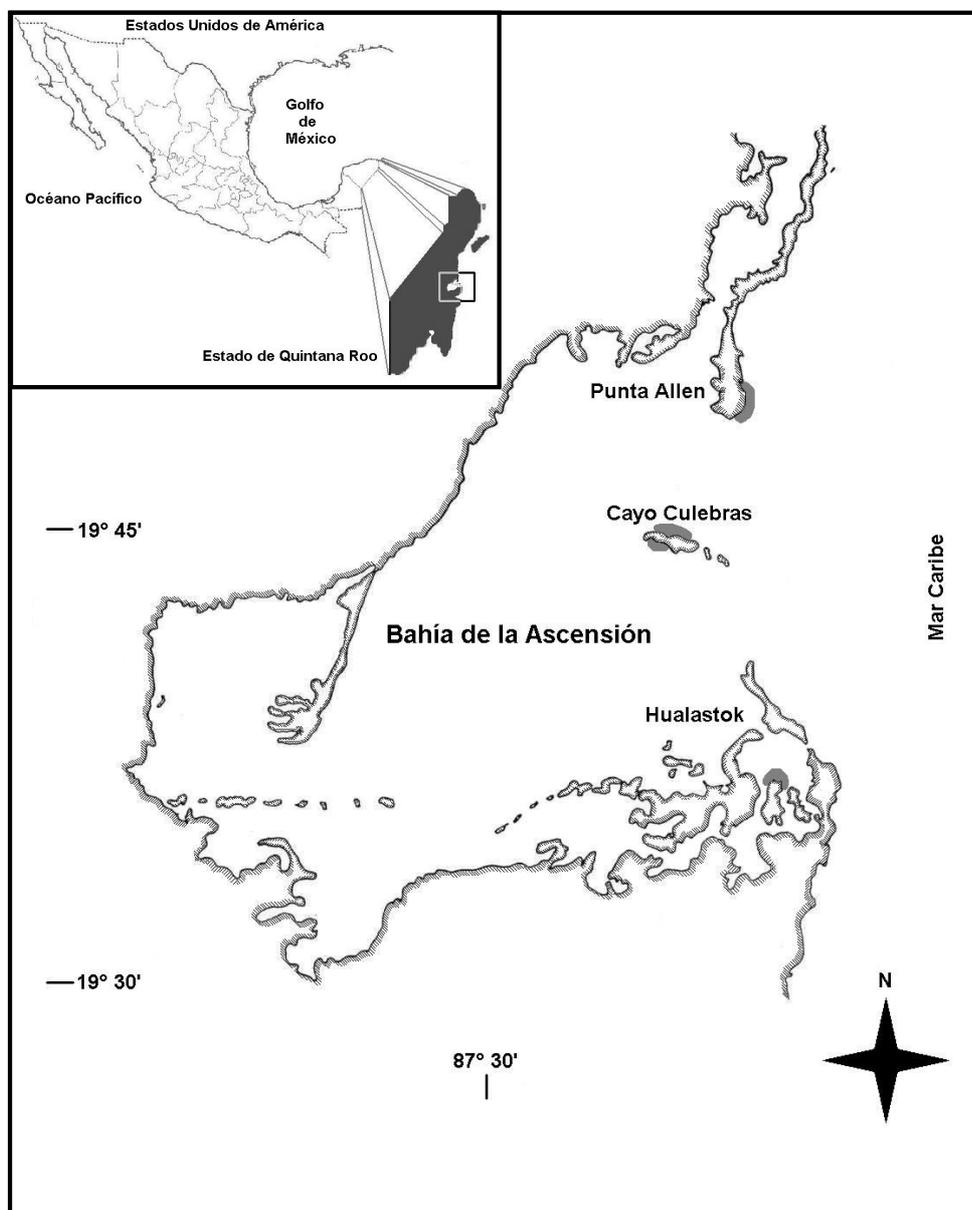


Figura 1.- Ubicación del área de estudio, zonas de colecta ●

---

## MATERIAL Y MÉTODOS

### TRABAJO DE CAMPO

El material biológico analizado en el presente estudio proviene de colectas realizadas en la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, por el personal del Laboratorio de Carcinoparasitología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, efectuadas durante noviembre de 2000.

En la bahía se ubicaron 20 estaciones de muestreo distribuidas en zonas donde la vegetación sumergida formaba extensos parches representados por praderas de *Thalassia testudinum*, principalmente.

En cada una de las estaciones se obtuvieron muestras de epifauna mediante una red de patín tipo Colman-Seagrove, de 0.70 m de ancho por 1.20 m de largo. Ésta se compone por dos redes con distinta abertura de malla; una red interior con una abertura de 1/2 pulgada y la red exterior tiene una abertura de malla de 800 micras que termina en un copo de PVC.

Los arrastres se hicieron con ayuda de una lancha con motor fuera de borda a una velocidad de 2 nudos, aproximadamente. Cada arrastre tuvo una duración de cinco minutos, y todos los muestreos se realizaron durante el día.

El material biológico de las colectas fue lavado, pre-separado y fijado con una solución de formaldehído al 10% para su traslado al laboratorio, donde se trasvasó a alcohol al 70% para su conservación y manejo.

### TRABAJO DE GABINETE

Los organismos parasitados fueron separados de manera individual en viales para evitar la pérdida de los parásitos si estos llegaran a separarse de la cámara branquial del hospedero.

La identificación de los hospederos se llevó a cabo con ayuda de un microscopio estereoscópico modelo Olympus SZ40, y en función de las características taxonómicas propuestas por Chace (1972) y Williams (1984), tomándose los siguientes datos:

---

- Clasificación por sexos.- Se realizó en base a la presencia (macho) o ausencia (hembra) del apéndice masculino ubicado en el segundo par de pleópodos, así como por la forma del tercer pereiópodo, el cual en los machos es prensil y más robusto en relación al de las hembras (Figura 3)(Bauer & VanHoy, 1996).

- Clasificación por talla.- Con base en la longitud del cefalotórax (LC), considerada desde la base del pedúnculo ocular hasta el borde posterior medio dorsal del cefalotórax (Corey y Reid, 1991; Collart 1990). Ésta se midió utilizando una reglilla de 1 mm colocada en el ocular de un microscopio estereoscópico modelo Olympus SZ40. Se obtuvieron 10 clases de talla, divididas en intervalos de 0.25 mm de LC de la talla más pequeña (0.55 mm) a la de mayor tamaño (3.05. mm).

La identificación de *Bopyrinella thorii* se realizó de acuerdo a los criterios taxonómicos propuestos por Markham (1985), y se obtuvieron los siguientes datos:

- Clasificación por sexos.- Conforme a los criterios morfológicos propuestos por Beck (1980b), McDermott (1998) y Masunari *et al.* (2000) para otros bopíridos; así como a las propias variaciones morfológicas observadas en *B. thorii*, los machos y hembras de esta especie se clasificaron de la siguiente manera:

- ✓ Hembra inmadura.- Cuerpo simétrico ó asimétrico, oostegitos ausentes ó medianamente desarrollados; proyección tergal ausente ó bien desarrollada en los pereiómeros 1 a 2, y escasa en pereiómeros 3 a 4.

- ✓ Hembra madura.- Cuerpo claramente asimétrico, oostegitos bien desarrollados y pigmentación variable, proyección tergal completamente desarrollada en pereómeros 1 a 4.

- ✓ Hembra ovígera.- Características similares a las descritas arriba, con huevos o larvas *microniscus* en el marsupio.

- ✓ Machos inmaduros.- Cuerpo simétrico y pereómeros redondeados.

- ✓ Machos maduros.- Cuerpo simétrico, pereómeros ligeramente agudos con una separación más profunda.

- ✓ Larva *cryptoniscus*.- Cuerpo simétrico, ahusado en su borde posterior, segundo par de antenas bien desarrolladas alcanzando casi el cuarto pereómero.

---

✓ Larva-Hembra.- Cuerpo simétrico, el segundo par de antenas sobrepasando ligeramente el margen anterior de la cabeza.

• Clasificación por tallas.- En todos los estados de desarrollo se midió la longitud total. En los machos esta medida se tomó desde el margen anterior de la cabeza hasta el margen posterior del pleón; mientras que en las hembras asimétricas la longitud total se tomó desde el margen posterior del pleotelson hasta el borde del primer segmento torácico (Cash & Bauer, 1993). Posteriormente se agruparon sólo las hembras ovígeras en 9 clases de tallas a partir de la talla mínima (1.75 mm) hasta la hembra de mayor talla (3.55 mm) con intervalos de 0.2 mm.

• Fecundidad.- De cada una de las hembras ovígeras registradas se vació el contenido de la masa ovígera en una caja de petri, para cuantificar el número de huevos por conteo directo apoyado con un contador manual. Al mismo tiempo se clasificaron los estados de desarrollo presentes en la masa ovígera, tomando como base la clasificación propuesta por Beck (1980b) para *Probopyrus pandalicola* (Packard), la cual establece los cuatro estados de desarrollo siguientes:

- ✓ Huevo.- De forma esférica y de color blanco
- ✓ Embrión I.- De forma oblonga
- ✓ Embrión II.- De forma oblonga donde se aprecian los apéndices externos a través de la membrana, y
- ✓ Larva *epicaridium*.- presenta los apéndices externos bien desarrollados.

#### ANÁLISIS DE DATOS

La estimación de las relaciones entre la longitud del hospedero y la longitud de su parásito, la talla del parásito hembra y el macho acompañante, así como la relación del número de huevos y la talla del parásito hembra, se llevaron a cabo mediante análisis de regresión lineal simple.

La estructura poblacional de *Bopyrinella thorii* se consideró como el número de individuos maduros, inmaduros, juveniles y/o larvas que parasitan a *T. floridanus*, obteniendo el porcentaje con el cual contribuyó cada uno de los estadios a la estructura poblacional del parásito.

---

La fecundidad del parásito se consideró como el número de huevos presentes en la masa ovígera de las hembras.

Por último, la talla media de madurez sexual de *B. thorii* se obtuvo graficando una curva de frecuencias acumuladas de hembras ovígeras por intervalo de talla y fijando en ésta la talla que corresponde al 50% (L<sub>50</sub>) (Guzmán, 1987; Oh y Hartnoll, 1999).

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS

Se colectaron 380 individuos de *Thor floridanus* infestados por *Bopyrinella thorii*, con una longitud cefalotorácica (LC) mínima y máxima de 0.55 y 2.85 mm, respectivamente. Se identificaron 313 hospederos hembras, 41 machos, 20 juveniles y en 6 ocasiones no se pudo determinar el sexo del hospedero debido a que carecían del segundo par de pleópodos, necesarios para diferenciar con certeza el sexo de los organismos.

En cuanto a la talla del hospedero por sexo, las hembras presentaron un intervalo de talla más amplio (0.7–2.85 mm LC) que los machos (0.9–2.32 mm LC) (Figura 2). Sin embargo, el 66.05 % (n= 251) de los hospederos se localizaron entre los intervalos de tallas II a V, que corresponde a un intervalo de 0.81 a 1.80 mm de longitud cefalotorácica (Figura 2).

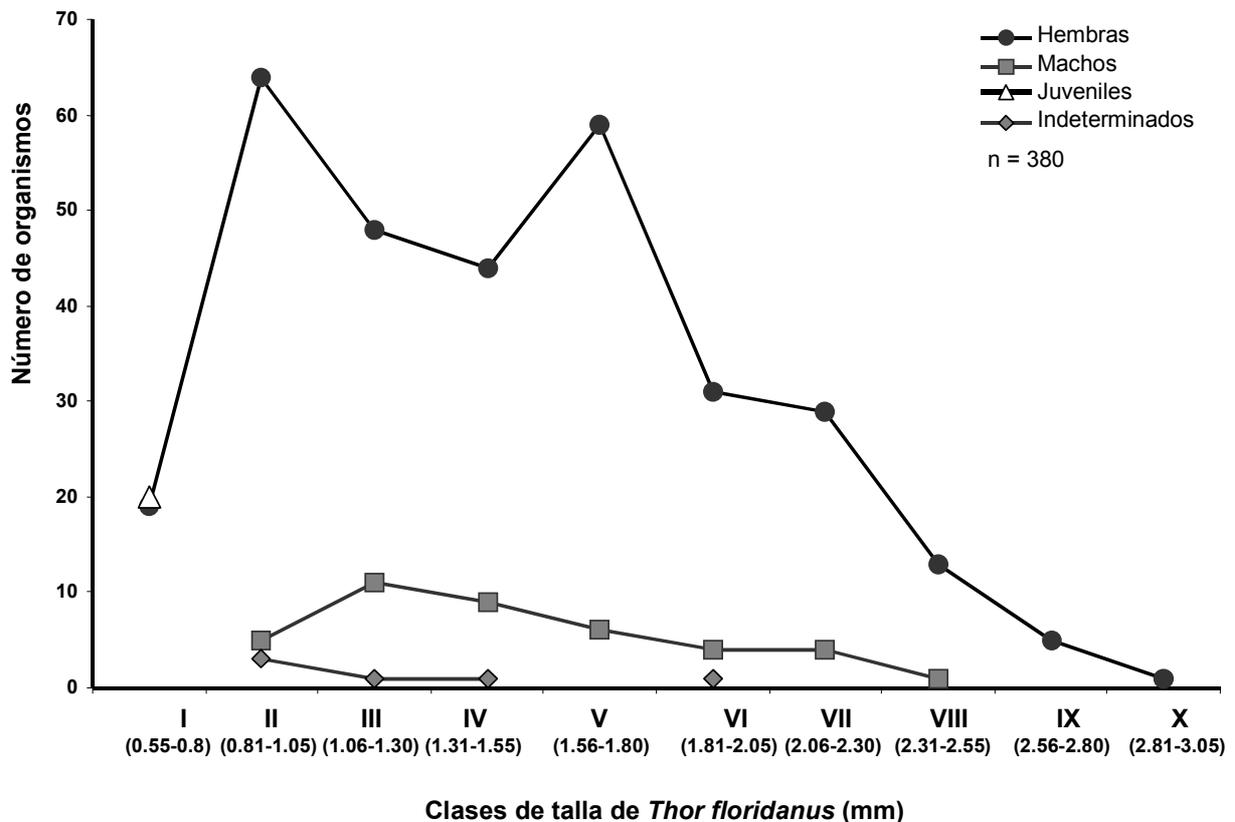


Figura 2. Distribución de tallas de *Thor floridanus* parasitados por *Bopyrinella thorii* durante noviembre de 2000.

Ninguna de las hembras de *T. floridanus* se encontró en estado ovígero, mientras que en 18 de los 41 hospederos machos analizados se observó el apéndice masculino bien desarrollado, generalmente sobrepasando el endópodo del segundo pleópodo y densamente cubierto por setas en su parte media distal; además, el margen flexor del própodo en el tercer pereiópodo guardaba una forma prensil y estaba cubierto por espinas, por lo que estos hospederos se denominaron machos “primarios”, en base a los criterios propuestos por Bauer y VanHoy (1996) para los machos del género *Thor*.

En los 23 machos restantes el apéndice masculino fue de tamaño más reducido y nunca sobrepasó el endópodo del segundo pleópodo, exhibiendo una ornamentación escasa; al mismo tiempo, la forma del margen flexor del propodio del tercer pereiópodo era muy recta, de manera similar a la que se presenta en las hembras de esta especie (figura 3).

Debido a lo anterior, estos hospederos fueron clasificados como machos “feminizados”.

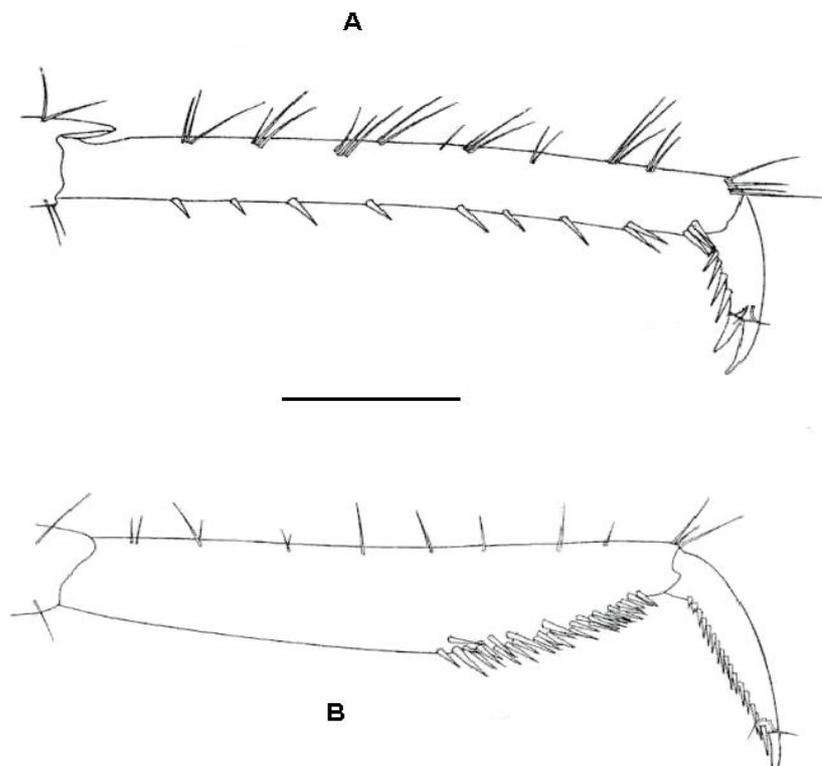


Figura 3. Tercer pereiópodo derecho (vista lateral) de *Thor floridanus*. A hembra, B macho.

Barra de escala = 0.5 mm (modificado de Bauer y VanHoy, 1996).

## ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Bopyrinella thorii*

La tabla 1 muestra los distintos estados de desarrollo que conformaron la estructura poblacional de *B. thorii* durante el periodo de estudio. En ésta también puede observarse que las clases de talla más pequeñas de *T. floridanus* son las que mostraron un mayor número de parásitos en estado larval e inmaduro; los parásitos maduros y hembras en estado ovígero se presentaron más frecuentemente en los hospederos de clases de talla mayores.

Es necesario apuntar que la tabla 1 se encuentra dividida en dos secciones, en la primera se muestran los registros de los estados de desarrollo inmaduro, así como sus distintas asociaciones. Y en la segunda se presentan los estados de desarrollo maduros y sus asociaciones.

De los estados de desarrollo inmaduros el más frecuentemente observado fue, en 94 ocasiones, el de una hembra inmadura sola alojada en alguna de las cámaras branquiales de su hospedero.

**Tabla 1. Estructura poblacional de *B. Thorii* sobre *T. floridanus*, en noviembre de 2000.**

Estados de desarrollo de <i>Bopyrinella thorii</i>	Clases de tallas de <i>Thor floridanus</i>										Total por estado
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Larva cryptoniscus	11	14	11	5	2						43
Larva - hembra	4	5	2								11
Parejas inmaduras		1	2	1							4
♀ Inmadura sola	22	45	24	3							94
♀ Inmadura + ♂ maduro		3	7	2							12
♀ Inmadura + larva		3	4	3	1						11
Parejas maduras			4	6	7	1	6	2		1	27
♀ Madura sola			5	11	6	3	2				27
♀ Madura + ♂ inmaduro				1							1
♀ Madura + larva			1		2						3
♀ Ovígeras				19	45	31	23	13	5		136
♀ Ovígeras + 1 larva				1	1		1				3
Doble infección	2	7	1	3	2		1				16

---

Además, 54 de estos registros corresponden a larvas *cryptoniscus* solas (n=43) y a larvas en los inicios de su desarrollo hacia una hembra, que para efectos del presente trabajo, se denominaron larva-hembra (n=11).

La localización de las larvas *cryptoniscus* sobre su hospedero fue muy variada; por ejemplo, ventralmente se localizaron 4 larvas, ya sea entre los pereiópodos ó a la altura del primer par de pleópodos del hospedero. Dorsalmente, en 5 ocasiones se encontró una larva *cryptoniscus* en el borde posterior y en la región media dorsal del caparazón de su hospedero; estas larvas generalmente se encontraban por debajo del exoesqueleto (larvas endoparásitas); en una sola ocasión se halló una de estas larvas a un costado de la primera pleura del hospedero.

Larvas *cryptoniscus* (n= 33) se encontraron albergadas en mayor número dentro de una ú otra cámara branquial de los individuos de *T. floridanus*. Y en ésta, la larva *cryptoniscus* frecuentemente se observó con la región cefálica en posición anterodorsal, y sólo en dos ocasiones la cabeza se encontró en dirección posterodorsal en relación con su hospedero.

Por el contrario, la localización de la denominada larva-hembra en alguna de las cámaras branquiales de su hospedero siempre fue con la región cefálica en dirección posterodorsal en relación a éste.

Otras de las asociaciones referidas en la primera sección de la tabla 1, si bien no tan frecuentes como las anteriores, son las asociaciones de una hembra inmadura con otros estados de desarrollo. De éstas las más comunes fueron las asociaciones de una hembra inmadura con un macho maduro; y con una larva *cryptoniscus*, en 12 y 11 ocasiones, respectivamente. En contraste, la asociación menos frecuentemente observada es la de una hembra inmadura con un macho maduro, ésta sólo se registró en 4 ocasiones durante el presente estudio.

En cuanto a los estados de madurez de *B. thorii* detallados en la segunda sección de la tabla 1, en 27 ocasiones se encontró una hembra sola en estado maduro con todas sus estructuras bien desarrolladas, aunque sin la compañía de otro individuo. En 12 ocasiones estas hembras presentaron gran cantidad de ovocitos visibles a través de su exoesqueleto, sin embargo, su grado de desarrollo no se clasificó para el presente estudio. En 4 de las 27 hembras el marsupio se

---

observó muy abultado, de color blanco, sin que pudieran distinguirse huevos en el interior.

También se registraron 27 parejas de parásitos donde ambos organismos se encontraban en estado maduro aunque la hembra no portaba masa ovígera en el marsupio, en 19 hembras se observaron ovocitos a través de su exoesqueleto iguales a los descritos anteriormente para las hembras maduras solas. En 5 de estas hembras el marsupio se observó abultado y de color blanco; en las 3 hembras restantes el marsupio estuvo completamente vacío y translúcido, de tal manera que podía verse la parte dorsal de la hembra a través de éste.

En 139 ocasiones (Tabla 1) se observaron parejas de parásitos maduros donde la hembra portaba una masa ovígera en su marsupio. Estas parejas constituyen más de una tercera parte (36.58%) del material analizado.

Es importante anotar que en tres ocasiones estas parejas estuvieron acompañadas por una larva *cryptoniscus*. En una ocasión la larva se encontró a un costado de la pareja sujeta directamente a las branquias del hospedero. En las otras dos ocasiones la larva se halló en contacto directo con la hembra, una de éstas sujeta al primer par de oostegitos y la segunda adherida ventralmente al pleón, en la posición que habitualmente ocupa el macho; ni éste ni una parte de la masa ovígera se localizaron, debido a que la cámara branquial del hospedero se encontraba maltratada.

Por último, en 16 ocasiones se observaron individuos de *T. floridanus* con doble infección. Es decir, en cada una de las cámaras branquiales de los hospederos se encontró un organismo de *B. thorii* en alguno de sus estados de desarrollo, o en alguna de sus distintas asociaciones.

Estas dobles infecciones fueron más frecuentes en las clases de talla I a III (Tabla 2). Las más comunes fueron las de una hembra inmadura de un lado y un macho inmaduro del otro, así como la presencia de una larva *cryptoniscus* en cada una de las cámaras branquiales del hospedero, ambas con tres registros (Tabla 2).

Un caso particularmente raro es el registrado en un individuo de *T. floridanus* de clase de talla II, donde en una misma cámara branquial se alojaban 2 hembras inmaduras de talla similar (0.75 y 0.72 mm de LT). Estas hembras se

encontraban situadas una sobre la otra y a un costado de ellas, entre ambas hembras, una larva *cryptoniscus*.

**Tabla 2. Dobles infecciones registradas en organismos de *T. floridanus*, en noviembre de 2000. (\*registro en sólo una cámara branquial, \*\*un registro corresponde a dos hembras en la misma cámara branquial)**

Tipo de doble infección	Clases de talla de <i>T. floridanus</i>								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Larva <i>crypto.</i> – Larva <i>crypto.</i>		2	1						
Larva <i>crypto.</i> - ♀ inmadura	1	1							
♀ Inmadura - ♂ Inmaduro	1	2							
♀ Inmadura - ♀ Inmadura		2**							
♀ Madura c/♂ Inmaduro – Larva				1					
Pareja madura - larva				1					
Pareja madura - ♀ Madura					1				
Pareja madura - ♂ Maduro				1*					
Pareja madura – Pareja madura							1		
♀ Ovígera + ♀ Ovígera					1				

Otro caso interesante es el de un hospedero de clase de talla V que portaba en cada una de sus cámaras branquiales una pareja de parásitos donde la hembra se encontraba en estado ovígero. En ambos casos, el estado de desarrollo de la masa ovígera era el mismo, fase huevo, pero lamentablemente ambas masas se encontraban incompletas debido quizá, al estrés sufrido por los organismos al momento de su colecta.

### **RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD CEFALOTORÁCICA DE *Thor floridanus* Y LA TALLA DE *Bopyrinella thorii***

De la morfometría de cada uno de los estados de desarrollo de *Bopyrinella thorii* se observa que la longitud total (LT) mínima registrada fue de 0.45 mm, presente en los tres primeros estados de desarrollo de esta especie de bopírido (Tabla 3).

La talla de las larvas *cryptoniscus* y larvas-hembras fue prácticamente la misma, si bien la LT media en las larvas es ligeramente mayor comparada con la de las larvas-hembras (0.61 y 0.56 mm LT respectivamente, Tabla 3).

Las hembras inmaduras tuvieron una LT media de 0.84 mm y su intervalo de talla fue de 0.45 a 1.50 mm de LT (Tabla 3). Además, entre organismos de igual tamaño estas hembras presentaron una variación morfológica notoria, por lo que estas variaciones se reunieron en cuatro etapas a través del intervalo de talla en base al nivel de desarrollo de sus distintas estructuras morfológicas.

**Tabla 3. Talla de los distintos estados de desarrollo de *Bopyrinella thorii*, localizados sobre *T. floridanus*, durante noviembre de 2000.**

Estado de desarrollo	N	Longitud Total (mm)			
		Mínimo	Máximo	Media	± d. e.
Larva <i>cryptoniscus</i>	70	0.45	0.67	0.61	± 0.04
Larva-hembra	11	0.45	0.65	0.56	± 0.06
♀ Inmaduras	123	0.45	1.50	0.84	± 0.29
♀ Maduras	64	1.07	3.48	2.05	± 0.51
♀ Ovíferas	139	1.42	3.52	2.45	± 0.40
♂ Maduros	170	0.47	1.07	0.77	± 0.12
♂ Inmaduros	8	0.50	0.62	0.54	± 0.04

Con base en lo anterior, 60 hembras inmaduras (48.78%) se registraron entre las tallas más pequeñas, 0.45 a 0.75 mm de LT; las cuales se pueden considerar como las hembras inmaduras de la primera etapa. El cuerpo de estas hembras varió de simétrico a ligeramente asimétrico debido, principalmente, a que los primeros pereómeros de uno de sus costados se encontraban levemente ensanchados. Además, las hembras de esta etapa no mostraron oostegitos si bien, en muy pocas ocasiones, los presentaron apenas visibles; mientras que en ninguno de los pereómeros se observó la proyección tergal en desarrollo.

En la segunda etapa, de 0.77 a 1.0 mm de LT, se encontraron 28 hembras inmaduras (22.76%), donde el cuerpo se observó con una asimetría más marcada y con la cabeza ya orientada hacia alguno de sus costados, los oostegitos eran extremadamente pequeños y carecían de pigmentación, en tanto que la proyección tergal seguía ausente en todos los pereómeros.

---

Similarmente, en 22 hembras inmaduras (17.89%) de 1.1 a 1.3 mm LT (tercera etapa), el cuerpo se observó claramente asimétrico, con los oostegitos un poco más desarrollados que en la fase anterior y ligeramente pigmentados; y sólo en los pereómeros 1 a 2 se pudo observar la proyección tergal, de forma poco evidente.

Por último, 13 hembras inmaduras (10.57%) de tallas entre 1.35 mm y 1.50 mm de LT (correspondientes a la cuarta etapa de estas hembras) presentaron un cuerpo totalmente asimétrico; sus oostegitos se observaban desarrollados y ligeramente pigmentados; pero éstos presentaban un tamaño menor al observado en las hembras en estado maduro. Los pereómeros 1 a 2 presentaban la proyección tergal desarrollada y en los pereómeros 3 a 4 la estructura exhibía un ligero desarrollo.

Las 64 hembras en estado maduro que no portaban una masa ovígera en su marsupio presentaron una talla media de 2.05 mm de LT, con intervalo de tallas de 1.07 a 3.48 mm de LT (Tabla 3).

En todas ellas se observó el cuerpo claramente asimétrico, además de la proyección tergal bien definida en los pereómeros 1 a 4, así como los oostegitos bien desarrollados con variación notoria en su pigmentación, pasando de coloración café muy ligera hasta café oscuro intenso.

Las estructuras de las hembras maduras que cargaban una masa ovígera en su marsupio fue semejante a la descrita anteriormente, pero en la mayor parte de ellas se observaron los oostegitos bien pigmentados. La talla media de estas hembras fue de 2.45 mm de L.T.; la talla mínima registrada en una hembra ovígera fue de 1.42 mm y la máxima de 3.52 mm de LT, siendo la talla máxima observada en un organismo de esta especie de bopírido durante el periodo de estudio.

El mayor número de machos de *B. thorii* se encontró en estado maduro (170) y presentaron una talla mínima y máxima de 0.47 y 1.07 mm de LT, respectivamente, siendo la talla media de 0.77 mm de LT (Tabla 3). También se encontraron 8 machos en estado inmaduro con una longitud total media de 0.54 mm y un intervalo de talla de 0.5 a 0.62 mm de L.T. (Tabla 3).

En su mayoría, los machos maduros estuvieron acompañando a una hembra madura; mientras que los machos con LT pequeña se encontraron acompañando a hembras de LT igualmente pequeña. Esta relación se describe por la ecuación  $LT \text{ macho} = 0.37074 + 0.17640(LT \text{ hembra})$ , y es estadísticamente significativa,  $r = 0.88921$ ,  $F(1, 170) = 642.2$   $P < 0.01$ , (Figura 4).

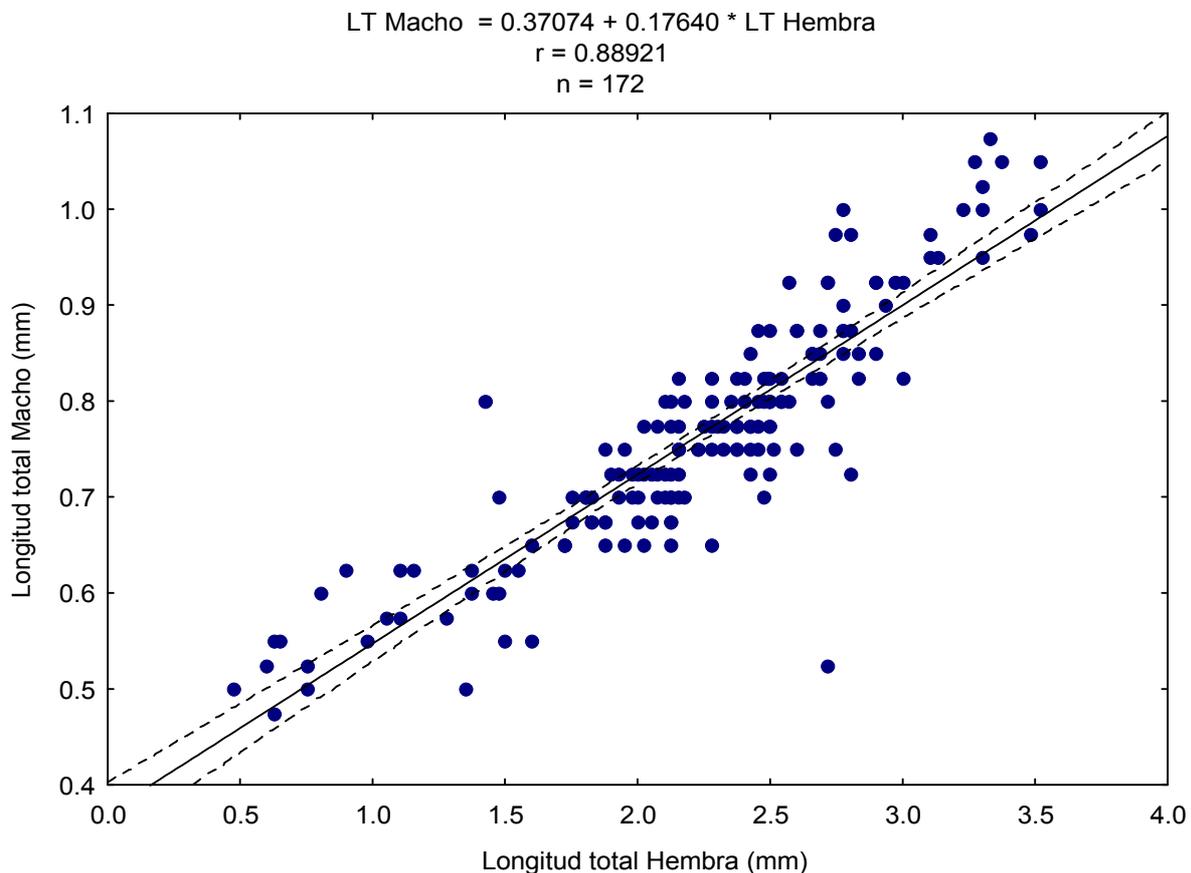


Figura 4. Relación longitud total de la hembra - longitud total del macho de *B. thorii* durante noviembre de 2000.

Los individuos de *B. thorii* de tallas más pequeñas (larvas y hembras inmaduras) se distribuyeron preferentemente en hospederos de las primeras clases de talla (clases I a III). Por el contrario, los hospederos de las clases de talla IV a X llevaron consigo principalmente parásitos maduros o parejas de parásitos en donde la hembra se encontraba en estado ovígero (Tabla 1).

La relación entre la longitud cefalotorácica del hospedero y la talla de su parásito se encuentra representada por la ecuación,  $LT \text{ Hembra} = -0.6423 + 1.5949 (LT \text{ Hospedero})$  y es estadísticamente significativa ( $r = 0.9652$ ,  $F(1, 322) = 4386.6$   $P < 0.01$ ) (Figura 5).

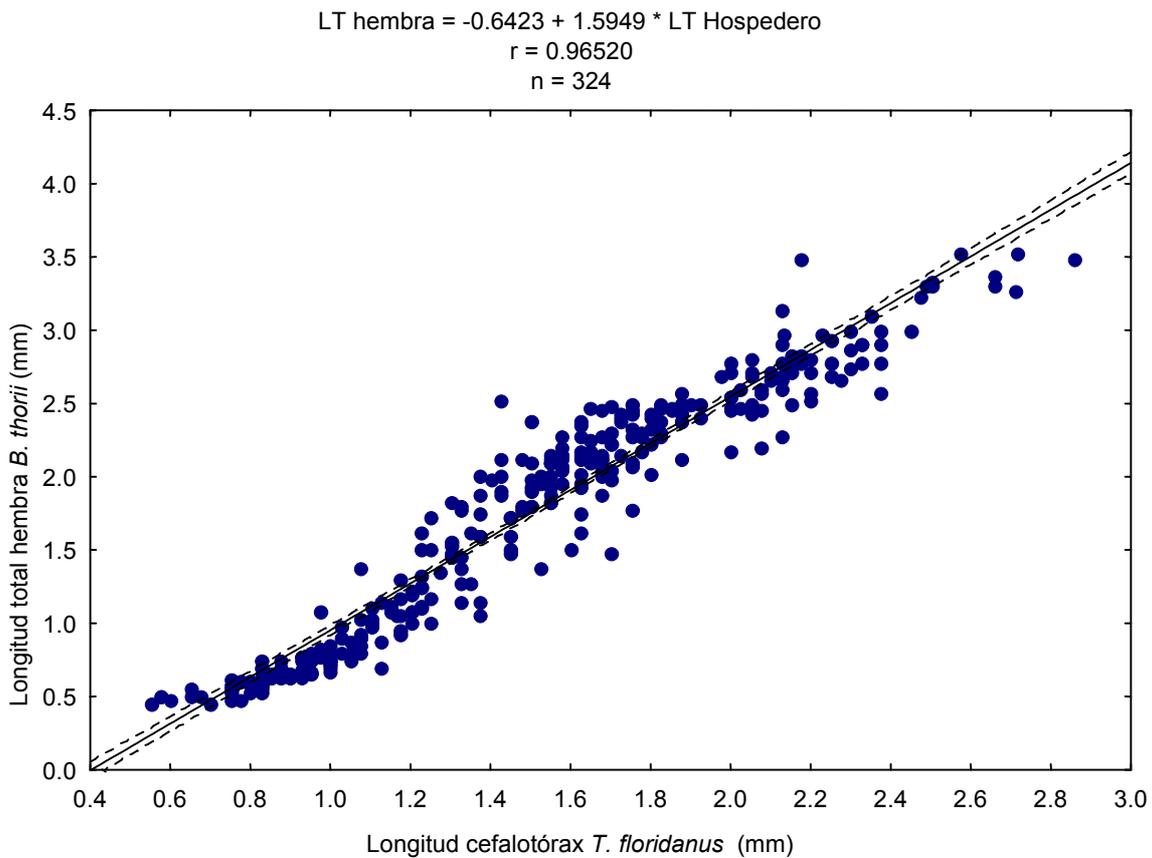


Figura 3. Relación longitud cefalotórax del hospedero – longitud total parásito hembra, durante noviembre de 2000.

### **TALLA MEDIA DE REPRODUCCIÓN Y FECUNDIDAD DE *Bopyrinella thorii***

La longitud total (LT) de la hembra ovígera de *B. thorii* más pequeña fue de 1.42 mm, que puede considerarse como la talla de la primera reproducción de la especie. También se registraron 2 hembras ovígeras de 3.52 mm de LT siendo los parásitos de mayor tamaño registrados en el presente estudio.

Con base en una curva acumulativa de la distribución de frecuencias de talla de las hembras ovígeras de *B. thorii* (Figura 6) se determinó la talla de 2.26 mm de LT, como la talla a la que el 50% de las hembras maduran, que es un valor similar a la longitud total media observada para las hembras ovígeras (2.45 mm LT, Tabla 3).

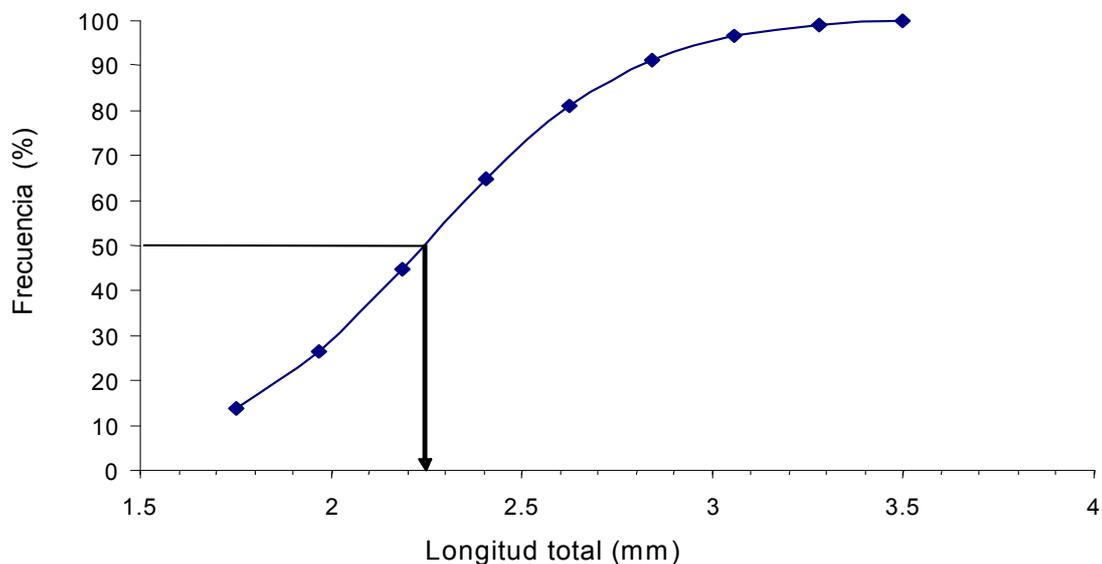


Figura 6. Distribución de la frecuencia acumulativa de la longitud total en hembras de *Bopyrinella thorii*. La línea al 50% representa la talla de madurez sexual.

La fecundidad de *B. thorii* se consideró como el número de huevos adheridos al marsupio del parásito hembra. Únicamente se tomaron en cuenta el número de huevos de las hembras, cuya masa ovígera se apreciaba compacta, es decir, sólo aquellas masas ovígeras que se encontraban cubiertas completamente por los oostegitos de la hembra y el caparazón del hospedero, debido a que en algunas ocasiones el caparazón del hospedero se encontraba maltratado y se notaba pérdida de huevos de la masa ovígera, hallándose en algunos casos sólo unos cuantos huevos junto a la pareja de parásitos.

A intervalos de 0.2 mm de longitud total las hembras ovígeras de *B. thorii* se agruparon en 9 clases de talla, desde la más pequeña a la de mayor tamaño. Los intervalos de talla, el estado de desarrollo de los huevos, así como el número mínimo y máximo de huevos se presentan en la tabla 4.

El número de huevos contabilizado en las hembras de *B. thorii* varió desde 83 en hembras de 1.87 mm hasta 1 036 huevos en hembras de 3.52 mm de LT, siendo las hembras del intervalo IX (3.36 a 3.55 mm de LT) las de mayor fecundidad promedio (902 huevos), (Tabla 4).

**Tabla 4. Fecundidad de *Bopyrinella thorii* (sólo hembras con masa ovígera compacta)**

Intervalo de talla (L.T., mm)	Hembras ovígeras	Estadio	Nº de huevos		Media ± d.e.
			Mínimo	Máximo	
I (1.75 – 1.95)	3	Huevo	83	131	99.67 ± 27.15
	2	Embrión I	113	169	141 ± 39.59
II (1.96 – 2.15)	4	Huevo	127	240	162.5 ± 53.11
	11	Embrión I	114	192	154 ± 26.58
	2	Embrión II	136	184	160 ± 33.94
	1	<i>Epicaridium</i>	124	124	124 ± 0
III (2.16 – 2.35)	4	Huevo	198	265	233.25 ± 29.72
	3	Embrión I	164	313	253.33 ± 78.8
	1	Embrión II	260	260	260 ± 0
	3	<i>Epicaridium</i>	137	231	180.67 ± 47.35
IV (2.36 – 2.55)	6	Huevo	232	430	314.67 ± 89.97
	8	Embrión I	162	481	282.88 ± 107.78
	1	Embrión II	175	175	175 ± 0
	7	<i>Epicaridium</i>	155	238	196.72 ± 34.71
V (2.56 – 2.75)	2	Huevo	388	426	407 ± 26.87
	5	Embrión I	165	464	351.6 ± 123.55
	1	Embrión II	321	321	321 ± 0
	3	<i>Epicaridium</i>	192	353	294.33 ± 88.94
VI (2.76 – 2.95)	4	Huevo	228	512	344.25 ± 120.06
	5	Embrión I	223	866	565.6 ± 230.11
	1	<i>Epicaridium</i>	464	464	464 ± 0
VII (2.96 – 3.15)	2	Huevo	463	847	655 ± 271.53
	2	Embrión I	295	637	466 ± 241.83
	1	Embrión II	128	128	128 ± 0
VIII (3.16 – 3.35)	4	Embrión II	142	673	384.75 ± 239.67
	1	<i>Epicaridium</i>	783	783	783 ± 0
IX (3.36 – 3.55)	3	Embrión I	834	1036	902 ± 116.05
	1	Embrión II	779	779	779 ± 0

La relación entre el número de huevos y la longitud total de la hembra resultó estadísticamente significativa,  $F(1,73) = 105.69$ ;  $P < 0.01$ , y se encuentra descrita por la ecuación,  $\ln \# \text{ huevos} = 3.0788 + 2.756 (\ln \text{ LT hembra})$ , (figura 7).

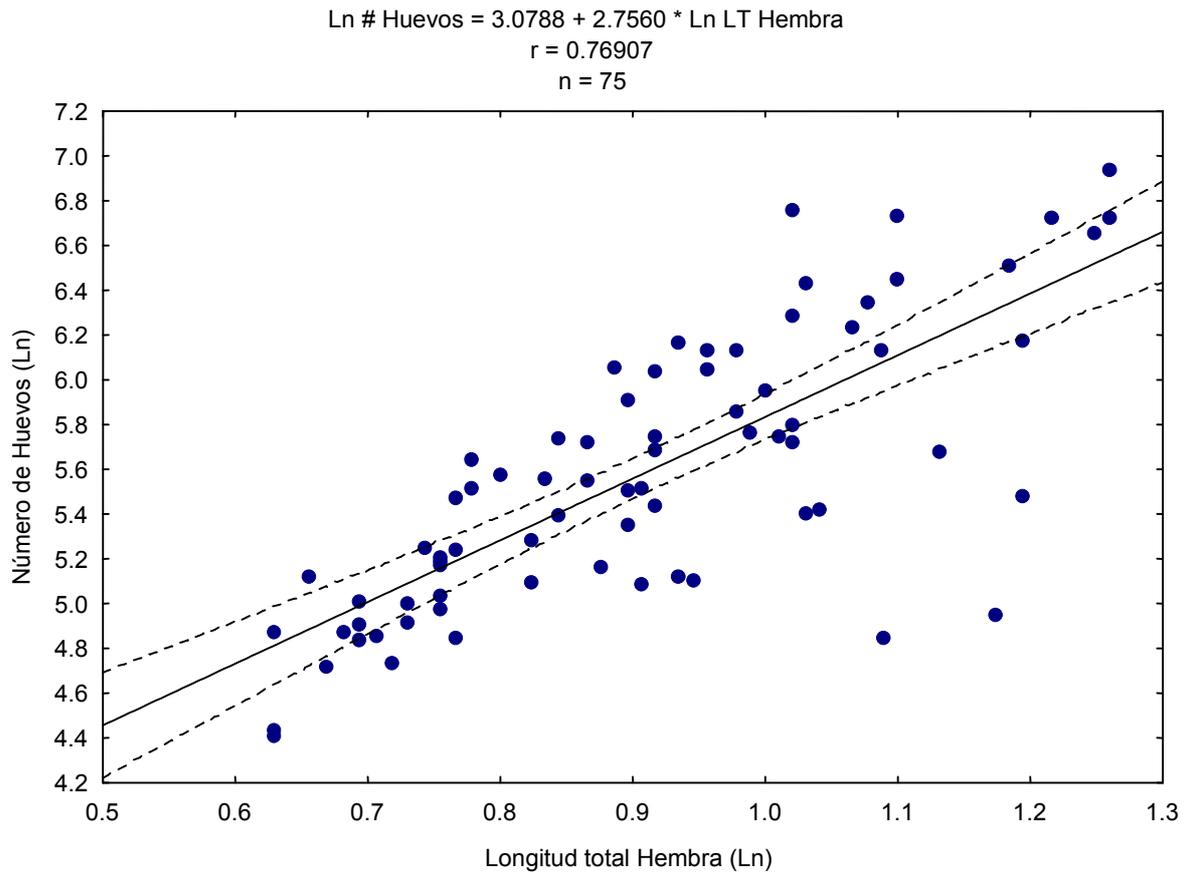


Figura 7. Relación fecundidad – longitud total de *Bopyrinella thorii*, durante noviembre de 2000.

El número de huevos fue mayor conforme se incrementó la talla del parásito; no obstante, este aumento no siempre fue progresivo debido a que en algunas hembras de tallas pequeñas se registraron puestas con un mayor número de huevos a los registrados en algunas hembras de talla mayor. También se registraron variaciones en cuanto al número de huevos entre individuos de la misma talla (Tabla 4).

La forma de los huevos observados fue esférica en la fase huevo, y ovoide en las fases de embrión I y II. Las tres fases de desarrollo presentaron una coloración blanca, mientras que las larvas *epicaridium* mostraron una tenue coloración amarilla y ojos notoriamente visibles.

El tamaño de los huevos varió de 0.113 a 0.175 mm de la fase huevo a embrión II (Figura 8); mientras que el tamaño de las larvas *epicaridium* fue de 0.175 a 0.213 mm.

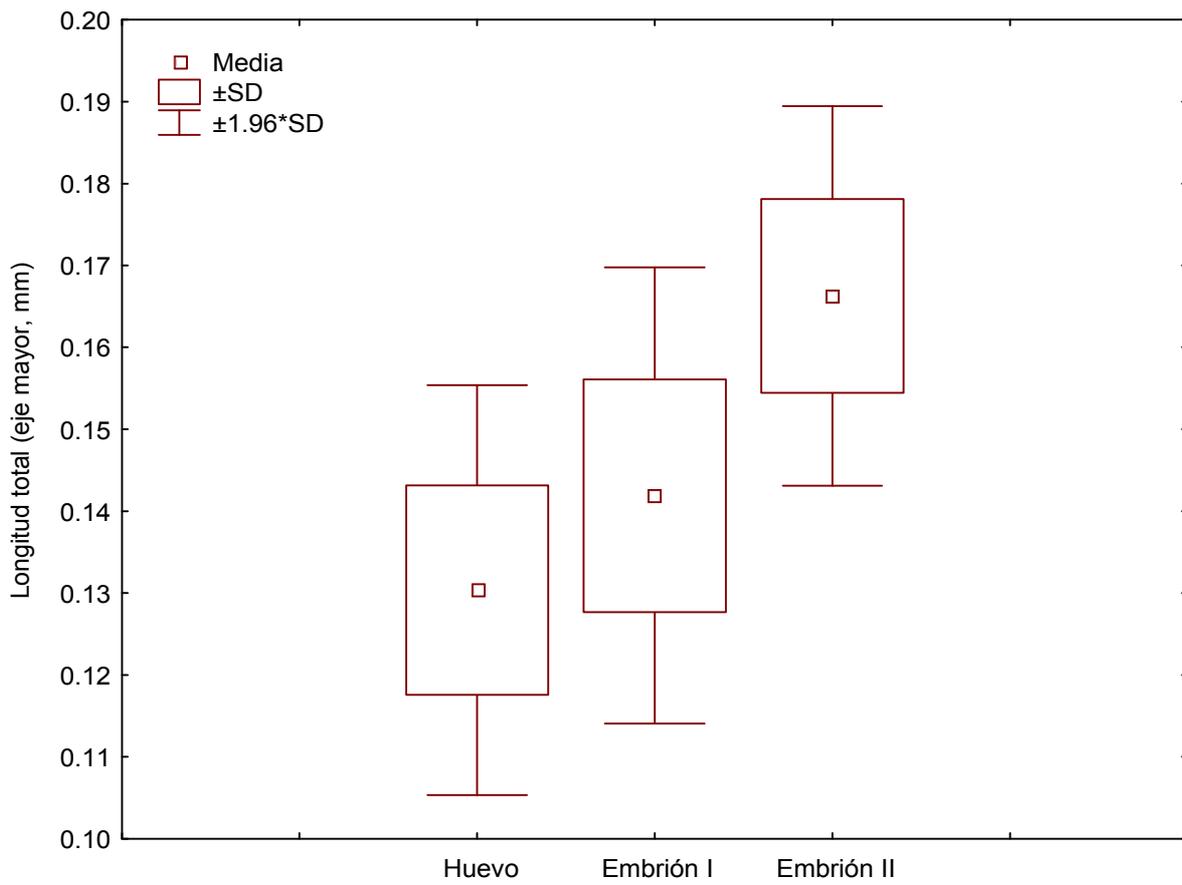


Figura 8. Talla media de las diferentes fases de desarrollo en los huevos de *Bopyrinella thorii*, durante noviembre de 2000.

---

## DISCUSIÓN

La presencia de decápodos carideos infestados por isópodos bopíridos en la costa de Quintana Roo ha sido reportada previamente por Markham *et al.* (1990), y en la reserva de la Biosfera de Sian Ka'an por Markham y Donath-Hernández (1990). Recientemente Sánchez-Quiñones (2005) y Carballido (2006) consideraron a *Thor floridanus* como el carideo con mayor porcentaje de infección en la Bahía del Espíritu Santo y en la Bahía de la Ascensión, respectivamente.

En este trabajo se observó que las hembras de *T. floridanus* son ligeramente más grandes que los machos. Chace (1972) reportó intervalos de talla para hembras de la especie de 1.5 a 2.3 mm de longitud cefalotorácica (LC), pero no registró hembras en estado ovígero; asimismo, reportó machos de 1.3 a 1.6 mm de LC. Por otro lado, Bauer y VanHoy (1996) colectaron hembras de esta especie de hasta 2.8 mm de LC y hembras ovígeras a partir de 1.7 mm de LC. Los intervalos de talla de hembras (0.7-2.85 mm LC) y machos (0.9-2.32 mm LC) registrados en este trabajo fueron más amplios, incluso las hembras ovígeras también fueron ligeramente más grandes (2.85 mm LT) a las reportadas por Chace (1972) y Bauer y VanHoy (1996).

Carballido (2006) reportó un rango de tallas de hembras ovígeras de *T. floridanus* en la Bahía de la Ascensión, de 1.4 a 3.1 mm de LC, y definió la talla de 2.2 mm de LC como la talla media de madurez sexual para la especie.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede establecer que el 53.4 % (n =169) de las hembras de *T. floridanus* colectadas en este trabajo se encuentran en el intervalo de talla de reproducción de la especie. Sin embargo, ninguna de las hembras colectadas presentó masa ovígera entre sus pleópodos.

La ausencia de hembras ovígeras durante el periodo de estudio puede atribuirse a la presencia del parásito sobre *T. floridanus*, ya que la infestación por epicarideos, como regla general, tiende hacia la supresión ó involución de las gónadas de la hembra hospedera y en menor grado, de las gónadas de los machos (Reinhard, 1956). Estos efectos se reflejan en una serie de expresiones anormales que están dadas por una inhibición o disminución del tamaño de ovarios o testículos (Allen, 1966; Baudoin, 1975; Beck 1980a; Van Wyk, 1982; Abu-Hakima, 1984; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1985; Collart 1990; Somers y

---

Kirkwood, 1991; Oliveira y Masunari, 1998; McDermott, 2002; Ayub-Ahmed, 2004).

El mecanismo por el cual los parásitos logran inhibir la reproducción y/o modificar los caracteres sexuales secundarios de sus hospederos, parece ser una alteración nutricional combinada con trastornos del sistema endocrino. Ambos factores son atribuidos a la toma de nutrientes que a través de la hemolinfa del hospedero llevan a cabo los parásitos (Anderson 1975b; Baudoin, 1975; Walker, 1977; Beck, 1980a; Bass y Weis, 1999).

Baudoin (1975) y Beck (1980c) estimaron que la supresión ó la disminución de la gonadogénesis tiene efecto no solamente sobre la esterilización de los organismos parasitados, sino también sobre la presencia de caracteres femeninos en los machos, expresados por la modificación de sus estructuras sexuales secundarias no obstante, estos cambios pueden ser, en algunos casos, menos marcados.

Algunas modificaciones de los caracteres sexuales secundarios fueron observadas en 23 de los 41 machos de *T. floridanus*, los cuales fueron clasificados como machos “feminizados” debido a que presentaron el apéndice masculino reducido (de menor tamaño con relación al endópodo del segundo pleópodo y con escasa ornamentación), así como el tercer pereiópodo muy similar al de las hembras de la especie (margen flexor del própodo en el tercer pereiópodo casi recto).

Chace (1972) estableció la posibilidad de que las especies de este género fueran protándricas, es decir, que un individuo madura como macho pero más tarde cambia de sexo (Bauer, 2001), sin embargo, Bauer (1986) y Bauer y VanHoy (1996) dejaron en claro que en este género sólo *T. manningi* presenta este carácter, mientras que *T. dobkini* y *T. floridanus* son gonocóricos, es decir, que los individuos maduran como machos o hembras y mantienen esta condición a lo largo de su vida (Bauer, 2001).

Bauer y VanHoy (1996) reportaron en *T. floridanus* la presencia de machos “feminizados”, los que además de la reducción del apéndice masculino y la semejanza del tercer pereiópodo con el de las hembras, presentaban la reducción del ducto eyaculatorio; sin embargo, ninguno de ellos exhibió señales del desarrollo de ovarios, lo que si fue observado por Bauer (1986) en el caso de *T.*

---

*manningi*. Con relación a la “feminización” de los machos, Bauer y VanHoy (1996) concluyeron que ésta no es derivada de un fenómeno de protándria, sino que puede ser resultado de la infestación que sufre *T. floridanus* tanto por *Bopyrinella thorii* como por *Loki circumsaltanus*, parásito abdominal en la misma especie.

Este trabajo concuerda con lo observado por estos autores ya que de los 23 machos “feminizados” 20 portaban parejas de parásitos donde la hembra se encontraba en estado inmaduro y en algunos casos, por hembras maduras ó hembras maduras solas; únicamente tres de estos machos “feminizados” estuvieron infestados por larvas *cryptoniscus*.

En contraste, los machos “primarios” que no presentaban modificaciones en sus caracteres secundarios, en su mayoría estuvieron infestados por larvas *cryptoniscus* (14 de 18) por lo que es posible suponer que la “feminización” de los machos es influenciada por el parásito, al tiempo que éste se desarrolla y alcanza su madurez sexual.

Por otra parte, la “feminización” de los machos parasitados por bopíridos no inhibe la espermatogénesis y la producción de espermátóforos es prácticamente normal (Beck, 1980a). Campos y Campos (1989) anotaron la posibilidad de reproducción entre machos parasitados y hembras no parasitadas, lo cual permitiría que el nivel reproductivo y por ende su densidad, no fuera muy diferente al de una comunidad exenta de parásitos.

En la literatura existen reportes acerca de una mayor infestación de hospederos machos, y otros donde los parásitos no presentaron alguna “preferencia” por alguno de los sexos del hospedero (Van Wyk, 1982; Guzmán, 1987; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1987; Campos y Campos, 1989; Astete-Espinoza y Caceres, 2000; Masunari *et al.*, 2000).

Sin embargo, comúnmente, y coincidiendo con lo observado en este trabajo, se ha reportado mayor infestación de los hospederos hembras (Allen, 1966; Truesdale y Mermiliod 1977; Szidat, 1977; Beck, 1979; Guzmán y Román-Contreras, 1983; Jay, 1989; Schuldt y Damborenea, 1989; Román-Contreras, 1993; Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005) que de los machos.

Existen distintas explicaciones a esta supuesta selección o “preferencia” del parásito por infestar con mayor frecuencia a uno de los sexos del hospedero. Una de ellas está relacionada con la talla, ya que el sexo del hospedero de mayor talla

---

suele ser más infestado (Beck, 1979, Campos y Campos, 1989; Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005 y el presente estudio).

Igualmente, esta selección puede ser debida a la razón sexual de la población hospedera, expresándose en una mayor disponibilidad de alguno de los sexos; sin embargo, en este estudio se observó mayor número de hospederos hembras parasitadas aún cuando Carballido (2005) determinó que la razón sexual de *T. floridanus* en la Bahía de la Ascensión fue de 1.04 a 1.47 machos por cada hembra.

También se ha sugerido que esta supuesta selección está ligada a un periodo de intermuda promedio más corto de las hembras, y a una mayor esperanza de vida, lo cual suele presentar ventajas reproductivas para el parásito tales como mayor longevidad y por lo tanto, la posibilidad de realizar mayor número de desoves (Allen, 1966; Anderson, 1975a; Beck, 1979; Truesdale y Mermiliod 1977; Schuldt y Damborenea, 1989;).

### **ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Bopyrinella thorii***

De acuerdo al ciclo de vida generalizado para los Bopíridos, el sexo es determinado epigaméticamente (Reinhard, 1949), por lo que el establecimiento de la hembra y el macho sobre el hospedero definitivo debe estar desfasado en el tiempo (Beck, 1980b; Overstreet, 1983; Campos y Campos, 1989).

Coincidiendo con este planteamiento, se observaron los estados de desarrollo sexualmente inmaduros de *Bopyrinella thorii* constituidos principalmente por hembras inmaduras solas (n=94) y larvas *cryptoniscus* igualmente solas (n=43).

La diferencia observada en la morfología y la posición de la región cefálica entre las larvas *cryptoniscus* y las denominadas larvas-hembras, permite suponer que la metamorfosis de las larvas *cryptoniscus* hacia hembra debe iniciarse sólo después de que la larva ha conseguido situarse en lo que será su posición definitiva en la cámara branquial de la hembra, con la región cefálica en posición posterodorsal en relación a su hospedero.

---

En ciertas ocasiones las larvas *cryptoniscus* se localizaron sujetas en distintas zonas del hospedero por debajo del exoesqueleto (larvas intratisulares), de manera similar a lo reportado para las larvas *cryptoniscus* de diferentes especies del género *Probopyrus* (Szidat, 1977; Beck, 1980c; Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1985; Schuldt y Damborenea, 1988; Verdi y Schuldt, 1988; Masunari *et al.*, 2000).

Beck (1980c) definió el establecimiento de estas larvas como atípico y producto de una “equivocación” de las mismas, ya que el establecimiento del parásito sólo es exitoso si invade la cámara branquial del hospedero, puesto que este sitio provee al parásito de protección y aireación tanto para la pareja de parásitos como para su masa ovígera, además de que es un sitio accesible para alimentarse de su hospedero (Beck, 1980c; Schuldt y Damborenea, 1988).

Por otra parte, las hembras inmaduras emparejadas con una larva *cryptoniscus* o un macho maduro (n=23), ó en algunas ocasiones con un macho inmaduro (n=4), fueron menos frecuentes. Esto permite suponer que estas asociaciones son el resultado del establecimiento casi simultáneo de ambos parásitos, así como de una maduración sexual más rápida en los machos.

Oliveira y Masunari (1998), al no encontrar hembras inmaduras solas de *Aporobopyrus curtatus* sobre el cangrejo *Petrolisthes armatus*, sugirieron que la presencia de una hembra inmadura en la cámara branquial acelera el desarrollo de la larva *cryptoniscus* recién llegada a dicha cámara, transformándose rápidamente en macho. Estos autores, al igual que Masunari *et al.* (2000), señalan el establecimiento de una pareja de parásitos como la combinación más duradera sobre el hospedero.

Sin embargo, Truesdale y Mermilliod (1977) reportaron 7 hembras sexualmente maduras solas en un total de 115 organismos de *Probopyrus bithynis*; y Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005) obtuvieron 10 hembras maduras solas de *Bopyrina abbreviata*, de un total de 1231 organismos. En el caso de *B. thorii* se observaron hembras sexualmente maduras sin la compañía de un macho entre su pleópodos (n=27); a pesar de ello, sus ovarios estuvieron repletos de ovocitos, los cuales fueron conspicuos a través del exoesqueleto de la hembra.

---

No obstante que el desarrollo en el que se encontraban los ovocitos no fue evaluado en el presente trabajo, su presencia indica que a pesar de la ausencia del macho, la hembra es capaz de producir ovocitos.

Schuldt (1993) reportó 9 hembras maduras de *Probopyrus ringueleti* carentes de machos, en las cuales percibió la ausencia de vitelogénesis secundaria en sus ovocitos, y determinó que la presencia del macho sobre el abdomen de la hembra se encuentra estrechamente relacionada con el desarrollo de la vitelogénesis secundaria del ovario de la hembra. Este autor mencionó que únicamente en dos especies de isópodos, ambos terrestres, se ha constatado la interrupción del desarrollo de la vitelogénesis secundaria ocasionada por la ausencia del macho, estas especies son *Porcellio dilatatus* Brandt y *Armadillidium officinalis* Duméril.

La misma actividad ovárica fue observada en 24 de las 27 hembras sexualmente maduras de *B. thorii* emparejadas con un macho maduro. Por lo tanto, es factible que se tratara de hembras al inicio de formación de su primer masa ovígera, debido a que ninguna presentaba una masa ovígera en su marsupio, pues se ha establecido ya la capacidad de los bopíridos de producir desoves sucesivos (Pike, 1960; Strömberg, 1971).

Un buen número de hembras ovígeras de *B. thorii*, principalmente aquellas que portaban huevecillos en fase III o larvas *microniscus* en su marsupio, también mostraron los ovarios repletos de ovocitos. Esto permite inferir que la reproducción de *B. thorii* debe ser continua, tal como sucede con las hembras de *Pseudione affinis*, las cuales se reproducen continuamente y cuyas gónadas pueden verse casi listas para la siguiente oviposición, previa a la liberación de las larvas de su marsupio (Pike, 1960).

Las hembras ovígeras fueron el estado de desarrollo más frecuentemente observado en los individuos de *B. thorii*, constituyendo el 36.58 % del total de las hembras analizadas durante el periodo de estudio; ello coincide con lo reportado por Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005) para *Bopyrina abbreviata* en la Laguna de Términos, Campeche, donde las hembras ovígeras constituyeron el 84.21% de la estructura poblacional de la especie.

Las hembras ovígeras de la mayoría de los bopíridos aparecen a lo largo del año; no obstante, su número puede ser usualmente más alto durante ciertos

---

meses del año (Pike, 1960; Allen, 1966; Strömberg, 1971; Beck, 1980b; Owens y Glazebrook, 1985; Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005).

Ocasionalmente se observó una larva *cryptoniscus* ubicada en la misma cámara branquial que ocupaba una pareja de parásitos cuya hembra se encontraba en estado ovígero (n=3). Una asociación de este tipo fue reportada por Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005) en *Bopyrina abbreviata*. Szidat (1977) mencionó que cuando las larvas *cryptoniscus* ingresan a la cámara branquial después de haberse establecido la pareja de parásitos, éstas eventualmente son eliminadas.

Es importante destacar la posición de las larvas *cryptoniscus* en la cámara branquial, ya que en 2 casos las larvas se encontraban en contacto directo con la hembra. Una de ellas estaba sujeta firmemente al primer par de oostegitos de la hembra y la segunda larva localizada entre los pleópodos de la misma, lugar que habitualmente ocuparía un macho sexualmente maduro, el cual no se encontraba en la cámara branquial.

Cuando un parásito macho se separa de los pleópodos de su hembra es probable que si existe una larva *cryptoniscus* en la misma cámara branquial, ésta puede ubicarse en los pleópodos de la hembra y desarrollarse como macho. Reverberi y Pitotti (1942) anotaron que cuando existen otros machos en la misma cámara branquial que ocupa una pareja de parásitos, éstos son capaces de reemplazar la pérdida del macho de una pareja adulta.

Otro caso a destacar, debido a que escasamente se detectan, es la invasión simultánea de ambas cámaras branquiales o dobles infecciones. Campos y Campos (1989) atribuyeron el escaso número de dobles infecciones reportadas en la literatura, al gran estrés nutricional que éstas ocasionan a sus hospederos; también señalaron como otra posible causa, el abultamiento producido por el establecimiento del parásito en las cámaras branquiales del hospedero, lo cual ocasiona en él mayor vulnerabilidad ante sus depredadores.

Con relación a lo anterior, 16 individuos de *Thor floridanus* con doble infección fueron registrados con mayor frecuencia en los intervalos de talla más pequeños. Las dobles infecciones registradas más a menudo fueron dos: primeramente, la de una hembra sexualmente inmadura en una de las cámaras branquiales y al mismo tiempo en la cámara branquial opuesta un macho

---

sexualmente inmaduro; y la segunda, el establecimiento de una larva *cryptoniscus* en cada una de las cámaras branquiales de un hospedero (n=3, en ambos casos).

Beck (1980c) observó 9 machos de *P. pandalicola* sujetos en la cámara branquial opuesta a la que ocupaba una hembra inmadura. Estos registros son contradictorios con el planteamiento general sobre la determinación epigámica del sexo en los bopíridos. Sin embargo, Muñoz (2001) comprobó que los machos de *Ione ovata* pueden dejar a su hospedero inicial e ir en busca de otro hospedero no parasitado sobre el cual puedan transformarse en hembra, como una estrategia para prolongar su longevidad y maximizar la posibilidad de producir descendencia.

Esta capacidad de cambiar de macho a hembra ha sido estudiada por Reinhard (1949) y Muñoz (2001), quienes si bien no lograron completar una reversión completa de macho a hembra en el laboratorio, sus resultados permiten establecer que algunos bopíridos machos son capaces de llevar a cabo este tipo de reversión.

Otra situación particularmente interesante en el presente estudio, fue el registro de un hospedero portando en una misma cámara branquial dos hembras sexualmente inmaduras de talla muy similar empalmadas, y entre ellas, una larva *cryptoniscus*. Beck (1979) definió que cuando los parásitos hembra de una doble infección son similares en tamaño, es debido al establecimiento simultáneo de dos larvas *cryptoniscus*.

En el caso registrado en este trabajo, y de haber continuado estas hembras con su desarrollo, es probable que alguna de ellas fuera eliminada por razones de espacio de la cámara branquial del hospedero, debido a que el establecimiento de la larva *cryptoniscus* entre los pleópodos de alguna de ellas, y su posterior desarrollo en macho, permitiría iniciar la reproducción de la pareja de parásitos, lo cual limitaría aún más el espacio disponible en la cámara branquial al llevarse a cabo la producción de la masa ovígera, dando como resultado el desplazamiento de la hembra que hubiera quedado sola.

Asociaciones semejantes a las registradas en este trabajo sólo han sido reportadas por Oliveira y Masunari (1998), quienes hallaron en una misma cámara branquial del cangrejo porcelánido *Petrolisthes armatus* de 2 a 5 hembras

---

inmaduras del parásito *Aporobopyrus curtatus* compartiendo la cámara branquial con una larva *cryptoniscus*; sin embargo, estos autores indicaron que el establecimiento de dos hembras en una misma cámara branquial es una situación efímera.

Reinhard (1949) estipuló que sólo un parásito hembra adulta puede establecerse sobre un hospedero y cuando se localiza más de una hembra, tarde o temprano las hembras extra son desalojadas, generalmente en estados juveniles.

### **RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD CEFALOTORÁCICA DE *Thor floridanus* Y LA TALLA DE *Bopyrinella thorii***

Tomando en cuenta el número de hospederos registrados (n= 254) por debajo de la talla media de reproducción reportada para *T. floridanus* en Bahía de la Ascensión (Carballido, 2006), infestados principalmente por los estados sexualmente inmaduros de *Bopyrinella thorii*, puede percibirse una tendencia de esta especie a establecerse sobre las tallas más pequeñas de *Thor floridanus*. Van Wyk (1982) señaló, coincidentemente, que las hembras inmaduras de *Aporobopyrus muguensis* se restringen a los organismos de *Pachycheles rudis* más pequeños.

Esta percepción se ve reforzada con dos hechos más en el presente trabajo: 1) el registro de los estados sexualmente maduros de *B. thorii* preferentemente sobre los hospederos más grandes; y 2), la alta correlación observada entre la longitud total de *B. thorii* respecto a la longitud cefalotorácica de *T. floridanus* ( $r = 0.9652$ ).

Este tipo de relación entre la talla del parásito y su hospedero también ha sido observada para las asociaciones de *Probopyrus pandalicola* sobre *Palaemonetes paludosus* (ver Beck, 1980b), *P. ringueleti* sobre *Pa. argentinus* (ver Schuldt y Rodríguez-Capítulo, 1985), *P. pandalicola* sobre *Palaemon ritteri* (ver Campos y Campos, 1989), *P. bithynis* sobre *Macrobrachium ohione* (ver Truesdale y Mermilliod, 1977), *P. pandalicola* sobre *Pa. pugio* (ver Cash y Bauer, 1993), *Aporobopyrus muguensis* sobre *Pachycheles rudis* (ver Campos-González y

---

Campoy-Favela, 1987) y *Hemiarthrus abdominalis* sobre *Pandalus montagui* (ver Allen, 1966), entre otros.

Por lo tanto, en coincidencia con el planteamiento sobre que la infestación temprana y el crecimiento del parásito y su hospedero son simultáneos (Beck, 1980b; Owens y Glazebrook, 1985; Campos-González y Campoy-Favela, 1987 y Cash y Bauer, 1993), se plantea que las larvas *cryptoniscus* de *B. thorii* se adhieren principalmente a individuos juveniles ó adultos jóvenes de *T. floridanus*, y crecen simultáneamente.

De hecho, la relación entre la talla del bopírido y su hospedero suele ser muy estrecha. Verdi y Schuldt (1988) señalan que cuando una misma especie de bopírido infesta a diferentes hospederos, la talla máxima que el parásito puede alcanzar dependerá de la talla del hospedero sobre el cual se encuentren. Igualmente se ha observado que la longevidad de los parásitos hembra tiende a equipararse a la de los camarones a los que parasitan (Schuldt *et al.*, 1998).

En el presente estudio los machos de *B. thorii* más grandes siempre se encontraron sujetos a las hembras de mayor tamaño; Ahmed y Hakeem (1982) y Jay (1989) reportaron casos similares en *Epipenaeon qadrii* y *Argeia pugettensis*, respectivamente. Por lo tanto, se considera que la correlación entre la longitud total de la hembra y el macho de *B. thorii* indica la permanencia del parásito macho con la misma hembra a lo largo de su vida (Jay, 1989; McDermott, 1991; Cash y Bauer, 1993).

En otro orden de ideas, de acuerdo a la variación morfológica observada en las hembras sexualmente inmaduras de *B. thorii*, puede establecerse que éstas se mantienen simétricas y no desarrollan oostegitos hasta una longitud total (LT) de 0.75 mm, a partir de la cual inicia el desarrollo de estas estructuras y su cabeza comienza a orientarse hacia alguno de los lados, lo cual depende de la cámara branquial sobre la que se encuentren alojadas.

Cuando las hembras inmaduras han alcanzado 1.3 mm de LT cuentan ya con un cuerpo marcadamente asimétrico, oostegitos medianamente desarrollados, y se observa una proyección tergal escasa en los dos primeros pereómeros. La talla máxima registrada para una hembra sexualmente inmadura fue de 1.5 mm de LT, en la que la proyección tergal y los oostegitos estuvieron casi completamente desarrollados.

---

Las hembras inmaduras de mayor talla generalmente fueron registradas en compañía de una larva *cryptoniscus*, ó de un macho usualmente maduro. Esto parece confirmar que los machos presentan un desarrollo más rápido en comparación a las hembras de *B. thorii*, como ha sido sugerido para otros bopíridos por Román-Contreras (1993) y Oliveira y Masunari (1998).

De la misma manera, el registro de parásitos hembra sexualmente maduras emparejadas con un macho maduro, así como de hembras ovígeras con una longitud total menor a la de la hembra sexualmente inmadura, permite suponer que la presencia del macho sobre sus pleópodos debe estimular ó acelerar el desarrollo de ésta.

### **TALLA MEDIA DE REPRODUCCIÓN Y FECUNDIDAD DE *Bopyrinella thorii***

Se considera la madurez sexual como un aspecto biológicamente importante ya que representa la etapa en la cual los organismos son capaces de producir nuevos individuos (Martínez-Mayén y Román-Contreras, 2003).

Para *Bopyrinella thorii* la talla de la primera reproducción se presentó a una longitud total de 1.42 mm, si bien no se conoce el tiempo que lleva a la especie alcanzar la madurez sexual, probablemente deben pasar varios meses desde el arribo de la larva *cryptoniscus* a la cámara branquial del hospedero hasta que la hembra madura por completo, ya que la producción de masa ovígera en el parásito sólo se presenta hasta que se ha formado completamente el marsupio (Coyle y Muller, 1981). Beck (1980b) reportó que la primera puesta de *P. pandalicola* se lleva a cabo tres ó cuatro meses después de que la larva se sitúa en su hospedero definitivo. De hecho, el tamaño en el cual las hembras alcanzan la madurez sexual se encuentra ligado a la talla media de la población, pero dependiendo de las condiciones ambientales, la talla media de una especie puede variar (Guzmán, 1987). Esta afirmación coincide con los resultados obtenidos pues la longitud media de la población de hembras ovígeras (2.45 mm) de *B. thorii* fue muy similar a la talla de madurez sexual observada gráficamente (2.26 mm).

Además, el periodo de reproducción de los bopíridos está influenciado por sus hospederos y puede ser similar o mucho más largo que el de éstos (Schuldt *et al.*, 1988). De hecho, el desove de muchos bopíridos se presenta durante todo el

---

año como en *Epipenaeon ingens*, *Hemiarthrus abdominalis* y *Bopyrina abbreviata*; con algún pico estacional (Pike, 1960; Allen, 1966; Strömberg, 1971; Beck, 1980b; Owens y Glazebrook, 1985, Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005), pero durante el invierno, cuando la temperatura del agua es más fría, se reduce la actividad reproductiva y por lo tanto también el número de desoves (Owens y Glazebrook, 1985)

Por otro lado, el tamaño de la masa ovígera y el número de huevecillos está positivamente relacionada con el tamaño de la hembra e indirectamente con la talla del hospedero debido a la correlación entre la talla del parásito y su hospedero, por lo que los hospederos de mayor tamaño permiten a los parásitos hembra producir mayor número de crías (Beck, 1979; 1980b; Jay, 1989; McDermott, 2002; el presente estudio). También se ha sugerido una relación discreta entre el tamaño de la masa ovígera y la protuberancia que el parásito ocasiona en el branquiostegito del hospedero (Beck, 1980b; Jay, 1989)

Beck (1980b) apunta que el fracaso del parásito en inducir una gran protuberancia en el caparazón del hospedero puede restringir el número de huevos depositados en la cámara ovígera, de lo que resulta una diferencia en el tamaño de la masa ovígera entre hembras de igual tamaño; esto explicaría la variabilidad en el número de huevos observada en las hembras de *B. thorii* de tallas similares.

Cash y Bauer (1993) observaron en hembras de *P. pandalicola* movimientos de ajuste y sujeción antes y después de la ecdisis de su hospedero; tales movimientos, además de permitir a los parásitos acomodarse y permanecer sujetos al branquiostegito, deben también servir para incrementar el espacio disponible en la cámara branquial para contener un mayor número de huevos.

En los bopíridos cada hembra puede producir un número elevado de huevos en cada puesta, llegando a ser de varios cientos o en algunos casos, de varios miles; este es el caso de *Ione ovata* cuya fecundidad promedio es de 22 000 crías (Muñoz, 2001); ó el de *Argeia pugettensis* donde el número de huevos varía de 1 600 a 38 300 (Jay, 1989).

Similarmente, el número de huevos en el marsupio de hembras de la misma especie muestra gran variabilidad (Strömberg, 1971). Para *B. thorii*, esta variabilidad fue más evidente en las hembras de mayor tamaño debido,

---

posiblemente, a que al producir un mayor número de crías éstas exceden la capacidad que tienen tanto el marsupio de la hembra como el branquiostegito del hospedero para contener la masa ovígera, lo cual ocasionaría una reducción en la protección de los huevos y por lo tanto una mayor pérdida de los mismos. En varias hembras ovígeras con longitud total mucho mayor a la longitud cefalotorácica de sus hospederos, el cuerpo sobrepasó el branquiostegito del hospedero quedando la masa ovígera de los parásitos ligeramente expuesta.

Por otra parte, los huevos de algunos isópodos tienen un diámetro mayor de 0.3 mm, mientras que los huevos de los epicarideos raramente alcanzan los 0.2 mm (Strömberg, 1971); los huevos de *B. thorii* se encontraron en este intervalo de talla (0.113 a 0.175 mm).

El tamaño de los huevos varía de acuerdo con el tamaño de la especie del bopírido. Sin embargo, en una misma especie el tamaño del huevo no varía aunque las hembras puedan ser de diferentes tallas (Strömberg, 1971). Coincidente con esta aseveración, el tamaño de los huevos de una misma masa ovígera de *B. thorii* no presentaron variación.

Strömberg (1971) señaló que el tamaño pequeño y el gran número de huevos de los epicarideos debe ser resultado de su modo de vida parásita, y del complicado ciclo de vida que deben pasar la mayoría de ellos. Schuldt y Rodríguez-Capítulo (1985) y Muñoz (2001) definieron la alta fecundidad de estos organismos como una estrategia para compensar la alta mortalidad que presentan sus estadios larvales y/o la baja eficiencia de fijación de las larvas del parásito.

En relación al estado de desarrollo de los huevos de la masa ovígera, todos los embriones se encuentran siempre en el mismo grado de desarrollo (Hiraiwa, 1936; Strömberg, 1971; Owens y Glazebrook, 1985; Cash y Bauer, 1993; Schuldt, 1993; el presente estudio); y cada cría deja el marsupio antes del siguiente desove, lo cual es habitual en los Bopyridae (Strömberg, 1971).

La sincronización casi exacta en el desarrollo de los huevos es producto de la fertilización externa llevada a cabo por los bopíridos, la cual puede ocurrir en el marsupio ó en la parte más distal de los oviductos, debido a que el macho carece de un pene con el cual transferir el esperma hacia las hembras, las cuales producen varios cientos de huevos que liberan simultáneamente en la cámara

---

branquial, donde el macho ubicado en la parte ventral del abdomen de la hembra descarga su esperma en el marsupio; de esta manera todos los huevos son fertilizados simultáneamente (Hiraiwa, 1936; Strömberg, 1971)

Cash y Bauer (1993) apuntan que la hembra de *P. pandalicola* no almacena esperma, por lo que el macho debe fecundarla justo antes de cada desove y que la liberación de las larvas *epicaridium* se lleva a cabo antes de la muda del hospedero; el desove de una nueva masa ovígera se realiza poco tiempo después de la muda y las hembras parásitas pueden producir desoves sucesivos que se liberan al marsupio pocas horas después de la ecdisis del hospedero.

---

## CONCLUSIONES

- ❖ La ausencia de hembras de *Thor floridanus* parasitadas en estado ovígero, así como la feminización y reducción del apéndice masculino de los hospederos machos, son efectos atribuibles a la infestación que sufre *T. floridanus* por *Bopyrinella thorii*.
- ❖ *Bopyrinella thorii* infesta principalmente a hospederos jóvenes, en los cuales permanece y crece simultáneamente, razón que pudiera explicar la alta relación observada entre la longitud total del parásito hembra y la longitud cefalotorácica del hospedero.
- ❖ Las hembras ovígeras de *B. thorii* constituyeron más de una tercera parte (36 %) de la estructura poblacional de la especie.
- ❖ Las hembras maduras de *Bopyrinella thorii* pueden llevar a cabo la producción de ovocitos aún cuando no se encuentren acompañadas por un macho, pero el desarrollo larval sólo es posible cuando la hembra se encuentra emparejada.
- ❖ Las hembras de *B. thorii* inician su reproducción a partir de 1.42 mm de longitud total (LT), si bien la talla media de madurez sexual en la población fue de 2.26 mm de LT.
- ❖ Los huevos de una misma masa ovígera en hembras de *B. thorii*, siempre se encontraron en el mismo estado de desarrollo, al igual que sucede en otros bopíridos.
- ❖ Las hembras de *B. thorii* de mayor talla producen desoves más numerosos que las de menor tamaño, aunque la variabilidad en el número de huevos también se incrementa conforme aumenta la talla del parásito hembra.

---

## LITERATURA CITADA

- Abu-Hakima, R., 1984. Preliminary observations on the effect of *Epipenaeon elegans* Chopra (Isopoda;Bopyridae) on reduction of *Penaeus semisulcatus* de Hann (Decapoda;Penaeidae). International Journal of Invertebrate Reproduction and Development 7:51-62.
- Ahmed, M. & Z. Hakeem, 1982. Incidence of males and eggs in the brood pouches of females of *Epipenaeon qadrii* Qazi, 1959 from the northern Arabian Sea (Isopoda, Bopyridae). Crustaceana 42(3): 316-317.
- Alvarez- León, R., 1993. Primer registro de *Probopyrus pandalicola* (Isopoda: Bopyridae) en el Caribe Colombiano. Revista de Biología Tropical, 41(2):307-308.
- Allen , J. A., 1966. Notes on the relationship of the bopyrid parasite *Hemiarthrus abdominalis* (Kroyer) with its host. Crustaceana, 10: 1-6.
- Anderson, G., 1975a. Larval metabolism of the epicaridean isopod parasite *Probopyrus pandalicola* and metabolic effects of *P. pandalicola* on its copepod intermediate host *Acartia tonsa*. Comparative Biochemistry and Physiology 50 (A): 747-751.
- Anderson, G., 1975b. Metabolic response of the caridean shrimp host *Palaemonetes pugio* to infection by the adult epibranchial isopod parasite *Probopyrus pandalicola*. Comparative Biochemistry and Physiology 52 (A): 201-207.
- Anderson, G., 1977. The effects of parasitism on energy flow through laboratory. Marine Biology, 42 : 239 – 251.

- 
- Anderson, G., 1983. Observation of postinfection mortality and growth of *Palaemonetes pugio* following exposure to the bopyrid isopod *Probopyrus pandalicola*. American Zoologist (abstract) 23(4): 924.
- Anderson, G., & W.E. Dale, 1989. *Probopyrus pandalicola* (Packard) (Isopoda:Epicaridea), swimming responses of cryptoniscus larvae in water conditioned by host, *Palaemonetes pugio* Holthuis (Decapoda:Palaemonidae). Journal of experimental Marine Biology and Ecology 130: 9-18.
- Anderson, G., 1990. Postinfection mortality of *Palaemonetes* spp. (DECAPODA: PALAEMONIDAE) following experimental exposure to the bopyrid isopod *Probopyrus pandalicola* (Packard) (ISOPODA: EPICARIDEA). Journal of Crustacean Biology, 10(2):284 – 292.
- Anderson, G., & W.E. Dale, 1981. *Probopyrus pandalicola* (Packard) (Isopoda, Epicaridea): Morphology and development of larvae in culture. Crustaceana 41(2):143-161.
- Astete – Espinoza, L. P. & C. W. M. Caceres, 2000. Efecto del parasitismo del isópodo bopírido *Ionella agassizi* (Isopoda : Epicaridea) (Bonnier, 1900) sobre la fisiología nutricional del nape *Neotrypaea uncinata* (M. Edwards, 1837) (Decapoda : Thalassinidea). Revista Chilena de Historia Natural, 73(2): 243 – 252.
- Ayub, Z. & M. Ahmed, 2004. Study on the host-parasite relationship of *Parapenaepsis stylifera* (H. Milne Edwards) (Decapoda: Peneidae) and *Parapenaeon japonica* (Thielemann) (Isopoda:Bopyridae). Hydrobiologia 523:225-228.
- Bass, C.S. & J.S. Weis, 1999. Behavioral changes in the grass shrimp, *Palaemonetes pugio* (Holthuis), induced by the parasitic isopod, *Probopyrus pandalicola* (Packard). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 241: 223-233.

- 
- Baudoin, M., 1975. Host castration as a parasitic strategy. *Evolution*, 29:335-352.
- Bauer, R.T., 1985. Diel and seasonal variation in species composition and abundance of caridean shrimps (Crustacea, Decapoda) from seagrass meadows on the north coast of Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science* 36:150-162.
- Bauer, R.T., 1986. Sex change and life history pattern in the shrimp *Thor manningi* (Decapoda:Caridea): A novel case of partial protandric hermaphroditism. *Biological Bulletin*, 170:11-31.
- Bauer, R.T., 2001. Hermafroditismo en camarones: El sistema sexual y su relación con atributos socioecológicos. *Interciencia*, 26(10):434-439.
- Bauer, R.T. & R. Van Hoy, 1996. Variation in sexual systems (Protandry, Gonochorism) and reproductive biology among three species of the shrimp genus *Thor* (Decapoda : Caridea). *Bulletin of Marine Science*, 59(1):53-73.
- Beck, J. T., 1979. Population interactions between a parasitic castrator, *Probopyrus pandalicola* (Isopoda:Bopyridae), and one of its freshwater shrimp hosts, *Palaemonetes paludosus* (Decapoda:Caridea). *Parasitology*, 79, 431-449.
- Beck, J. T., 1980a. The effects of an isopod castrator, *Probopyrus pandalicola*, on the sex characters of one of its caridean shrimp hosts, *Palaemonetes paludosus*. *Biological Bulletin*, 158:1-15.
- Beck, J. T., 1980b. Life history relationships between the bopyrid isopod *Probopyrus pandalicola* and one of its caridean shrimp host *Palaemonetes paludosus*. *American Midland Naturalist*, 104(1):135-154.
- Beck, J. T., 1980c. Larval and adult habitats of a branquial bopyrid *Probopyrus pandalicola* on one of its freshwater shrimp hosts *Palaemonetes paludosus*. *Crustaceana*, 38(3):265-270.

- 
- Burse, Ch. R., 1978. Histopathology of the parasitization of *Munidia iris* (Decapoda: Galatheididae) by *Munidion irritans* (Isopoda: Bopyridae). Bulletin of Marine Science, 28 (3): 566-570.
- Campos, E. & A. R. Campos, 1989. Epicarideos de Baja California: distribución y notas ecológicas de *Probopyrus pandalicola* (Packard, 1879) en el Pacífico oriental. Revista de Biología Tropical, 37(1): 29-36.
- Campos-González, E. & J.R. Campoy-Favela, 1987. Epicarideos de Baja California I. Primer registro y notas bioecológicas de dos Bopyridae y un Cryptoniscidae (Crustacea:Isopoda) para México. Epicarideans from Baja California I. First record and bioecological notes on two Bopyridae and one Cryptoniscidae (Crustacea:Isopoda) for Mexico. Ciencias Marinas 13(3):39-48.
- Carballido, C.M.A., 2006. Aspectos ecológicos de la fauna de carideos asociados a los pastizales marinos en Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Tesis Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, DF, 69 Pp.
- Cash, C.E. & R.T. Bauer, 1993. Adaptations of the branchial ectoparasite *Probopyrus pandalicola* (Isopoda:Bopyridae) for survival and reproduction related to ecdysis of the host, *Palaemonetes pugio* (Caridea:Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology, 13(1):111-124.
- Chace, F. A. Jr., 1972. The shrimps of the Smithsonian-Bredin Caribbean expeditions with a summary of the West Indian shallow water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). Smithsonian Contributions to Zoology, 98:1- 179.
- Collart, O. O., 1990. Interactions entre le parasite *Probopyrus bithynis* (ISOPODA:BOPYRIDAE) et l'un de ses hôtes, la crevette *Macrobrachium amazonicum* (DECAPODA:PALAEMONIDAE). Crustaceana, 58(3):258-269.

- 
- Corey, S. & D. M. Reid, 1991. Comparative fecundity of decapod crustaceans. I. The fecundity of thirty-three species of nine families of caridean shrimp. *Crustaceana*, 60 (3):270-294.
- Coyle, K.O. & G.J. Mueller, 1981. Larval and juvenile stages of the isopod *Holophryxus alaskensis* (Epicaridea, Dajidae) parasitic on decapods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38:1438-1443.
- Guzmán, A.M., 1987. Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en lagunas costeras del Estado de Guerrero, México. Tesis Doctoral Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. 300 p.
- Guzmán, A. M. & R. Román C., 1983. Parasitismo de *Probopyrus pandalicola* (Isopoda, Bopyridae) sobre el langostino *Macrobrachium tenellum* en la Costa Pacífica de Guerrero y Michoacán, México. En: Proceedings of the International Conference on Marine Resources of the Pacific. P. M. Arana (Ed.) Viña del Mar, Chile. 345-357.
- Heck, K.L. Jr. 1976. Community structure and the effects of pollution in seagrass meadows and adjacent habitats. *Marine Biology*, 35: 345-357.
- Hiraiwa, Y. K., 1936. Studies on a bopyrid, *Epipenaeon japonica* Thielemann. III. Development and life-cycle, with special reference to the sex differentiation in the bopyrid. *Journal of Science of the Hiroshima University. Series B, Div. 1, Vol. 4, Art. 8: 101-141.*
- Janssen, H. H. & Brandt, A., 1994. *Heterocephon marginatum* (Shiino, 1936) (Crustacea: Isopoda: Epicaridea: Bopyridae) a new hyperparasite from the Philippines, and a short review of the biology of the Bopyridae. *The Philippine Scientist*, 31: 5-31.
- Jay, C. V. 1989. Prevalence, size, and fecundity of the parasitic isopod *Argeia pugettensis* on its host *Crangon franciscorum* *American Midland Naturalist*, 121(1): 68-77.

- 
- Jayachandran, K.V., 2001. Palaemonid prawns: Biodiversity, taxonomy, biology and Management. Science Publisher (Ed) India. 622 p.
- Jordán-Dahlgren, E., E. Martín-Chávez, M. Sánchez-Segura & A. González de la Parra. 1994. The Sian Ka'an Biosphere Reserve Coral Reef System, Yucatan Peninsula, México. *Bull. Atoll. Res.* 423: 01-31.
- Lozano-Álvarez. 1992. Pesquería, Dinámica poblacional y manejo de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias. UNAM. 142 pp.
- Martínez-Mayén, M. & R. Román-Contreras, 2003. Reproducción de *Potimirim glabra* (Kingsley, 1878) (Crustacea: Decapoda: Atyidae) en el río Coyuca, Guerrero, México. Pp 103-115. *In*: M. E. Hendrickx (ed.). Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este 2 M. [Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans 2]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 303 pp.
- McDermott, J. J., 1991. Incidence and host-parasite relationship of *Leidyia bimini* (Crustacea, Isopoda, Bopyridae) in the brachyuran crab *Pachygrapsus transversus* from Bermuda. *Ophelia*, 33 (2): 71-95.
- McDermott, J. J., 1998. Prevalence of two epicaridean isopods (Bopyridae and Entoniscidae) associated with the hermit crab *Pagurus longicarpus* Say, 1817 (Anomura) from the New Jersey coast (U.S.A.). *Journal of Parasitology*, 84(5):1042-1045.
- McDermott, J. J., 2002. Relationships between the parasitic isopods *Stegias clibanarii* (Richardson, 1904) and *Bopyrissa wolffi* (Markham, 1978) (Bopyridae) and the intertidal hermit crab *Clibanarius tricolor* (Gibbes, 1850)(Anomura) in Bermuda. *Ophelia*, 56 (1): 33-42.
- Markham, J.C., 1972. Two new genera of the western Atlantic abdominally parasitizing Bopyridae (Isopoda, Epicaridea), with a proposed new name for their subfamily. *Crustacena* 3: 39-56.

- 
- Markham, J. C., 1985. A review of the bopyrid isopods infesting caridean shrimps in the northwestern Atlantic Ocean, with special reference to those collected during the Hourglass cruises in the Gulf of Mexico. *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 7(3): 1-156.
- Markham, J.C., 1986. Evolution and zoogeography of the Isopoda Bopyridae, parasites of Crustacea Decapoda, *In*: R.H. Gore & K. L. Heck eds. *Crustacean Biogeography. Crustacean Issues 4*. A.A. Balkema. Boston. Pp 143-164.
- Markham, J.C., & F.E. Donath-Hernández, 1990. Crustacea of Sian Ka'an, including orders Nectiopoda, Stomatopoda, Thermosbaena, Mycidacea, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda and Decapoda, 239-256 Pp, *In*: Navarro, L.D. & J.G. Robinson (Eds.). *Diversidad biológica en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Vol. 1, CIQROO, México.
- Markham, J.C., F.E. Donath-Hernández, J.L. Villalobos-Hiriart & A.C. Díaz-Barriga, 1990. Notes of the shallow-water marine crustacea of the Caribbean coast of Quintana Roo, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, Ser. Zool.* 61:405-446.
- Masunari, S.A., C. Da Silva, & E. Oliveira, 2000. The population structure of *Probopyrus floridensis* (ISOPODA, BOPYRIDAE) a parasite of *Macrobrachium potiuna* (DECAPODA, PALAEMONIDAE) from the Perenquê River, Paranaguá Basin, Southern Brazil. *Crustaceana*, 73 (9): 1095- 1108.
- Mathews, C. P., M. El-Musa, M. Al-Hossaini, M. Samuel & Abdul-Ghaffar, 1988. Infestation of *Epipenaenon elegans* on *Penaeus semisulcatus* and their use as biological tags. *Journal of Crustacean Biology* 8: 53-62.
- Merino, M. & L. Oteo. 1991. *Atlas Ambiental Costero de Puerto Morelos Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 pp.

- 
- Muñoz, G. 2001. Diferencias en las historias de vida de dos especies de isópodos bopíridos (ISOPODA: EPICARIDEA) que parasitan al nape *Neotrypaea uncinata* (Milne-Edwards, 1837) (DECAPODA: THALASSINIDEA). *Revista Chilena de Historia Natural*, 74(4):755- 761.
- Oh, C.W., & Hartnoll, G. R., 1999. Size at sexual maturity, reproductive output, and seasonal reproduction of *Philocheras trispinosus* (DECAPODA) in Port Erin Bay, Isle of Man. *Journal of Crustacean Biology*, 19(2):252 – 259.
- Oliveira, E. & S. Masunari, 1998. Population relationships between the parasite *Aporobopyrus curtatus* (Richardson, 1904) (Isopoda: Bopyridae) and one of its porcelain crab host *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) (Decapoda: Porcelanidae) from Farol Island, southern Brazil. *Journal of Natural History*, 32: 1707-1717.
- Overstreet, M.R., 1983. Metazoan symbionts of crustaceans, *In*: Provenzano Jr., J.A. (Ed.). *The biology of Crustacea*. Vol. 6. Parasitology. Academic Press. Nueva York. Pp 219-226.
- Owens, L., 1993. Prevalence of *Cabirops orbionei* (Epicaridea:Cryptoniscidae) in northern Australia. A biocontrol agent for bopyrids. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 44: 381-387.
- Owens, L., 1990. Maricultural considerations of the zoogeography of parasites from prawns in tropical Australia. *Journal of Aquaculture in the tropics* 5: 35-41.
- Owens, L., 1983. Bopyrid parasite *Epipaneon ingens* Nobili as biological marker for the banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 34: 477-481.
- Owens, L. & J. S. Glazebrook, 1985. The biology of bopyrid isopods parasitic on commercial penaeid prawns in northern Australia. *In*: Second Australian National Prawn Seminar, P. C. Rothlisberg, B. J. Hill y D. J. Staples (Eds.). 105-113 p.

- 
- Owens L. & P.C. Rothlisberg, 1991. Vertical migration and advection of bopyrid isopod cryptoncid larvae in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Journal of Plankton Research* 13(4):779-787.
- Pike, R.B., 1960. The biology and postlarval development of the bopyrid parasites *Pseudione affinis* G.O. Sars and *Hermiarthrus abdominalis* (Kroyer) {=*Phryxus abdominalis* Kroyer}. *Journal of the Linnean Society of London (zoology)* 44: 239-251.
- Reinhard, E. G., 1949. Experiments on the determination and differentiation of sex in the bopyrid *Stegophryxus hyptius* Thompson. *Biological Bulletin*, 96:17-31.
- Reinhard, E. G., 1956. Parasitic castration of crustacea. *Experimental Parasitology*, 5:79-107.
- Reverberi, G & M. Pitoti, 1942. Il ciclo biologico e la determinazione fenotipica del sesso di *Ione thoracica* Montagu, Bopiride parassita di *Callinassa laticauda* Otto. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, 19 (2):111-184.
- Román-Contreras, R., 1983. Impacto de parasitosis causada por isópodos bopyridos sobre *Macrobrachium* spp. En las Costas del Pacífico. In: *Proceedings of The International Conference on Marine Resources of The Pacific*. P. M. Arana (Ed.) Viña del Mar, Chile. 1983. 358-363 p.
- Román-Contreras R., 1993. Aspectos biológicos de *Probopyrus pacificensis* Román-Contreras 1993, parásito del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en la laguna de Coyuca, Guerrero, México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México, DF; 86 Pp.

- 
- Román-Contreras R., 2004. The genus *Probopyrus* Giard and Bonnier, 1888 (Crustacea: Isopoda: Bopyridae) in the eastern Pacific region and seven new records for México. Pp 153–168. In: M. E. Hendrickx (ed.). Contribuciones al estudio de los crustáceos del Pacífico Este 3. [Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans 3]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 245 pp.
- Román Contreras, R. & J. Romero-Rodríguez, 2005. Incidence of infestation by *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 (Isopoda:Bopyridae) on *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873) (Decapoda:Hippolytidae) in Laguna de Términos, Gulf of Mexico. Nauplius 13(1):83-88.
- Sánchez – Quiñones, A., 2005. Biología y aspectos ecológicos de decápodos carideos en pastizales marinos en la bahía del Espíritu Santo, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México D.F., 47 Pp.
- Schuldt, M., 1993. El ciclo ovárico de *Probopyrus ringueleti* Verdi y Schuldt, 1988 (Isopoda: Epicaridea: Bopyridae). Gayana Zoología, 57 (1): 89-104.
- Schuldt, M., & Ma. C. Damborenea, 1988. Infestation of *Palaemonetes argentinus* (Crustacea:Palaemonidae) with *Probopyrus cf. oviformis* (Crustacea: Bopyridae): Observations on the habitat of cryptoniscus larvae. Journal of Invertebrate Pathology 52: 365-372.
- Schuldt, M. y Ma. C. Damborenea, 1989. Infección de *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Palemonidae) con *Probopyrus cf. oviformis* (Crustacea, Bopyridae) en el canal de Villa Elisa (Selva marginal de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires, Argentina), I. Estructura poblacional del consorcio, interacción y fluctuación. Biota (Osorno, Chile), 5:21-53.
- Schuldt, M., & A. Rodrigues Capítulo. 1985. Biological and pathological aspects of parasitism in the branchial chamber of *Palaemonetes argentinus* (Crustacea: Decapoda) by infestation with *Probopyrus cf. oviformis* (Crustacea: Isopoda). Journal of Invertebrate Pathology 45: 139-146.

- 
- Schuld, M. & A. Rodríguez- Capítulo, 1987. La infestación de *Palaemonetes (Palaemonetes) argentinus* (Crustacea, Palaemonidae) con *Probopyrus* cf. *oviformis* (Crustacea, Bopyridae). I. Observaciones sobre la histopatología y fisiología branquial de los camarones. Revista del Museo de La Plata. Sección Zoología, 14(154):65-82.
- Schuldt, M. L.R. Freyre & Ma. C. Damborenea, 1988. Infestación de *Palaemonetes argentinus* (Crustacea, Paleomonidae) con *Probopyrus* cf. *oviformis* (Crustacea, Bopyridae) en el canal de Villa Elisa (Selva marginal de Punta Lara, Provincia de Buenos Aires, Argentina). II. Crecimiento de los consortes. Anales de la Sociedad Científica Argentina, 218:37-48.
- Schultz, G. A., 1969. How to Know the Marine Isopods Crustaceans. W.M.C. Brown Company Publishers, Dubuque Iowa. 359 p.
- Somers, I.F. & G. P. Kirkwood, 1991. Population ecology of the grooved tiger prawn, *Penaeus semisulcatus*, in the north-western Gulf of Carpentaria, Australia: Growth, movement, age structure and infestation by the parasite *Epipenaeon ingens*. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 42(4): 349-367.
- Suárez E. & R. Gasca, 1994. Zooplankton biomass fluctuations in a Mexican Caribbean Bay (Bahía de la Ascensión) during a year cycle. Caribbean Journal of Science, 30(1-2): 116-123.
- Szidat, L., 1977. Descripción del ciclo vital de *Probopyrus oviformis* Nierstrasz y Brender-a-Brandis, parásito de la cámara branquial de *Palaemonetes argentinus*. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales (Parasitología) 2: 8-24.
- Strömberg, J. O. 1971. Contribution to the embryology of bopyrid isopods with special reference to *Bopyroides*, *Hemiarthrus*, and *Pseudione* (Isopoda, Epicaridea). Sarsia 47: 1-46.

- 
- Torres-García, M. Pilar & J. L. Bortolini-Rosales, 2002. Histological alterations in *Macrobrachium panamensis* caused by *Probopyrus* sp. Pp. 63-65 in: E. Escobar-Briones & F. Álvarez (eds.) Modern Approaches to the Study of Crustacea. Kluwer, Amsterdam.
- Truesdale, M. F. & Mermilliod, J. W., 1977. Some observations on the host-parasite relationship of *Macrobrachium ohione* (Smith) (DECAPODA, PALAEMONIDAE) and *Probopyrus bithynis* Richardson (ISOPODA; BOPYRIDAE). *Crustaceana*, 32(2) : 216-220.
- Van Arman, J.A & A. C. Smith, 1970. The pathobiology of an epibranchial bopyrid isopod in a shrimp, *Hippolysmata wurdemanni*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 15: 133-135.
- Van Wyk, P.M., 1982. Inhibition of the growth and reproduction of the porcelanid crab *Pachycheles rudis* by the bopyrid isopod *Aporobopyrus muguensis*. *Parasitology*, 85:459-473.
- Verdi, A. C. & M. Schuldt, 1988. Descripción y biología de *Probopyrus ringueleti* n. sp. (Crustacea, Epicaridea, Bopyridae). Efectos sobre el hospedador *Palaemonetes argentinus* Nobili (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 218: 15-26.
- Walker, S.P., 1977. Characterization of molt synchrony between *Palaemonetes pugio* and the ectoparasite, *Probopyrus pandalicola*. *American zoologist* 17:967.
- Williams, A. B., 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution press, Washington, D.C. 550p.