



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Índices de fecundidad y parasitismo de *Hippolyte zostericola*  
(Smith, 1873) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) por *Bopyrina*  
*abbreviata* Richardson, 1904 (Isopoda: Epicaridea: Bopyridae) en la  
Laguna de Términos, Campeche, México

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**BIÓLOGO**

PRESENTA:

**ANDRES CORDERO CARPIO**

---

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. José Luis Bortolini Rosales

Departamento de Biología Comparada

Facultad de Ciencias, UNAM

ASESOR INTERNO: M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo

Unidad Multidisciplinaria de Investigación Experimental Zaragoza

Facultad de Estudios Superior Zaragoza, UNAM

ECOLOGÍA MARINA

Ciudad de México, junio 2017.





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFÉ DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que el alumno **CORDERO CARPIO ANDRES**, con número de cuenta **307001272**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **27 de junio de 2017** a las **13:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
- VOCAL** M. en C. JOSÉ LUIS BORTOLINI ROSALES\*
- SECRETARIO** M. en C. ERNESTO MENDOZA VALLEJO
- SUPLENTE** Dr. GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO
- SUPLENTE** M. en C. GABRIELA SELENE ORTIZ BURGOS

El título de la tesis que presenta es: **Índices de fecundidad y parasitismo de *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873) (Decapoda: Caridea: Hyppolytidae) por *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 (Isopoda: Epicaridea: Bopyridae) en la Laguna de Términos, Campeche, México.**

Opción de titulación: Tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Ciudad de México, a 23 de mayo de 2017

**DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ**  
DIRECTOR

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA  
DIRECCIÓN

RECIBI  
OFICINA DE EXÁMENES  
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.  
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL  
JEFE DE CARRERA

## **Agradecimientos**

Al **M. en C. José Luis Bortolini Rosales** por la dirección de esta tesis y por las innumerables revisiones e infinita paciencia para que hiciera posible la culminación de este trabajo.

Al **Dr. Mario Alejandro Gómez Ponce** (ICMyL-UNAM) Estación el Carmen por su colaboración en las jornadas de muestreo y su hospitalidad.

Al **Lic. Andrés y Biol. Hernán** por su apoyo en campo.

Al **Dr. José Luis Villalobos Hiriart** por el apoyo logístico e identificación de los organismos (Instituto de Biología, UNAM).

Al **Dr. Fernando Álvarez Noguera** por brindarme un espacio y equipo en la Colección Nacional de Crustáceos (CNCR) (Instituto de Biología, UNAM).

A la **Dra. Ana Margarita Hermoso Salazar** por el apoyo en la identificación de los organismos (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM).

**M. en C. Betel Martínez Guerrero** por su asesoría y préstamo de literatura.

A la **Dra. María del Pilar Alonso Reyes** por su ayuda en el procesamiento de datos (Facultad de Ciencias, UNAM).

A cada uno de mis sinodales:

Al **Dr. José Luis Gómez Márquez**, por su paciencia y ayuda en la parte estadística y todos los comentarios y sugerencias vertidos que hicieron darle forma a este trabajo.

Al **M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo** por sus consejos y comentarios al trabajo.

Al **Dr. Guillermo Artemio Blancas Arroyo** por sus correcciones, comentarios y sugerencias.

A la **M. en C. Gabriela Selene Ortiz Burgos** por tomarse el tiempo para revisar este trabajo.

A todo el personal académico de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universi que colaboró y participó en mi formación como profesionista.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera por el tiempo y la amistad compartida.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
Introducción.....	2
Generalidades de los crustáceos.....	4
Orden Decapoda.....	5
Infraorden Caridea.....	7
Familia: Hippolytidae.....	7
<i>Hippolyte zostericola</i> (Smith 1873).....	8
Orden Isopoda.....	9
Familia Bopyridae.....	10
<i>Bopyrina abbreviata</i> Richardson (1904).....	10
Fecundidad.....	12
Parasitismo.....	13
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
General.....	16
Particulares.....	16
Área de estudio.....	17
Material y Método.....	21
Trabajo de campo.....	21
Trabajo de laboratorio.....	23
Resultados.....	27
Discusión.....	47
Conclusiones.....	55
Recomendaciones.....	56
Literatura Consultada.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Descripción taxonómica de <i>H. Zostericola</i> (Smith1873) y <i>B. abbreviata</i> Richardson, 1904, tomado y modificado de (Ahyong. et al., 2011).....	12
<b>Figura 2.-</b> Ubicación de la Laguna de Términos, Campeche, México, en donde se muestra el punto de recolecta (*) denominado El Cayo durante el periodo octubre de 2012 a noviembre de 2013. ....	20
<b>Figura 3.-</b> Método de recolecta en campo con una red de patín. A-B, Dimensiones de la estructura rígida con las mallas colocadas en la red; C, arrastre de la red de patín; D, recuperación del copo con la muestra biológica; E, muestra obtenida y colocada en recipientes plásticos para su transporte hasta el laboratorio; F, Muestras fijadas en formalina y etiquetadas para su posterior procesamiento.....	22
<b>Figura 4.-</b> A y B, Criterios utilizados para la identificación de <i>H. zostericola</i> , (Tomado y modificado de Chace, 1972; Ledoyer, 1986; Romero-Rodríguez, 2014); C, Largo del cefalotórax, medida utilizada para realizar los análisis estadísticos de la población; D, <i>H. zostericola</i> parasitado en la cámara branquial por <i>B. abbreviata</i> ; E, Vista dorsal de hembra de <i>B. abbreviata</i> ; F y G, Vista dorsal y ventral, respectivamente de macho de <i>B. abbreviata</i> ; H, hembra ovígera de <i>H. zostericola</i> . ....	26
<b>Figura 5.-</b> Número total de individuos recolectados de <i>H. zostericola</i> por fecha en el periodo octubre/2012 - noviembre/2013.....	28
<b>Figura 6.-</b> Frecuencia de <i>H. zostericola</i> por sexo y fecha de recolecta. ....	28
<b>Figura 7.-</b> Frecuencia de hembras ovígeras (♀Ov) y hembras no ovígeras (♀No OV) de <i>H. zostericola</i> por fecha de recolecta. ....	30
<b>Figura 8.-</b> Frecuencia de <i>H. zostericola</i> parasitados y no con <i>B. abbreviata</i> por fecha de recolecta. ....	31
<b>Figura 9.-</b> Frecuencia de individuos sanos <i>H. zostericola</i> por sexo y fecha de recolecta. ....	31
<b>Figura 10.-</b> Frecuencia de individuos parasitados de <i>H. zostericola</i> por sexo y fecha de recolecta. ....	32
<b>Figura 11.-</b> Frecuencia de hembras de <i>H. zostericola</i> sanas y parasitadas por fecha de recolecta. ....	34
<b>Figura 12.-</b> Frecuencia de machos de <i>H. zostericola</i> sanos y parasitados por fecha de recolecta. ....	34
<b>Figura 13.-</b> Distribución total de los organismos de <i>H. zostericola</i> en los intervalos de clase.....	36
<b>Figura 14.-</b> Frecuencia de individuos de <i>H. zostericola</i> no asociados a <i>B. abbreviata</i> en los intervalos de clase separados por sexo.....	36
<b>Figura 15.-</b> Frecuencia de machos y hembras parasitados por intervalo de clase.....	39
<b>Figura 16.-</b> Frecuencia de machos sanos y parasitados por intervalo de clase. ....	41
<b>Figura 17.-</b> Frecuencia de hembras sanas y parasitadas por intervalo de clase.....	41
<b>Figura 18.-</b> Huevos en los diferentes estados de desarrollo observados en este trabajo con base en la información de Anger y Moreira (1998). A, estadio de desarrollo I; B, estadio de desarrollo II y; C, Estadio de desarrollo III.....	42
<b>Figura 19.-</b> Frecuencia de ♀Ov y ♀NOv por intervalo de clase. ....	43
<b>Figura 20.-</b> Relación entre el número de huevos. ....	44
<b>Figura 21.-</b> Talla media de primera madurez sexual para hembras ovígeras de <i>H. zostericola</i> .....	44
<b>Figura 22.-</b> Comportamiento de los valores de los parámetros físicos y químicos a lo largo del estudio. ....	45
<b>Figura 23.-</b> Relación de hembras ovígeras y factor de salinidad (UPS). ....	46
<b>Figura 24.-</b> Relación de hembras ovígeras y factor de temperatura. ....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Organismos por fecha de recolecta durante el periodo Octubre/2012 – Noviembre/2013. ....	29
<b>Tabla 2.-</b> Prevalencia de <i>B. abbreviata</i> en la población total de <i>H. zostericola</i> por fecha de colecta. ....	33
<b>Tabla 3.-</b> Prevalencia del parásito por sexos y fecha de recolecta. ....	33
<b>Tabla 4.-</b> Distribución de la población en los intervalos de clase. ....	37
<b>Tabla 5.-</b> Medidas de tendencia central de la población por intervalos de clase. ....	38

## RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron los valores poblacionales y fecundidad de *Hippolyte zostericola* a partir de 11,400 organismos así como la relación que guarda con *Bopyrina abbreviata*. Se realizaron 12 recolectas de fauna carcinológica en Laguna de Términos, Campeche, México, se separaron los organismos de *H. zostericola* del resto de la carcinofauna la cual se dividió en dos grupos: machos (♂) y hembras (♀), estas últimas se subdividieron en hembras no ovígeras y ovígeras (♀Ov).

El macho (♂) más pequeño, el cual no estuvo asociado a *B. abbreviata*, fue de 0.84 mm de longitud del cefalotórax (LC) y el de mayor talla fue de 1.68 mm de LC; en el caso de las hembras (♀'s), la de menor talla fue de 0.96 mm y la mayor de 2.96 mm de LC; para ambos sexos se separaron los individuos asociados al isópodo *B. abbreviata* que se ubica en la cámara branquial y se determinaron los índices de parasitismo. Se analizaron las poblaciones por sexo, tamaño, organismos parasitados o no parasitados tomando como base la longitud del cefalotórax. La fecundidad fue estimada mediante conteo directo de los huevos en estado de desarrollo I, la hembra ovígera (♀Ov) de menor talla presentó 1.76 mm de LC, con 41 huevos, mientras que la hembra de mayor talla fue de 3.28 mm de LC con 356 huevos, el número promedio de huevos en las ♀Ov's fue de 121 y se obtuvo una  $R^2= 0.60$ , la prueba *t-student* mostró que los datos fueron significativos ( $p<0.0001$ ) mientras que el índice de actividad reproductiva anual fue del 43.16% y la talla media de madurez sexual en hembras ovígeras se estimó en 2.43 mm de LC. De los organismos analizados se obtuvo una proporción sexual de 1:1.2, (♂:♀), 1,872 organismos estuvieron parasitados: 1,695 hembras y 177 machos, que representa una proporción del 1:0.1 (♀:♂) y una prevalencia total del 7%. Finalmente se analizaron los factores físicos y químicos, los valores máximos de temperatura se registraron en los meses de abril y mayo de 2013 y los mínimos en noviembre de 2013; las variables de temperatura y salinidad mostraron el mismo patrón durante el ciclo anual y con respecto a las hembras ovígeras no tuvieron una relación contra estos dos parámetros.

**Palabras clave:** Bobyridae, hippolytidae, fecundidad, parasitismo, Laguna de Términos.

## Introducción

El subphylum Crustacea está conformado por 6 clases, 13 subclases y 46 órdenes, y comprende alrededor de 70,000 especies conocidas (Brusca *et al.*, 2016), constituyendo el mayor grupo de artrópodos acuáticos; por número de especies, los crustáceos ocupan el cuarto lugar después de los insectos, moluscos y quelicerados; sin embargo, la diversidad morfológica de este grupo es mayor que la de cualquier otro taxón de invertebrados, los crustáceos superan ampliamente a cualquier otro grupo de metazoos (Martin y Davis, 2001; Ahyong *et al.*, 2011). Los crustáceos mejor conocidos y por lo general considerados más representativos pertenecen a la Clase Malacostraca, en particular al Orden Decapoda (De Grave *et al.* 2009), se ha estimado que existen 14,756 especies de este orden contenidos en 2,725 géneros. El infraorden caridea está representado por camarones que se encuentran distribuidos en numerosos ambientes tanto marinos como dulceacuícolas y el cual comprende 14 superfamilias: Alpheoidea, Atyoidea, Bresilioidea, Campylonotoidea, Cangronoidea, Nematocarcinoidea, Oplophoroidea, Palemoniodea, Pandaloidea, Pasiphaeoidea, Phytocaridoidea, Processoidea, Psalidopodoidea y Stylodactyloidea, de éstas, la primera contiene a la familia Hippolytidae (Ahyong *et al.*, 2011).

Una de las relaciones habituales entre los crustáceos es el de la simbiosis con isópodos ectoparásitos de la familia Bopyridae, la cual posee alrededor de 500 especies casi todas parasitas de crustáceos decápodos, en especial de carideos (Markham, 1979). En algunas ocasiones estos carideos que actúan como hospederos de bopíridos, quienes representan su mayor diversidad en el Atlántico noroccidental y el Indo-Pacífico (Markham, 1986; 1988). La interacción hospedero-parásito genera una serie de efectos que están íntimamente concatenados, ya que los organismos implicados reaccionan uno frente al otro en una gran variedad de formas, desde respuestas de tipo molecular hasta modificaciones de interacciones ecológicas (Noble y Noble 1965; Toft *et al.*, 1993), por otra parte, se ha descrito que los parásitos que habitan en la cámara branquial del huésped afectan negativamente en el éxito reproductivo de éste (Noble y Noble 1965; Pérez, 1976; Toft *et al.*, 1993; Muñoz y George-Nascimento, 1999).

Entre los aspectos más importantes en la biología de cualquier especie se encuentran la fecundidad y la fertilidad. La fecundidad está relacionada con el tamaño y/o el peso del organismo (Ogawa y Rocha, 1976, Du Preez y McLachlan, 1984), a factores ambientales (Jensen, 1958), la variación latitudinal (Jones y Simons, 1983); la evaluación de la fecundidad se considera necesaria pues es una medida de la capacidad reproductiva de los organismos (Nazari *et al.*, 2003) y permite estimar el estado reproductivo en que se encuentra una población.

Diferencias estacionales y la disponibilidad de recursos en la inversión reproductiva pueden reflejar variaciones en la población (Bas *et al.*, 2007, Urzúa *et al.*, 2012), por lo que la asociación con el bopírido resulta en un detrimento de los recursos disponibles para el huésped, pudiendo afectar el crecimiento, comportamiento y reproducción de los ejemplares parasitados. A nivel poblacional, la infestación con bopíridos puede tener un papel importante en la regulación de algunas poblaciones de decápodos, los organismos parasitados tienen una menor cantidad de energía para las necesidades básicas tales como la captura de los alimentos y la migración a los sitios de reproducción (Somers y Kirkwood 1991).

El presente trabajo pretende aportar información acerca de la biología reproductiva, proporción de sexos, época reproductiva del huésped, fecundidad, así como la relación con el parásito y conocer si éste muestra un efecto negativo tanto en aspectos reproductivos de *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873) como cambios secundarios ocasionados por la infestación y poder así, ampliar el conocimiento acerca de *H. zostericola*, componente dominante de la carcinofauna de la Laguna de Términos, Campeche, México.

## Marco Teórico

### Generalidades de los crustáceos

Los crustáceos se reconocen dentro de los artrópodos por tener un cuerpo con una cabeza conformada por 5 segmentos y un tronco post-cefálico multi-segmentado que puede estar dividido en tórax y abdomen; presentan un caparazón, apéndices multi-articulados birrámeos, glándulas excretoras nefridiales en las antenas y las maxilas, mandíbulas multi-articuladas, respiración branquial e inclusive “pulmonar” como en algunas formas semi-terrestres, sistema digestivo con ciegos gástricos y una glándula digestiva llamada hepatopáncreas y presencia de una larva denominada nauplio, (Brusca *et al.*, 2016). Los crustáceos registrados más antiguos se observan en la fauna de Orsten (Cámbrico–Ordovícico inferior); trabajos recientes muestran que organismos afines a los crustáceos aparecieron durante el Cámbrico inferior (Cheng *et al.*, 2011). Los primeros registros de decápodos se encuentran en el Silúrico y Devónico, con un incremento en su número en el registro fósil que se observa en la transición Pérmico-Triásico (Lange y Schram, 1999). La presencia de un exoesqueleto quitinoso por lo general impregnado con sales calcáreas particularmente en organismos marinos. El exoesqueleto rígido determina el crecimiento discontinuo a través del proceso de ecdisis (Kurata, 1962; Hartnoll, 1985). En cada muda, el exoesqueleto es removido y se produce un periodo de rápido crecimiento tisular hasta que el nuevo exoesqueleto se endurece (Hartnoll, 1982). La muda es un periodo crítico en la vida de los crustáceos, ya que demanda una importante movilización de reservas energéticas además, durante el proceso, quedan vulnerables a depredadores (Devaraj y Natarajan, 2006).

La mayoría de los crustáceos son dioicos, aunque se encuentran especies hermafroditas en varios grupos (isópodos, cirripedios y carideos). Por lo general, el sistema reproductor consiste en gónadas, estructuras pareadas ubicadas dorsalmente en el pereion que pueden eventualmente ocupar el pleon. Los modelos de apareamiento, transferencia espermática, fecundación, incubación y posterior desarrollo son tan variables como lo es la morfología de los crustáceos. En este sentido la característica común asociada al desarrollo es la presencia de la larva nauplio. Este estadio puede ser de vida libre o bien transcurrir dentro del huevo y se caracteriza por presentar un ojo impar y tres pares de apéndices cefálicos natatorios: anténulas, antenas y mandíbulas.

Los estadios que prosiguen a la larva nauplio son muy variables en forma, número, hábitos y duración en los distintos grupos taxonómicos del subphylum. En decápodos, los estadios larvales no son regulares; los peneidos y sergéstidos tienen nauplio, protozoea, zoea (mysis en peneidos) y postlarva. Por su parte, langostas y cangrejos poseen desarrollos abreviados, carecen de nauplio y protozoas libres, y eclosionan directamente como zoea (larva phyllosoma en palinuros y zoeas en braquiuros) (Boschi, 1981).

En el aspecto biológico, los crustáceos juegan un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos; por su abundancia y diversidad dan estructura a las comunidades de macro invertebrados que habitan en éstas; por la posición que ocupan en las cadenas tróficas, como consumidores secundarios quienes se encargan de la transformación de la materia orgánica en energía y proteínas consumibles por los eslabones finales; similar al papel que juega el krill (varias especies del género *Euphausia*), que constituye el alimento de mamíferos marinos, peces y aves, y otros crustáceos que por sus hábitos cavadores, recuperan los nutrientes de capas inferiores del fondo marino y los reciclan hacia la columna del agua (Suárez-Morales y Gasca, 1989; McNeil *et al.*, 1997; McNeil y Prenter 2000; Zaouali *et al.*, 2007).

## **Orden Decapoda**

El orden decapoda se caracteriza por tener el caparazón fusionado con las somitas torácicas, formando un cefalotórax que cubre lateralmente las cámaras branquiales. Los tres primeros pares de apéndices torácicos están modificados como maxilípedos que sirven para manipular el alimento y crear corrientes de agua que bañan las cámaras branquiales y 5 pares de apéndices libres con funciones ambulatorias o de locomoción, de donde se deriva el término “decápodo” (Álvarez *et al.*, 1996a).

Este orden se divide en dos subórdenes: Dendrobranquiata y Pleocyemata: el primero, incluye a los camarones peneidos y sergéstidos, cuyas branquias se componen por un eje a partir del cual se proyectan series de ramas que a su vez se vuelven a dividir, su ciclo de vida inicia con una larva nauplio y las hembras nunca llevan los huevecillos adheridos a los apéndices abdominales; el segundo, ubica a los camarones

estenopódidos y carideos, langostas, acociles, anomuros y cangrejos verdaderos; en este grupo las branquias son tricobranquias o filobranquias y el ciclo de vida se inicia con una larva zoea, las hembras observan cuidados parentales pues siempre llevan los huevecillos adheridos a los apéndices abdominales posterior al desove (Álvarez *et al.*, 1996a).

Son principalmente marinos (89%), pero han invadido los ambientes dulceacuícolas (10%) y terrestre (1%) (Álvarez *et al.*, 1996a) por medio de diversas adaptaciones, por ejemplo, modificaciones al epitelio que recubre la cámara branquial para respirar fuera del agua (Díaz y Rodríguez, 1977), modificaciones en la osmorregulación para controlar las pérdida de iones en el agua dulce (Mantel y Farmer, 1983) o reducción del número de etapas larvarias y presencia de desarrollo directo (Hobbs, 1991), lo que ha permitido su éxito adaptativo; este conjunto de estrategias han hecho de éstos organismos interesantes especialmente con relación a sus aspectos reproductivos (Pinheiro y Fransozo, 1995). Las especies marinas se distribuyen principalmente en las zonas litorales (0-20m) y plataforma continental (20-100 m), pero pueden encontrarse en el talud continental (100-200 m) y en zonas profundas (> 200 m) (Escobar y Soto, 1993). El orden Decapoda, está constituido con el mayor número de especies registradas actualmente en sistemas estuarinos del Golfo de México (Álvarez *et al.*, 1996b; Sánchez *et al.*, 1996).

## **Infraorden Caridea**

Dentro del orden decapoda se encuentra el infraorden Caridea, el cual se caracteriza por presentar la pleura de la segunda somita abdominal sobrepuesta a la primera y a la tercera, así como la presencia de quelas en el primer o segundo par de apéndices del pereión o tórax. Son un grupo muy diverso y comprende aproximadamente 3,438 especies actualmente válidas dentro de 389 géneros (De Grave y Fransen, 2011), se distribuyen a nivel mundial en distintos hábitats tanto dulceacuícolas como marinos (De Grave *et al.*, 2008). Los camarones carideos son en general significativos desde varios puntos de vista; en cuanto a su ecología podemos mencionar que la mayoría de las especies son habitantes bentónicos (Wicksten, 1983), desempeñan papeles sustanciales dentro de las redes tróficas, así como por sus relaciones con otros organismos marinos en asociaciones simbióticas; tal es el caso de los palemónidos, que se asocian con organismos tan primitivos como esponjas, corales blandos y duros, anélidos y equinodermos; en alféidos también son significativas las relaciones simbióticas que se presentan inclusive con otros crustáceos y peces. En cuanto a reproducción un número reducido de especies de camarones carideos son hermafroditas simultáneos (Bauer y Holt, 1998) y otros carideos y pandálidos pueden ser hermafroditas secuenciales básicamente protándricos (Alonso *et al.*, 2010).

Los camarones carideos ocupan una posición clave en los procesos tróficos dentro de los sistemas de pastos marinos ejerciendo una fuerte influencia sobre la estructura y la dinámica de los niveles tróficos inferiores del sistema, así como mediante la transferencia de una parte importante de su productividad relativamente alta a los consumidores más altos (Howard, 1984).

### **Familia: Hippolytidae**

Dentro del infraorden Caridea, se encuentra la familia Hippolytidae cuyos miembros se caracterizan por tener los dos primeros pares de pereiópodos quelados, el primer par no más fuerte que el otro, el carpo del segundo par subdividido, ojos desarrollados y no cubiertos por el caparazón y pedúnculos no alargados (Williams, 1984). Esta familia se distribuye en todo el mundo (Bauer, 2004) y consta de 318 especies agrupadas en 36

géneros (De Grave *et al.*, 2009). El género *Hippolyte* Leach, 1814, comprende 31 especies (De Grave, op. Cit.) que se encuentran en todo el mundo a excepción de aguas extremadamente frías (Udekem d'Acoz, 1996). Los organismos pertenecientes a esta familia son habitantes comunes de algas, pastos marinos, anemonas, huecos, cuevas, sustratos fangosos y otras áreas cercanas a la costa, pero también habitan en las zonas más profundas de la plataforma continental y el talud (Wicksten, 1990; 2005).

La morfología de las larvas han sido abordadas por (Lebour, 1932; Gurney, 1937; Haynes, 1985); de acuerdo con Udekem d'Acoz (2007), este género está representado en América por 8 especies (*H. californiensis* Holmes, 1895; *H. clarki* Chace 1951; *H. coerulescens* (Fabricius 1775); *H. nicholsoni* Chace; 1972, *H. obliquimanus* Dana 1852; *H. pleuracanthus* (Stimpson 1871); *H. williamsi* Schmitt 1924 e *H. zostericola* (Smith 1873), aun cuando se reportan 31 especies en todo el mundo de acuerdo con De Grave y Fransen (2011).

### ***Hippolyte zostericola* (Smith 1873)**

En México, esta especie de carideo se observa en la Laguna de Términos como un organismo dominante entre las 15 especies de carideos de la región centro-norte-noreste de esta laguna (Ledoyer, 1986; Barba, 1995). Su distribución abarca diversos sistemas estuarinos en un rango amplio en el Atlántico Oeste de Massachusetts y Carolina del Norte, USA hasta Yucatán, México y desde Bermudas a Trinidad y Tobago y Curaçao (Chace, 1972), inclusive en costas del pacífico Colombiano (Wicksten, 1989).

En la Laguna de Términos, *H. zostericola* presenta un patrón de distribución amplio ya que es una especie eurihalina capaz de habitar en distintos tipos de vegetación acuática sumergida, como pastos marinos (*Thalassia testudium*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*) y macroalgas (*Gracilaria cylindrica*, *Hypnea cervicornis* y *Dyctota dichotoma*) (Dugan, 1983; Sánchez *et al.*, 1996; Barba, 1999). Se alimenta principalmente por algas filamentosas y diatomeas, aunque puede considerarse que es una especie omnívora ya que incorpora un porcentaje de materia animal a su dieta (Barba *et al.*, 2005). Es libre nadadora de baja actividad, por lo que se puede observar sobre hojas de pastos marinos que utiliza como zona de alimentación y de protección contra predadores (Solis-

Weiss y Carreño, 1986; Barba, 1995) como peces de las especies *Hippocampus erectus*, *Sciaenops ocellatus*, *Lagodon rhomboides* y *Cynoscion nebulosus* (Barba *et al.*, 2000; 2005).

Anteriormente, se ha reportado a *H. zostericola* con una proporción ligeramente mayor de machos que de hembras (1.07:1) (Barba, 1995), y la talla promedio y potencial reproductivo de las hembras ovígeras es de 2.33 mm de largo de cefalotórax, con un promedio de 103 huevos (Negeiros-Franzoso *et al.*, 1996; Romero-Rodríguez y Román-Contreras 2013a). La presencia de hembras ovígeras durante todo el año sugiere una reproducción continua de la población (Romero-Rodríguez y Román-Contreras 2013a).

Los trabajos sobre ecología de fauna bentónica y carcinológica que habita en las paraderas de pastos marinos en la Laguna de Términos han sido realizados por diversos autores como Ledoyer (1986); Solis-Weiss y Carreño (1986); Raz-Gúzman y De la Lanza (1993); Barba (1995); Raz-Guzmán y Sánchez (1996); Sánchez *et al.* (1996); Barba *et al.* (2005). La identidad taxonómica de *H. zostericola* en la Laguna de Términos fue realizada por Negeiros-Franzoso *et al.* (1996), la dieta y tasas de forrajeo por Barba *et al.* (2000), mientras que los niveles de infestación que presenta *H. zostericola* por parasitismo fueron estudiados por Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005), finalmente, la estructura poblacional ha sido reportada por Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013a).

## Orden Isopoda

El orden isópoda es un grupo diverso de crustáceos, con más de 10,300 especies que se encuentran desde océanos más profundos a los hábitats terrestres de montaña; aproximadamente el 9% de estas especies viven en aguas continentales (Brusca y Wilson, 1991; Wilson y Edgecombe, 2003). En cuanto a reproducción, los isópodos, al igual que todos los crustáceos peracáridos, tienen desarrollo directo. Las hembras presentan una bolsa incubadora o marsupio, en el que incuban a los huevos, formado por placas internas que salen de la coxa de los apéndices torácicos y tienen fecundación interna (Wilson, 1991). Cuentan una amplia gama de tipos de alimentación omnivoría en la familia Sphaeromatidae a carnívora en la familia Cirolanidae. Oniscidea y Asellidae son bien conocidos como trituradoras de hojarasca y poseen endosimbiontes bacterianos para ayudar a la digestión (Zimmer, 2002; Zimmer y Bartholme, 2003). En el suborden

Peracarida se encuentran formas predominantemente ectoparasitas que se desarrollan en la cavidad branquial de otras especies de crustáceos, principalmente marinos, alimentándose de su hemolinfa, el macho conserva la forma de isópodo mientras que la hembra presenta distorsiones considerables o reducción a una forma no segmentada (Campos, 2003).

### **Familia Bopyridae**

La familia Bopyridae está compuesta principalmente por isópodos que evolucionaron a la vida parásita, tanto abdominales como branquiales de crustáceos decápodos, con excepción del género *Entrophilus* que es endoparásito de algunas especies del género *Munida* (Markham, 1986, Boyko y Williams, 2011). El ciclo de vida de un bopírido incluye de manera típica, una larva “*epicaridium*” ectoparásita y que se asocia a copépodos calanoideos; dicha larva pasa por dos estadios: “*microniscus*” y “*criptoniscus*”, este último estadio abandona el cuerpo del copépodo y se fija en la cámara branquial del crustáceo decápodo. La primera larva en fijarse a la branquia se desarrollará como hembra y alcanzará una talla muy superior a la del macho quien, además de llegar posteriormente que la hembra, éste permanece adherido a su abdomen en la región ventral. La hembra del parásito succiona la hemolinfa circulante por el filamento branquial al que se halla adherida (Beck, 1980).

### ***Bopyrina abbreviata* Richardson (1904)**

Esta especie fue descrita por Richardson en 1904 ( Figura 4 E-G), su distribución abarca las costas de Florida, USA, infestando a *H. zostericola*, *H. pleuracanthus* y *H. obliquimanus* (Markham, 1985); en el litoral de los estados de Espiritu Santo, Sao Paulo y Santa Catarina en Brasil, se encuentra parasitando a *H. obliquimanus* (Lemos de Castro y Brasil-Lima, 1980); mientras que en las costas mexicanas solo ha sido reportada en la Laguna de Términos, Campeche, infestando a *H. zostericola* (Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005) (Figura 4 D).

En una revisión de *H. obliquimanus* asociados con *B. abbreviata* realizada por Tsukamoto (1981), se sugirió una posible sinonimia con *B. ocellata* la cual se encuentra

distribuida en Europa, ya que morfológicamente es muy similar, posteriormente una revisión más exhaustiva por Markham (1985) reconoció a *B. abbreviata* como único representante en el Atlántico Occidental.

La información que se proporciona de esta especie se encuentra en trabajos realizados por Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005), quienes reportan que la prevalencia promedio de este organismo en la Laguna de Términos es de 4.6%, con variaciones estacionales que van de 0.9% a 6.9%; estos autores mencionan que la mayor incidencia de infestación se presenta en hospederos de tallas entre 1.7 a 2.0 mm de longitud del cefalotórax y preferencialmente en hembras (75.5%) que en machos (17.2%); posteriormente, reportaron una prevalencia de asociación del 0.37% durante un ciclo anual (Romero-Rodríguez y Román-Contreras 2013b).

En cuanto a la estructura poblacional de *B. abbreviata* está dominada por las hembras ovígeras sugiriendo la reproducción continua de la especie (Román-Contreras y Romero-Rodríguez, 2005) mientras que el tamaño de madurez se reportó en 1.64 mm de longitud total (Romero-Rodríguez y Román-Contreras 2013b).

**Phylum:** Arthropoda Brünnich, 1772  
**Subphylum:** Crustacea Brünnich, 1772  
**Clase:** Malacostraca Latreille, 1802  
**Subclase:** Eumalacostraca Grobben, 1892

<b>Orden:</b> Decapoda Latreille, 1802	<b>Superorden:</b> Peracarida Calman, 1904
<b>Suborden:</b> Pleocyemata, Burkenroad, 1963	<b>Orden:</b> Isopoda Latreille, 1817
<b>Infraorden:</b> Caridea, Dana, 1852	<b>Suborden:</b> Epicaridea Latreille, 1831
<b>Superfamilia:</b> Alpheoidea, Rafinesque, 1815	<b>Superfamilia:</b> Bopyroidea Rafinesque, 1815
<b>Familia:</b> Hippolytidae, Dana, 1852	<b>Familia:</b> Bopyridae Rafinesque, 1815
<b>Género:</b> <i>Hippolyte</i> Leach 1814	<b>Género:</b> <i>Bopyrina</i> Kossmann, 1881
<b>Especie:</b> <i>H. zostericola</i> (Smith,1873)	<b>Especie:</b> <i>B. abbreviata</i> Richardson,1904

**Figura 1.-** Descripción taxonómica de *H. Zostericola* (Smith1873) y *B. abbreviata* Richardson, 1904, tomado y modificado de (Ahyong. *et al.*, 2011)

## Fecundidad

En los crustáceos, la fecundidad permite estimar el estado reproductivo en que se encuentra la población (Caddy, 1989); el número de huevos o embriones, tamaño y número de puestas por año son los principales componentes para calcular el esfuerzo reproductivo y la combinación de estos parámetros representa la suma de la energía destinada a la reproducción. Estos parámetros están estrechamente relacionados con otros aspectos de la estrategia reproductiva, como la edad o talla de madurez sexual y la duración del desarrollo embrionario (Ramírez-Llodra 2002). La interrelación de estos rasgos permite optimizar la inversión energética y hacer eficiente la adecuación de la especie a un ambiente en particular (McGinley *et al.*, 1987). La estimación de la fecundidad puede llevarse a cabo a través de conteo directo de los huevos (Negreiros-Franozo *et al.*, 1992), por medios volumétricos (Diaz *et al.*, 1983) o, mediante el uso de contadores electrónicos (Vazzoler, 1981).

En los decápodos, tres categorías de fecundidad pueden ser utilizadas para la evaluación: la fecundidad potencial, definida como el número de oocitos contenidos dentro del ovario; la fecundidad realizada o pleopodal, la cual hace referencia al número de huevos o embriones en estadios tempranos que portan las hembras entre los

pleópodos y la fecundidad real, definida como el número de larvas que eclosionan (Anger y Moreira, 1998). Otro de los aspectos importantes en las poblaciones es la determinación de la talla de primera madurez sexual, ya que con ello se determina la edad óptima para la captura de una especie (Holden y Raitt, 1975), o bien para determinar la talla en la que una población es adulta.

## **Parasitismo**

El parasitismo se considera una de las interacciones ecológicas ampliamente difundidas en el medio natural (Poulin y Morand, 2000), las relaciones que se tienen son muy frecuentes y conspicuas entre los invertebrados acuáticos (Román-Contreras, 1993). En esta interacción, el parásito se beneficia de otro organismo denominado huésped u hospedero, al cual le genera un daño. Es decir, el parásito puede vivir parte de su ciclo de vida dentro del organismo (endoparásito) o sobre el cuerpo (ectoparásito) del hospedero del cual obtiene beneficios, así como recursos necesarios para realizar sus funciones biológicas como el desarrollo y la reproducción (Begon *et al.*, 1986). Actualmente, los estudios de la interacción parásito-hospedero han tomado gran importancia e impulso debido a la variedad y magnitud de los efectos que los parásitos causan sobre los hospederos y su papel como agentes de selección (Sheldon y Verhulst, 1996; Poulin, 1999; Zuk y Stoehr, 2002; Forbes y Robb, 2008). El parasitismo es una estrategia para reducir las variaciones temporales en la disponibilidad del alimento y otras condiciones ambientales (Poulin, 2007). La especialización a la vida parásita puede ser gradual, pero debido a que la selección natural no puede dar forma paulatinamente de otro tipo de alimentación o fijación de ciertos órganos de una generación a otra sin que el parásito obtenga beneficios de su huésped, el aprovechamiento hacia el hospedero debe darse desde un inicio; esto es, que las adecuaciones ganadas por el parásito deben preceder a su especialización, por lo que los organismos que evolucionan a la vida parasitaria son aquellos capaces de permanecer asociado al hospedero por ciertos periodos, durante los cuales pueden alimentarse y lograr una mayor adecuación (Poulin, 2011).

Se pueden distinguir dos tipos de efectos causados por el parasitismo: directos e indirectos; los primeros, hacen referencia a todos aquellos que afectan la adecuación de los hospederos, a través de un efecto negativo en los rasgo de historia de vida entre los que podemos mencionar, la longevidad, crecimiento y la fecundidad (Thomas *et al.*, 2000); los segundos, son aquellos que tienen un alcance ecosistémico, es decir, inducen de forma indirecta cambios en la morfología o conducta de los hospederos, cuya modificación puede diferenciar la disponibilidad de los recursos para otros organismos (Poulin, 1999).

## Justificación

*Hippolyte zostericola* es un componente dominante de la fauna carcinológica de la Laguna de Términos, Campeche, México, razón por la que es necesario ampliar el conocimiento de esta especie, de sus hábitos reproductivos y la relación que guarda con el isópodo parásito *B. abbreviata*. Para el desarrollo del presente estudio se establecen las siguientes hipótesis:

- Existe una relación positiva entre la talla de la hembra y el número de huevos de *H. zostericola* sin existir diferencias estacionales en la inversión reproductiva.
- La presencia de *B. abbreviata*, no determina caracteres morfológicos hacia una feminización en los machos, ni afecta significativamente el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.
- La prevalencia del parásito en *H. zostericola* es mayor en estadios juveniles.
- El parasito se encuentra infestando a su hospedero durante todo el ciclo anual.
- El efecto del parasitismo sobre la reproducción de *H. zostericola* será reflejado de manera negativa en sus valores de reproducción.

## Objetivos

### General

Evaluar la estructura poblacional de *Hippolyte zostericola* y la relación que guarda con *Bopyrina abbreviata* dado su efecto en la Laguna de Términos, en el estado de Campeche, México en el periodo 2012-2013.

### Particulares

- Evaluar la fecundidad de *H. zostericola*.
- Determinar la talla media de madurez sexual en las hembras ovígeras de *H. zostericola*.
- Obtener los valores de prevalencia del parasitismo de *H. zostericola* por *B. abbreviata*.
- Analizar el efecto del parasitismo sobre la función reproductiva de *H. zostericola*.
- Determinar el intervalo de tallas en el que se presenta la infestación del parásito sobre su hospedador.
- Analizar la prevalencia de *B. abbreviata* con el sexo de *H. zostericola*.
- Evaluar el efecto del parásito sobre los machos y hembras de *H. zostericola*.

## Área de estudio

La Laguna de Términos, se encuentra ubicada en el litoral sur del golfo de México, en el Estado de Campeche entre los 91° 51' y 92° 00' W y los 18° 25' y 19° 00' N. Es una laguna marginal separada del mar abierto por una barra de arena que constituye la Isla del Carmen, que a su vez está separada del continente por dos entradas: la Boca del Carmen, en el extremo occidental y la Boca de Puerto Real, en el extremo oriental de la isla (Yáñez, 1963) (Figura 2). En cuanto a la batimetría, este cuerpo de agua es somero con una profundidad media de 3.5 m (Lou, 1979; Amezcua-Linares y Yáñez-Arancibia, 1980), recibe descargas de agua dulce principalmente de cuatro ríos: el Palizada, con una descarga media de  $9.08 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ ; Chumpan, con una descarga media de  $0.57 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$ ; Candelaria, con una descarga media de  $2.11 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  y finalmente el río Mamantel, con una descarga media de  $0.16 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{año}^{-1}$  (David, 1999); constituye un sistema lagunar que comprende aproximadamente 14 lagunas costeras menores y está incluida en la provincia fisiográfica de la "Llanura costera del golfo de México" y la "península de Yucatán" (Gutiérrez- Estrada y Castro del Río, 1988), en la región Sur-suroeste (Felder *et al.*, 2009).

Los sedimentos son de origen biogénico y terrígeno, presentando variaciones espacio-temporales asociados al patrón de circulación presente en el sistema, eventos meteorológicos, descargas fluviales y a la actividad antropogénica de la región. Las fuentes principales de sedimentos terrígenos son las cuencas de los ríos Chumpan y Palizada (a través del río Usumacinta vertiente del golfo de México); las fuentes de aporte de sedimentos carbonatados son el golfo de México a través de la Boca de Puerto Real, los cuales son transportados por las corrientes de marea. La Laguna de Términos presenta cinco tipos de sedimentos distribuidos de la siguiente manera (Borges-Souza, 2004):

- ✓ Arenas, distribuidas en el litoral interno de Isla del Carmen y en la zona centro sur-oriental.
- ✓ Limo-arcilla, distribuido en la porción occidental, sur-occidental, y al noreste de Laguna de Términos.

- ✓ Lodo fino distribuido en forma de parches en la porción oriental, sur-oriental frente a la desembocadura del sistema Candelaria-Panlau.
- ✓ Arena de playa al sur, distribuida en todo el litoral de la Isla del Carmen y litoral continental.
- ✓ Arcillas-limosas aportadas por vía fluvial hacia la laguna interior.

Existen dos sistemas de vientos dominantes: noroeste (octubre-marzo), con velocidades promedio mayores de 8 m/s (15.55 nudos) y norte noreste y este-sureste (marzo-septiembre), con una velocidad media que varía de 4-6 m/s (7.77-11.66 nudos) (Yáñez-Arancibia y Day, 1982). Las mareas son de tipo mixto (diurnas y semidiurnas) siendo las componentes diurnas las dominantes; el rango entre pleamar media y bajamar media en la Isla del Carmen es de 0.43 m y el promedio de la pleamar máxima es de 0.40 m y -0.70 m. La marea viva y la marea muerta tienen un período aproximado de 14 días (SEMARNAP, 1997).

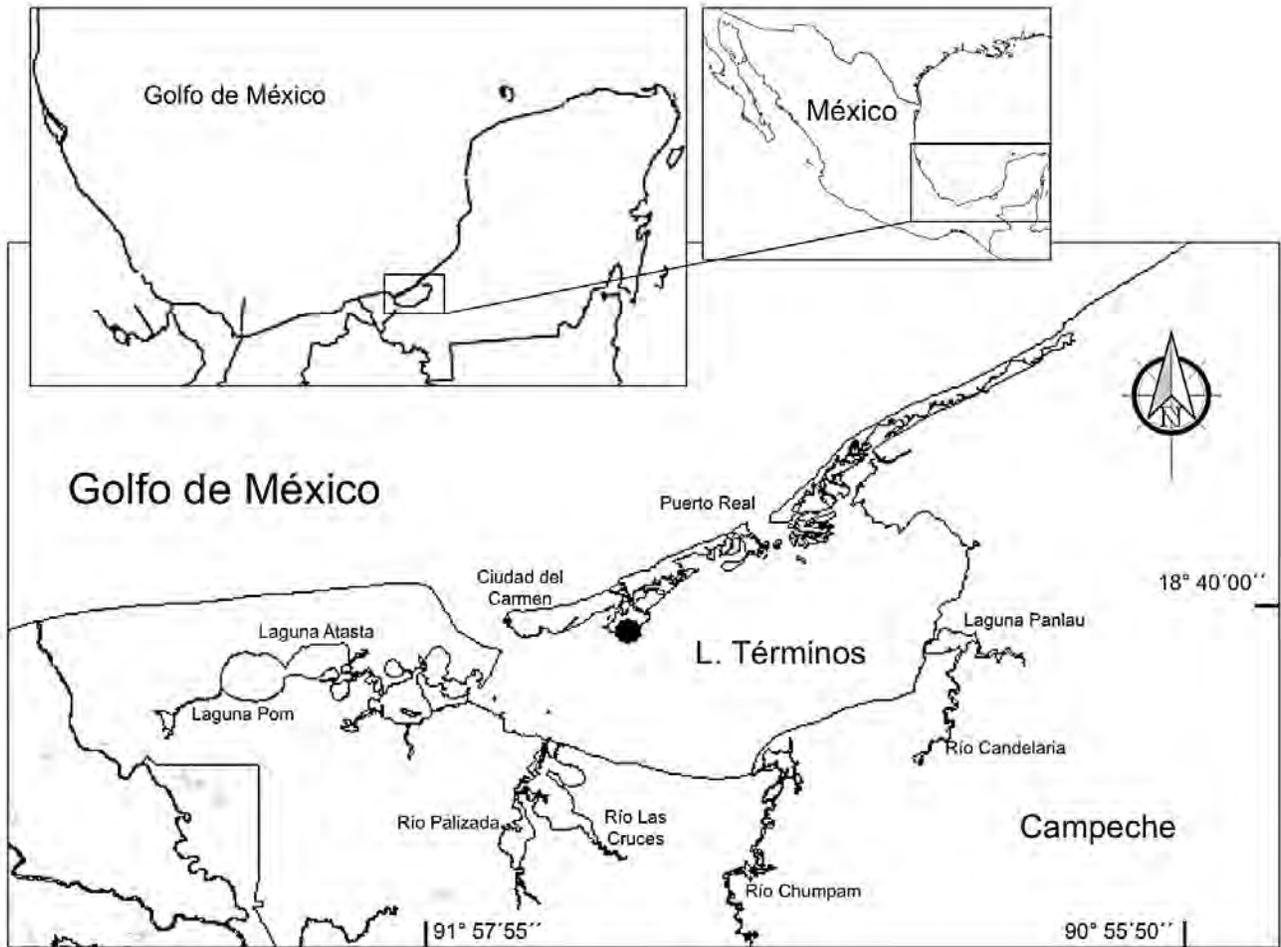
Yáñez-Arancibia *et al.* (1988), han reportado tres temporadas climáticas: temporada de lluvias (junio-octubre); temporada de nortes (octubre-febrero), caracterizada por vientos del norte acompañados con lluvias ocasionales y temporada de secas (marzo-mayo). La temporada climática de nortes, se genera por la acción de los vientos provenientes del norte que llegan a la costa de Campeche después de recorrer el golfo de México (Grivel-Piña, 1979). Durante la época de lluvias y la de nortes se aporta el mayor volumen de materia orgánica a manera de hojarasca a la laguna, lo cual favorece a las aguas aumentando la biomasa de los consumidores (Barreiro-Güemes, 1999; Agraz-Hernández *et al.*, 2012). La temperatura es influenciada por los aportes de agua marina (cálidas), aguas continentales (frías) La variación temporal del promedio mensual presenta un máximo en junio de 32.6 °C y un mínimo en abril 29 °C (De la Lanza y Lozano, 1999).

La salinidad promedio anual y la transparencia muestran gradientes que se orienta de NE-SO. Las mayores salinidades y transparencias están asociadas a los hábitats de gran influencia marina, como la Boca de Puerto Real; las áreas de menor salinidad y transparencia se localizan en los sistemas fluvio-lagunares pues se estima que existe una descarga de agua dulce en  $6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/anuales, de la cual más del 50% ingresa por la

parte sureste de esta laguna (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988). La salinidad está estrechamente relacionada con la heterogeneidad ambiental en las lagunas costeras y, junto con otros factores como profundidad, composición y textura del sedimento, controla la diversidad, distribución y abundancia de diferentes grupos bióticos (Barba *et al.*, 2005; Raz-Guzmán, 2010).

En la laguna se encuentran las cuatro especies de mangle reportadas para México; *Rizophora mangle* o mangle rojo en los márgenes de los ríos, lagunas y costas, por lo general los suelos inundados; *Laguncularia racemosa* o mangle blanco encontrado en suelos inundados con altos niveles de salinidad; *Avicennia germinans* o mangle negro sobre suelos arenosos que se inundan sólo durante una parte del año o en años de precipitación máxima y *Conocarpus erectus* o botoncillo, en su mayoría sobre suelos arenosos y arcillosos con baja salinidad que ocasionalmente son inundados durante la estación lluviosa (Agraz-Hernández *et al.*, 2012). La distribución de los pastos marinos y las macroalgas está regulada por condiciones ambientales y afinidad a grupos texturales de sedimento. Los pastos marinos se distribuyen en sedimentos arenosos y lodosos principalmente en la costa sur de la Isla del Carmen, en la entrada de la Boca de Puerto Real mientras que las macro algas se localizan en sitios con sedimento arenoso como la parte central de Laguna de Términos. Los pastos marinos se distribuyen principalmente en el borde de la Isla del Carmen, cerca de la costa y no se encuentran en el sureste de la laguna (Raz-Guzmán y Barba, 2000).

En la laguna de Términos existen 69 especies de crustáceos los cuales residen en una amplia variedad de hábitats, desde sustratos sin vegetación hasta praderas de pastos marinos, macroalgas, bancos de ostión y la franja intermareal, así como en las raíces adventicias de *Rizophora mangle* (Raz-Guzmán, 2010). Los camarones carideos, cangrejos anomuros, majidos y xantidos se encuentran en aguas polihalinas (20-35 UPS), asociados a pastos marinos, por lo que se ha establecido que los patrones de distribución están definidos por la salinidad y el tipo de hábitat (Barba *et al.*, 2005; Raz-Guzmán, 2010).



**Figura 2.-** Ubicación de la Laguna de Términos, Campeche, México, en donde se muestra el punto de recolecta (\*) denominado El Cayo durante el periodo octubre de 2012 a noviembre de 2013.

## **Material y Método**

### **Trabajo de campo**

Se llevaron a cabo 12 recolectas, con una periodicidad mensual durante el ciclo anual octubre/2012-noviembre/2013, los muestreos fueron realizados en un mismo punto geográfico denominado “El Cayo” (18° 38`13``N; 91°41`18``W) (Figura 2), con ayuda de una embarcación de 7 m de eslora y una red de patín tipo Colman-Seagrove con una boca de 80 cm de ancho, 40 cm de alto y 125 cm de largo; es un sistema que consta de dos redes, una red interna con apertura de malla de 1 cm y un sobrecopo o red externa de 500  $\mu$ m de apertura de malla (Figura 3A-B); el tiempo de arrastre en todos los casos fue de 5 min en línea recta a una velocidad de 0.5 nudos (0.926 Km/h) en el punto de recolecta (Figura 3C), finalmente después del arrastre se registraron los valores de los parámetros físicos y químicos: salinidad (UPS) y temperatura ( $^{\circ}$ C) mediante un equipo multiparametros marca hach HQ40D Multi/2 Channels.

Una vez obtenidas, las muestras fueron fijadas con formaldehído al 10% (Figura 3D-E) y contenidas en frascos de tereftalato de polietileno (PET) de boca ancha con capacidad de 1 L y etiquetadas con los datos de geoposición, temperatura, salinidad, fecha de recolecta y recolectores (Figura 3F), finalmente fueron transportadas al Taller de Biología de Animales III de la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



**Figura 3-** Método de recolecta en campo con una red de patín. A-B, Dimensiones de la estructura rígida con las mallas colocadas en la red; C, arrastre de la red de patín; D, recuperación del copo con la muestra biológica; E, muestra obtenida y colocada en recipientes plásticos para su transporte hasta el laboratorio; F, Muestras fijadas en formalina y etiquetadas para su posterior procesamiento.

## Trabajo en laboratorio

Una vez en el Taller de Biología de Animales III, las muestras biológicas obtenidas a partir del arrastre fueron lavadas con agua corriente durante 20 minutos y conservadas en alcohol etílico (EtOH) 70% hasta el momento de su procesamiento.

Con ayuda de un estereoscopio (Olympus SZ51), se separó la totalidad de la carcinofauna del resto de los organismos animales y vegetación acuática, posteriormente se separó y determinó a *Hippolyte zostericola* (Figura 4A-B, D, H), con base en las características taxonómicas que mencionan Chace (1972), Ledoyer (1986), Holthuis (1993) y Negreiros-Fransozo *et al.*, (1996). La población total de *H. zostericola* se separó en dos grupos: machos (♂) y hembras (♀); estas últimas se subdividieron en hembras no ovígeras, es decir que no portaban masa de huevos entre los pleópodos (♀NOv) y hembras ovígeras (♀Ov); para ambos sexos se separó a aquellos individuos que se encontraban parasitados por isópodos en la cámara branquial.

Se realizaron gráficas de barras con base en el número de individuos de *H. zostericola* presentes por fecha de recolecta y para cada uno de los subgrupos formados para observar el comportamiento de la abundancia en la estructura de la población a través del ciclo anual.

La proporción sexual por mes se determinó contabilizando los organismos recolectados para cada una de las fechas, finalmente se calculó la proporción sexual anual, para ello se determinaron las diferencias entre la proporción observada de la proporción teórica esperada (1:1) a través de una prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ).

Para los organismos que presentaron infestación del parasito en la cámara branquial (Figura 4D), se determinó la prevalencia de manera mensual y total así como por sexos (♂ y ♀) (Figura 4 D).

La prevalencia del parasito (P) se determinó mediante la siguiente relación:

$$P = (N_i/N_t) \cdot 100$$

Dónde:  $N_i$  es el número de organismos parasitados de la muestra y  $N_t$  es el número total de ejemplares de la muestra (Bush *et al.*, 1997).

Para realizar los gráficos, se establecieron intervalos de clases, por lo que se tomaron 60 organismos por fecha de recolecta es decir 30 machos sanos ( $\sigma^7$ S), 30 hembras sanas no ovígeras ( $\text{f}^7$ SNOv), en el caso de los organismos parasitados tanto machos como hembras, se consideraron el total de los mismos, para las hembras ovígeras ( $\text{f}^7$ Ov), se consideraron aquellas que portaban huevos en estadio de desarrollo I de acuerdo con Anger y Moreira (1998), para ello se consideró también un número de 30 organismos, teniendo un total de 2,952 organismos de *H. zostericola* en las 12 fechas de los cuales 2,415 corresponden a ( $\text{f}^7$ S) y 537 corresponden a machos.

Con la ayuda del microscopio estereoscópico y una reglilla de 1 mm marca Olympus SZ51; se registró la longitud del cefalotórax (LC) para cada uno de los organismos analizados (Coreid y Reid, 1991) (Figura 4C); esta información se registró en una hoja de cálculo (Microsoft Excel) estableciéndose 13 intervalos de clases de acuerdo con la regla de Sturges mediante la siguiente fórmula  $1+3.33*(\log(n))$ , con una longitud para cada intervalo de 0,19mm de (LC) y se obtuvieron tablas de frecuencia así como histogramas de frecuencia relativa para cada uno de los subgrupos y se determinaron los valores de las medidas de tendencia central.

Para realizar el análisis de fecundidad se tomaron 30 de las hembras ovígeras mencionadas anteriormente ( $\text{f}^7$ Ov) (Figura 4H) de cada una de las fechas de recolecta, teniendo un total de 360. Los huevos adheridos a los pleópodos de cada hembra fueron separados con la ayuda de pinzas de disección y colocados en un vidrio de reloj con agua destilada, contando con ayuda de un contador manual. La relación entre la fecundidad y la LC, fue establecido mediante una regresión lineal con los datos transformados a logaritmos (Bauer, 1991).

El periodo de actividad reproductiva fue establecido mediante el análisis de la variación mensual de las frecuencias relativas de hembras ovígeras, determinándose el periodo reproductivo anual a través del Índice de Actividad Reproductiva (IAR) reportado mensualmente, el cual se establece a partir de la del número de hembras con presencia de huevos entre los pleópodos contra el total de hembras presente en cada muestra por medio de la relación:

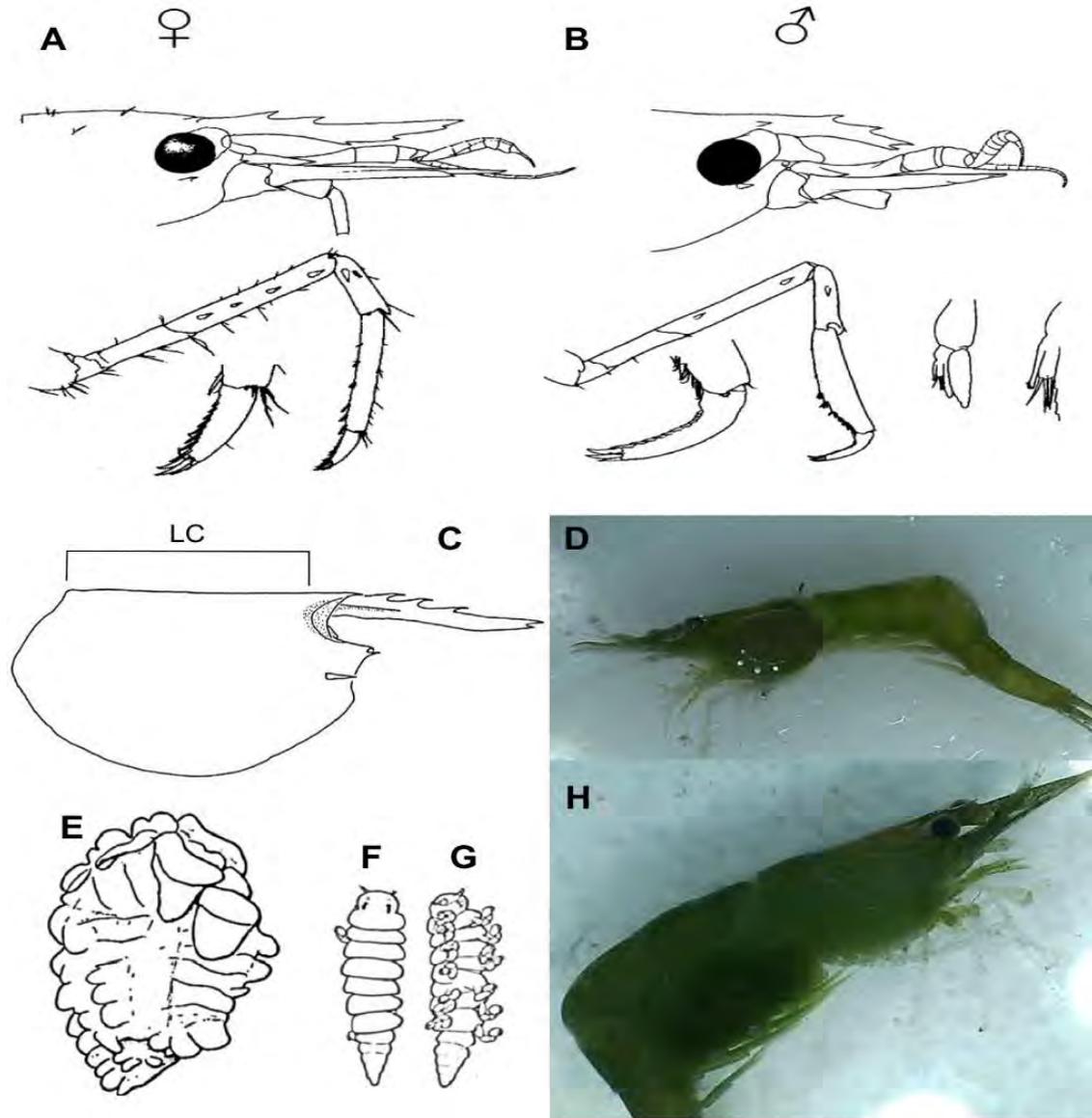
$$\text{IAR} = (\text{Hembras ovígeras} / \text{Hembras totales}) * 100$$

La talla media de madurez sexual se estimó mediante la curva logística para ajustar la proporción (P) de hembras sexualmente maduras (Ovígeras) en relación a la longitud del cefalotórax mediante la siguiente ecuación:

$$P = 1 / (1 + \exp[-r(L - L_m)])$$

Donde  $r$  es la pendiente de la curva, y  $L_m$  es la longitud media de la madurez sexual, o la longitud a la que corresponde a una proporción de 0,5 (o 50%) en estado reproductivo (King, 2007).

En cuanto al análisis de los parámetros físicos y químicos: salinidad (UPS) y temperatura (°C), se graficaron para observar el comportamiento durante el ciclo anual así como el comportamiento con respecto a la presencia de hembras ovígeras.



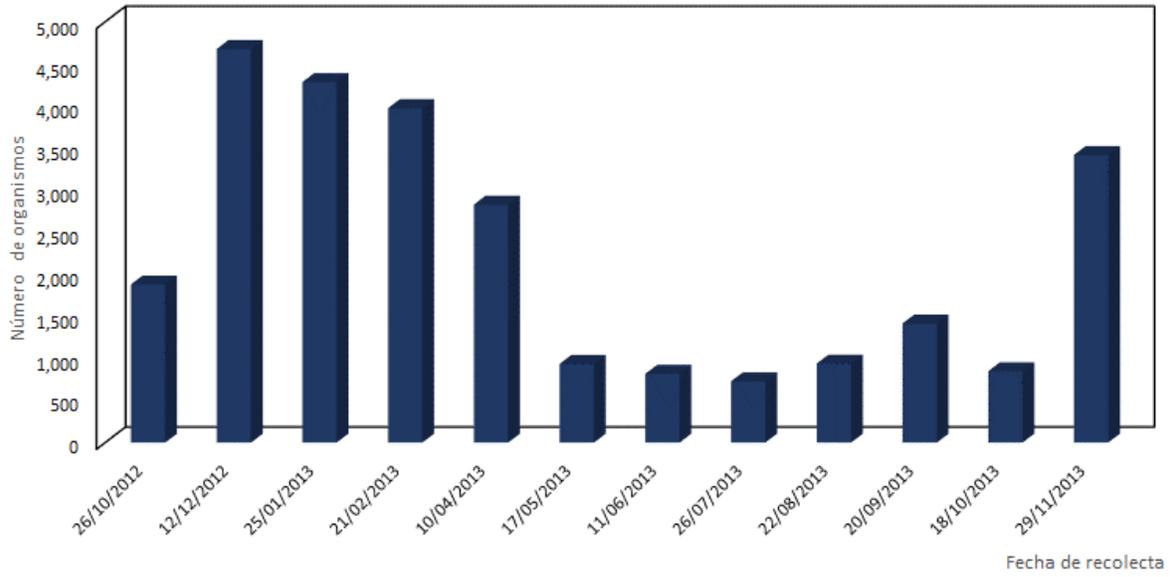
**Figura 4.-** A y B, Criterios utilizados para la identificación de *H. zostericola*, (Tomado y modificado de Chace, 1972; Ledoyer, 1986; Romero-Rodríguez, 2014); C, Largo del cefalotórax, medida utilizada para realizar los análisis estadísticos de la población; D, *H. zostericola* parasitado en la cámara branquial por *B. abbreviata*; E, Vista dorsal de hembra de *B. abbreviata*; F y G, Vista dorsal y ventral, respectivamente de macho de *B. abbreviata*; H, hembra ovígera de *H. zostericola*.

## Resultados

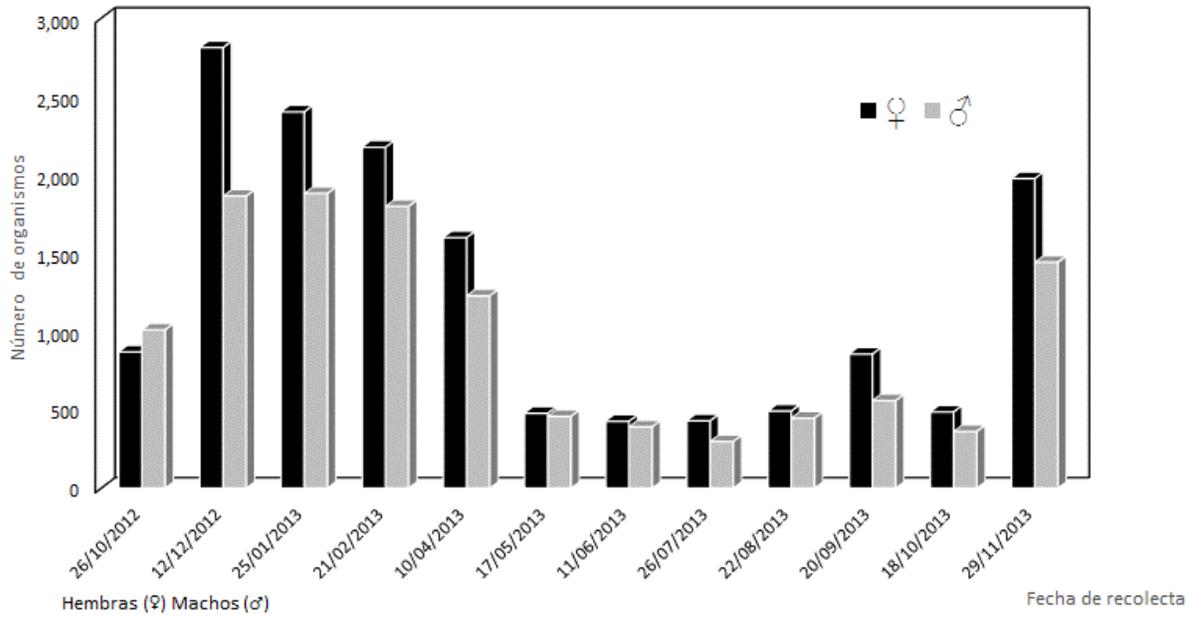
En este trabajo se obtuvieron un total de 26,743 organismos identificados como *H. zostericola*; los muestreos se realizaron abarcando un ciclo anual de octubre de 2012 a noviembre de 2013; de éstos organismos 11,740 corresponden a ♂'s y 15,003 a ♀'s (Tabla 1).

No obstante que *H. zostericola* estuvo presente durante todo el ciclo de recolecta, por fecha se puede observar que la frecuencia de los individuos es mayor durante el periodo comprendido entre diciembre de 2012 y abril de 2013 así como noviembre del 2013 (Tabla 1; Figura 5). En este estudio el 43.90% de la población correspondió a ♂'s mientras que para las ♀'s se obtuvo un 56.10%, lo que representa una proporción sexual total de 1:1.2 (♂:♀), mientras que en el mes de octubre de 2012 se observó un mayor número de ♂'s que de ♀'s, en el resto de las fechas la proporción de hembras fue mayor a la de los machos (Figura 6).

Como se mencionó anteriormente, las hembras se subdividieron en dos subconjuntos: hembras no ovígeras (♀NOv) y hembras ovígeras (♀Ov), presentándose por fecha de recolecta en mayor proporción las primeras en el periodo de octubre de 2012 a febrero del 2013 y noviembre del 2013. Mientras que las segundas estuvieron presentes en mayor proporción en el periodo abril-octubre del 2013 (Figura 7).



**Figura 5.-** Número total de individuos recolectados de *H. zostericola* por fecha en el periodo octubre/2012 - noviembre/2013.

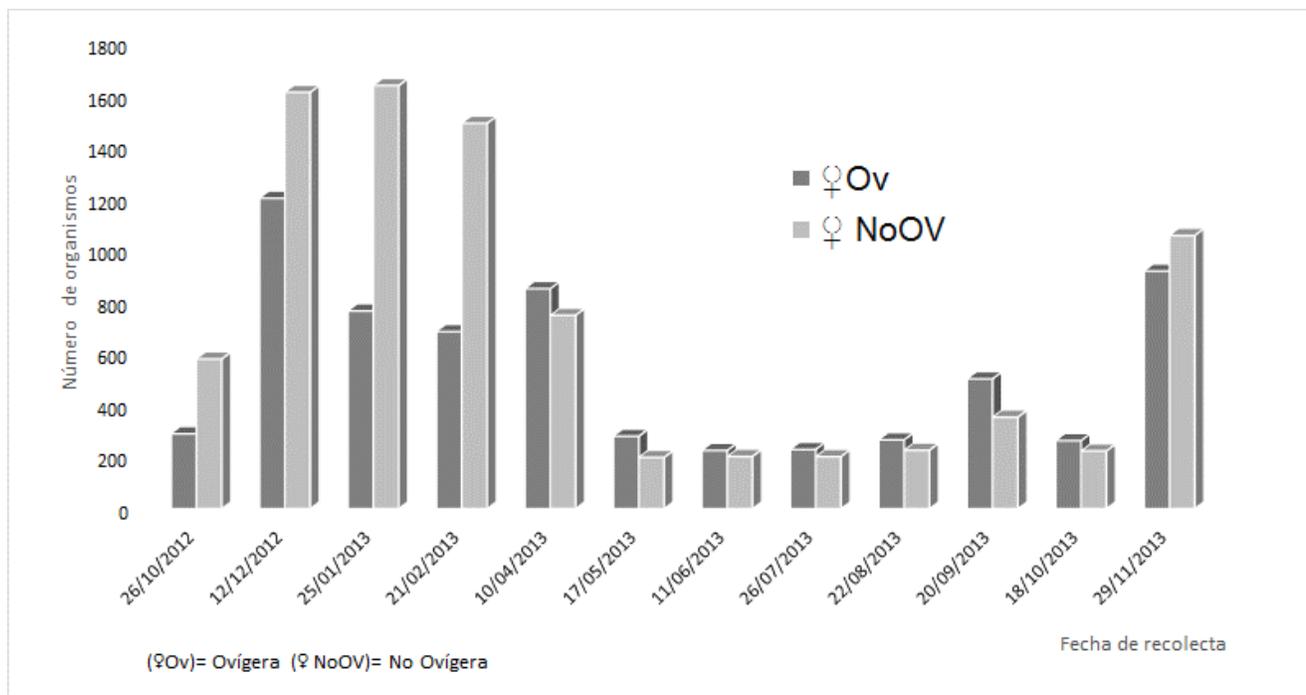


**Figura 6.-** Frecuencia de *H. zostericola* por sexo y fecha de recolecta.

Tabla 1.- Organismos por fecha de recolecta durante el periodo Octubre/2012 – Noviembre/2013.

<b><i>Hippolyte zostericola</i> (Smith, 1873)</b>												
Fecha de recolecta	Total	Hembras ♀						Machos ♂		Sanos (Totales)	Parasitados (Totales)	
		♂ (%)	♀ (%)	NOv (%)	Ov (%)	S (%)	Paras. (%)	S (%)	Paras. (%)	♂ + ♀ (%)	♂ + ♀ %	
2012	Oct-26	1,879	<b>1,010</b> (3.78)	<b>869</b> (3.25)	<b>579</b> (66.63)	<b>290</b> (66.63)	<b>792</b> (91.14)	<b>77</b> (8.86)	<b>1009</b> (99.90)	<b>1</b> (0.10)	<b>1,801</b> (97.45)	<b>78</b> (4.15)
	Dic-12	4,677	<b>1,865</b> (6.97)	<b>2,812</b> (10.51)	<b>1,611</b> (57.29)	<b>1,201</b> (57.29)	<b>2,406</b> (85.56)	<b>406</b> (14.44)	<b>1,836</b> (98.45)	<b>29</b> (1.55)	<b>4,242</b> (90.69)	<b>435</b> (9.30)
2013	Ene-25	4,283	<b>1,881</b> (7.03)	<b>2,402</b> (8.98)	<b>1,637</b> (68.15)	<b>765</b> (68.15)	<b>2,071</b> (86.22)	<b>331</b> (13.78)	<b>1,865</b> (99.15)	<b>16</b> (0.85)	<b>3,936</b> (91.22)	<b>347</b> (8.10)
	Feb-21	3,975	<b>1,799</b> (6.73)	<b>2,176</b> (8.14)	<b>1,491</b> (68.52)	<b>685</b> (68.52)	<b>1,934</b> (88.88)	<b>242</b> (11.12)	<b>1779</b> (98.89)	<b>20</b> (1.11)	<b>3,713</b> (94.12)	<b>262</b> (6.59)
	Abr-10	2,827	<b>1,228</b> (4.59)	<b>1,599</b> (5.98)	<b>748</b> (46.78)	<b>851</b> (46.78)	<b>1,487</b> (93.00)	<b>112</b> (7.00)	<b>1,165</b> (94.87)	<b>63</b> (5.13)	<b>2,652</b> (93.94)	<b>175</b> (6.19)
	May-17	936	<b>458</b> (1.71)	<b>478</b> (1.79)	<b>198</b> (41.42)	<b>280</b> (41.42)	<b>442</b> (92.47)	<b>36</b> (7.53)	<b>455</b> (99.34)	<b>3</b> (0.66)	<b>897</b> (95.65)	<b>39</b> (4.17)
	Jun-11	818	<b>391</b> (1.46)	<b>427</b> (1.60)	<b>202</b> (47.31)	<b>225</b> (47.31)	<b>393</b> (92.04)	<b>34</b> (7.96)	<b>388</b> (99.23)	<b>3</b> (0.77)	<b>781</b> (97.02)	<b>37</b> (4.52)
	Jul-26	728	<b>298</b> (1.11)	<b>430</b> (1.61)	<b>201</b> (46.74)	<b>229</b> (46.74)	<b>395</b> (91.86)	<b>35</b> (8.14)	<b>295</b> (98.99)	<b>3</b> (1.01)	<b>690</b> (95.19)	<b>38</b> (5.22)
	Ago-22	939	<b>447</b> (1.67)	<b>492</b> (1.84)	<b>226</b> (45.93)	<b>266</b> (45.93)	<b>456</b> (92.68)	<b>36</b> (7.32)	<b>446</b> (99.78)	<b>1</b> (0.22)	<b>902</b> (96.55)	<b>37</b> (3.94)
	Sep-20	1,415	<b>559</b> (2.09)	<b>856</b> (3.20)	<b>354</b> (41.36)	<b>502</b> (41.36)	<b>827</b> (96.61)	<b>29</b> (3.39)	<b>556</b> (99.46)	<b>3</b> (0.54)	<b>1,383</b> (97.57)	<b>32</b> (2.26)
	Oct-18	848	<b>362</b> (1.35)	<b>486</b> (1.82)	<b>223</b> (45.88)	<b>263</b> (45.88)	<b>440</b> (90.53)	<b>46</b> (9.47)	<b>359</b> (99.17)	<b>3</b> (0.83)	<b>799</b> (94.78)	<b>49</b> (5.78)
Nov-29	3,418	<b>1,442</b> (5.39)	<b>1,976</b> (7.39)	<b>1,057</b> (53.49)	<b>919</b> (53.49)	<b>1,665</b> (84.26)	<b>311</b> (15.74)	<b>1,410</b> (97.78)	<b>32</b> (2.22)	<b>3,075</b> (89.74)	<b>343</b> (10.04)	
<b>Total</b>	<b>26,743</b>	<b>11,740</b> (43.90)	<b>15,003</b> (56.10)	<b>8,527</b> (56.84)	<b>6,476</b> (56.84)	<b>13,308</b> (88.70)	<b>1,695</b> (11.30)	<b>11,613</b> (98.92)	<b>177</b> (1.51)	<b>24,921</b> (93.14)	<b>1,872</b> (7.00)	

Simbología: ♀ hembras; ♂ machos; NOv= No ovígeras; Ov=ovígeras; S= sanos (a); Paras. = parasitados (as)



**Figura 7.-** Frecuencia de hembras ovígeras (♀Ov) y hembras no ovígeras (♀No OV) de *H. zostericola* por fecha de recolecta.

Los organismos de la población de *H. zostericola*, no asociados con *B. abbreviata*, fueron siempre más abundantes en todas las fechas de recolecta (Figura 8). Del total de individuos de *H. zostericola* recolectados, 1,872 estuvieron parasitados: 1,695 hembras y 177 machos, que representa una proporción del 1:0.1 (♀:♂). A excepción de las fechas de recolecta realizadas en octubre del 2012 y mayo del 2013, en el resto, las hembras no asociadas a *B. abbreviata* fueron más frecuentes que los machos, aun cuando esta diferencia no es significativa (Figura 9).

Con respecto a los individuos de *H. zostericola* asociados con *B. abbreviata*, podemos observar que las hembras en todas las fechas de recolecta fueron más abundantes, las proporciones entre ♂'s y ♀'s parasitadas se mantienen constantes, no así para el periodo de octubre del 2012 a abril del 2013 y noviembre del 2013 en donde se observa de manera importante un incremento en la prevalencia de hembras parasitadas comparado con el grupo de los machos (Figura 10).

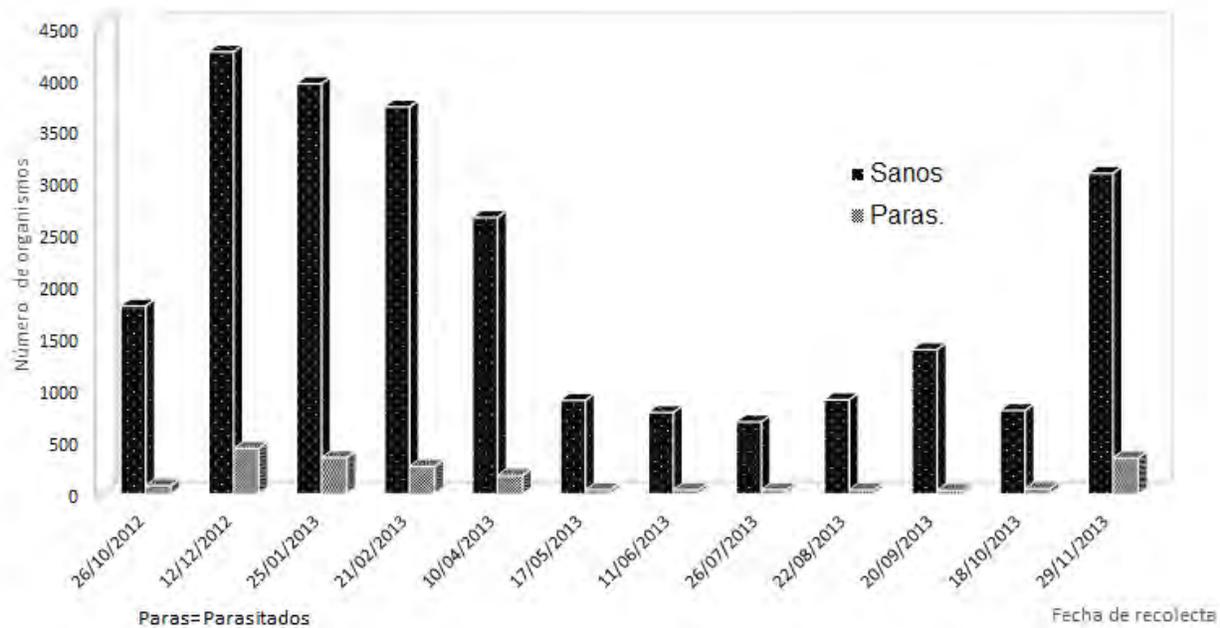


Figura 8.- Frecuencia de *H. zostericola* parasitados y no con *B. abbreviata* por fecha de recolecta.

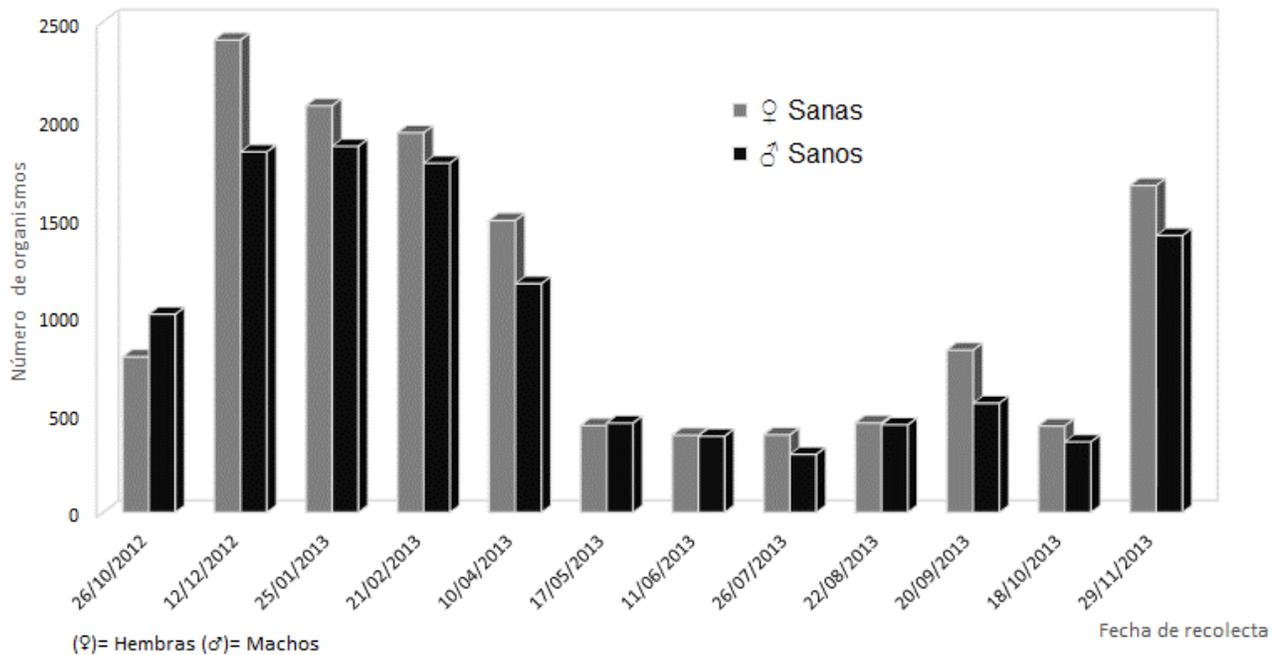
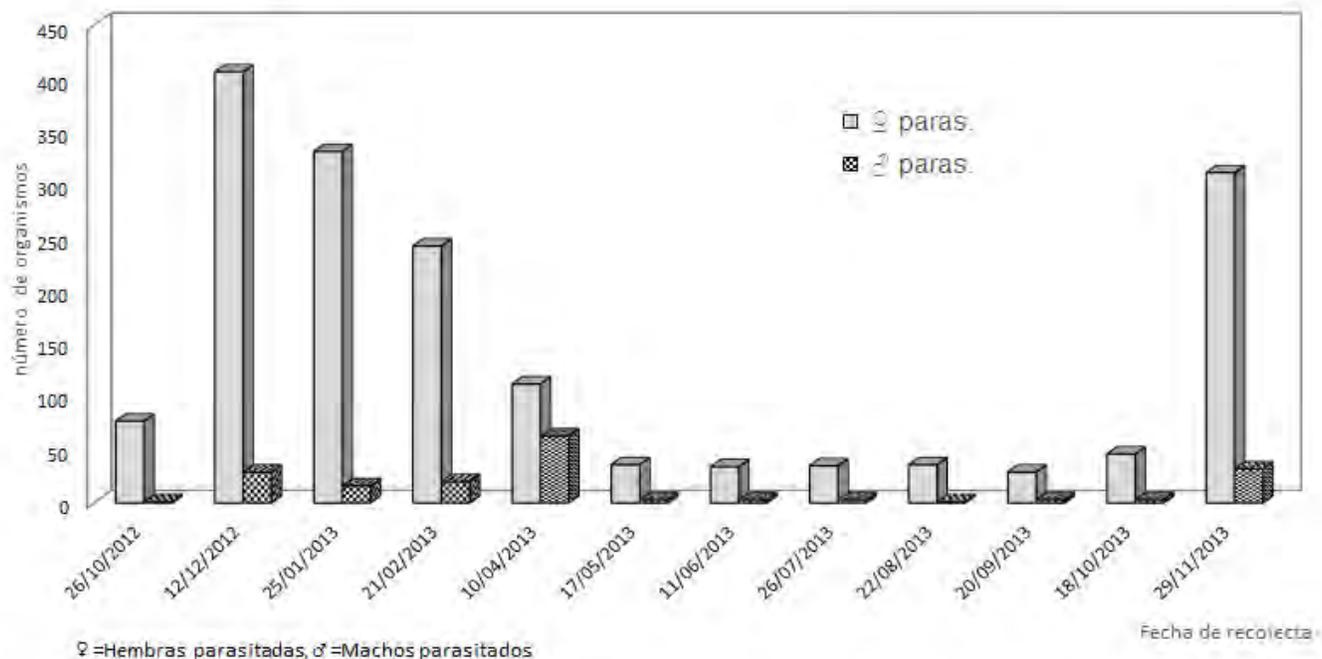


Figura 9.- Frecuencia de individuos sanos *H. zostericola* por sexo y fecha de recolecta.



**Figura 10.-** Frecuencia de individuos parasitados de *H. zostericola* por sexo y fecha de recolecta.

Como se observa en la figura 11, las hembras siguen siendo el grupo de la población más afectada por *B. abbreviata*. En la Tabla 2, se muestra la prevalencia de los organismos de ambos sexos parasitados por fecha de recolecta observando un 7% de prevalencia en la población total, registrándose un mayor porcentaje en los meses de diciembre de 2012 con 9.3%, enero de 2013 con 8.10% y noviembre 2013 con 10.04% mientras que la menor prevalencia se presentó en septiembre de 2013 con tan solo 2.26%. En la Tabla 3, se advierte la prevalencia de la asociación con *B. abbreviata* por sexo del huésped, presentando una tendencia notable de esta asociación hacia las hembras con un total de 11.3%, mientras que en los machos fue de tan solo el 1.51%.

**Tabla 2.-** Prevalencia de *B. abbreviata* en la población total de *H. zostericola* por fecha de colecta.

Fecha de recolecta		Org. Parasitados.	Org. Totales	Prevalencia %
<b>2012</b>	Oct-26	78	1,879	4.15
	Dic-12	435	4,677	9.30
<b>2013</b>	Ene-25	347	4,283	8.10
	Feb-21	262	3,975	6.59
	Abr-10	175	2,827	6.19
	May-17	39	936	4.17
	Jun-11	37	818	4.52
	Jul-26	38	728	5.22
	Ago-22	37	939	3.94
	Sep-20	32	1,415	2.26
	Oct-18	49	848	5.78
	Nov-29	343	3,418	10.04
	<b>Total</b>		<b>1,872</b>	<b>26,743</b>

**Tabla 3.-** Prevalencia del parásito por sexos y fecha de recolecta.

Fecha de recolecta	<i>H. zostericola</i>		♂		♀		
	♂	♀	Parasitados	Prev. %	Parasitados	Prev. %	
<b>2012</b>	Oct-26	1,010	869	1	0.10	77	8.86
	Dic-12	1,865	2,812	29	1.55	406	14.44
<b>2013</b>	Ene-25	1,881	2,402	16	0.85	331	13.78
	Feb-21	1,799	2,176	20	1.11	242	11.12
	Abr-10	1,228	1,599	63	5.13	112	7.00
	May-17	458	478	3	0.66	36	7.53
	Jun-11	391	427	3	0.77	34	7.96
	Jul-26	298	430	3	1.01	35	8.14
	Ago-22	447	492	1	0.22	36	7.32
	Sep-20	559	856	3	0.54	29	3.39
	Oct-18	362	486	3	0.83	46	9.47
	Nov-29	1,442	1,976	32	2.22	311	15.74
<b>Total</b>	<b>11,740</b>	<b>15,003</b>	<b>177</b>	<b>1.51</b>	<b>1,695</b>	<b>11.30</b>	

Prev= Prevalencia

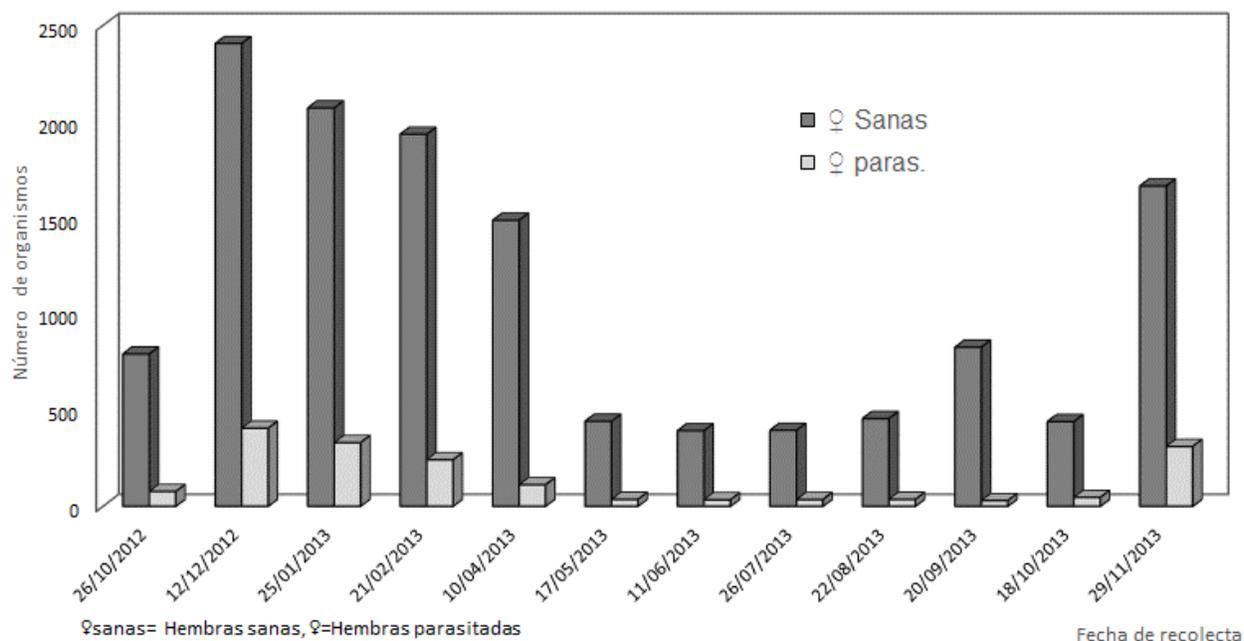


Figura 11.- Frecuencia de hembras de *H. zostericola* sanas y parasitadas por fecha de recolecta.

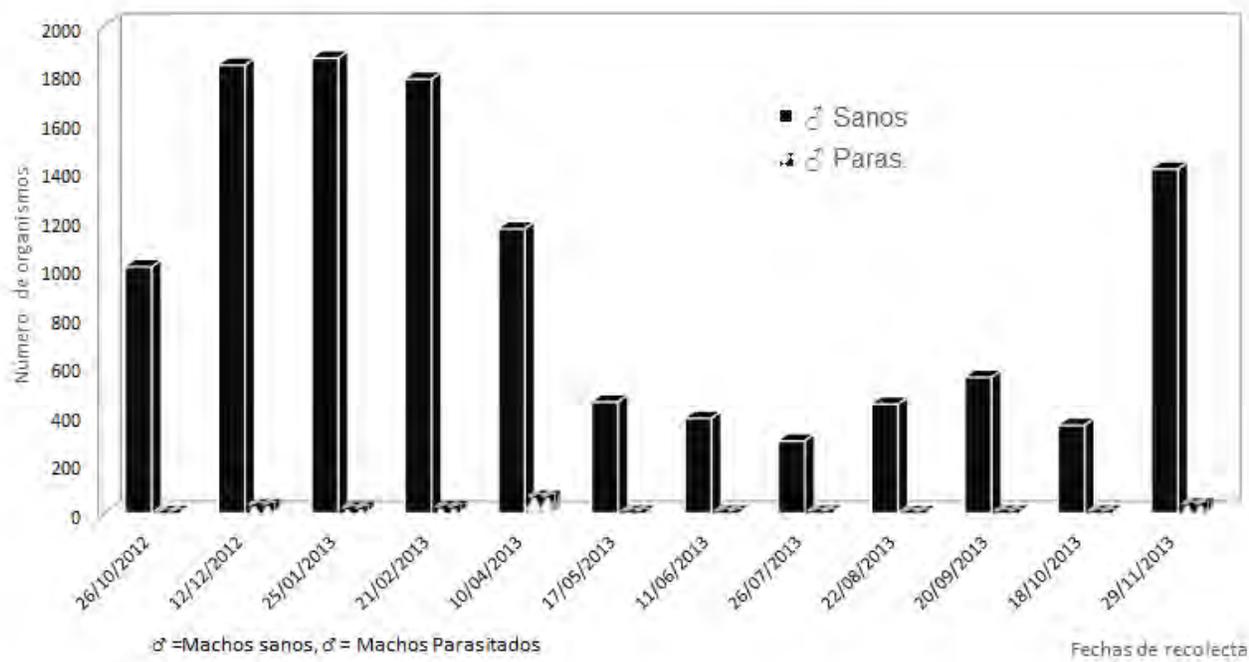


Figura 12.- Frecuencia de machos de *H. zostericola* sanos y parasitados por fecha de recolecta.

Tomando como medida biométrica el largo del cefalotórax (LC) de *H. zostericola*, se establecieron 13 intervalos de clase con una amplitud de 0.19 mm en cada intervalo (Tabla 4; Figura 13).

A partir de la población total de organismos no asociados con *B. abbreviata*, se observa que las hembras se encuentran presentes en todos los intervalos de clase y se concentran en los intervalos 5 al 10 con tallas que van de los 1.59 a 2.73 mm de LC, (Figura 14; Tabla 4); mientras que los machos se concentran solo en los primeros 5 intervalos, haciéndose evidente que las hembras siempre fueron de mayores tallas, en este trabajo, el ♂ más pequeño, el cual no estuvo asociado a *B. abbreviata*, fue de 0.84 mm de LC y el de mayor talla es de 1.68 mm de LC; para el caso de las ♀'s, la de menor talla fue de 0.96 mm y la mayor de 2.96 mm de LC (Tabla 5).

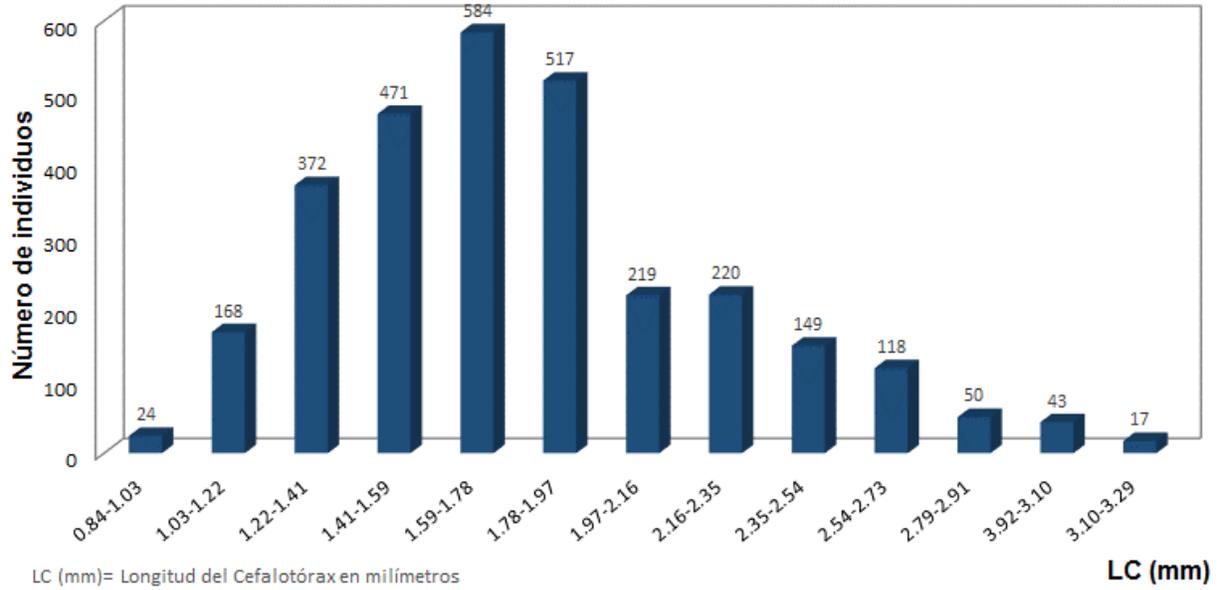


Figura 13.- Distribución total de los organismos de *H. zostericola* en los intervalos de clase.

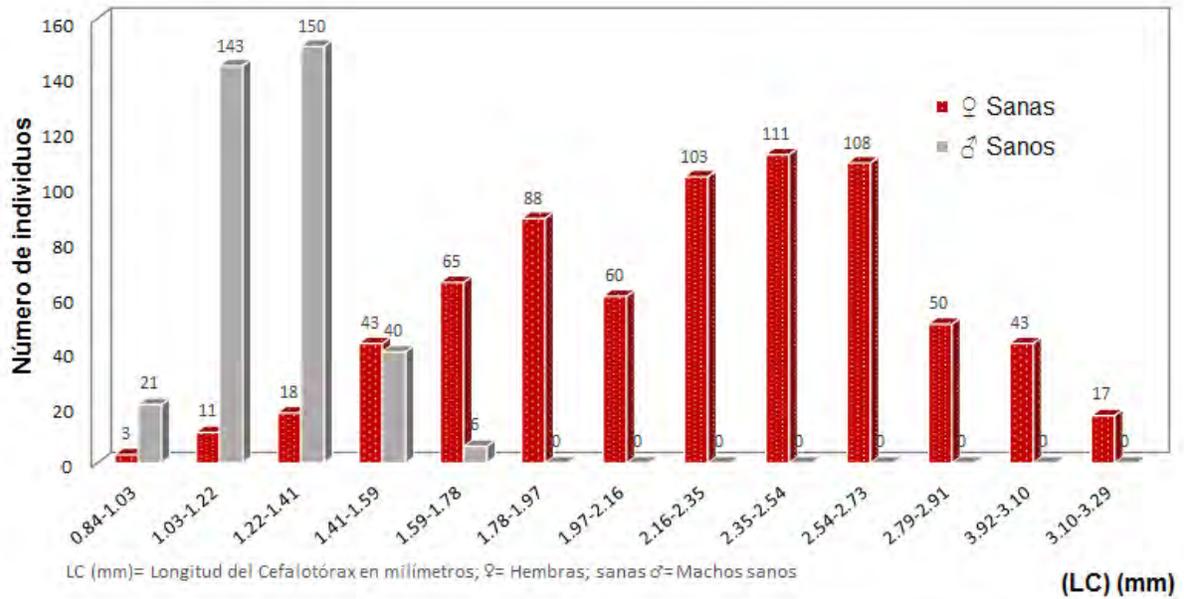


Figura 14.- Frecuencia de individuos de *H. zostericola* no asociados a *B. abbreviata* en los intervalos de clase separados por sexo.

**Tabla 4.-** Distribución de la población en los intervalos de clase.

Intervalo	Fronteras de clase		Marcas de clase	Total	♂		♀			Totales (♂ + ♀)	
	Inf.	Sup.			S	Paras.	S	Paras.	Ov	S	Paras.
1	0.84	1.03	0.93	24	21	0	3	0	-	24	0
2	1.03	1.22	1.12	168	143	3	11	11	-	154	14
3	1.22	1.41	1.31	372	150	23	18	181	-	168	204
4	1.41	1.59	1.50	471	40	40	43	348	-	83	388
5	1.59	1.78	1.68	584	6	40	65	473	1	71	513
6	1.78	1.97	1.87	517	-	31	88	398	13	88	429
7	1.97	2.16	2.06	219	-	21	60	138	24	60	159
8	2.16	2.35	2.25	220	-	13	103	104	62	103	117
9	2.35	2.54	2.44	149	-	5	111	33	81	111	38
10	2.54	2.73	2.63	118	-	1	108	9	81	108	10
11	2.73	2.91	2.82	50	-	-	50	-	41	50	-
12	2.92	3.10	3.00	44	-	-	43	-	40	43	-
13	3.10	3.29	3.19	43	-	-	17	-	17	17	-
			<b>Totales</b>	<b>2,952</b>	<b>360</b>	<b>177</b>	<b>720</b>	<b>1,695</b>	<b>360</b>	<b>1,080</b>	<b>1,872</b>

♀= hembras; ♂ machos; Ov=ovígeras; S= sanos (as); Paras. = parasitados (as)

Tabla 5.- Medidas de tendencia central de la población por intervalos de clase.

<b><i>Hippolyte zostericola</i> (Smith, 1873)</b>						
	Población	Organismos sanos			Organismos parasitados	
		♀	♂	♀Ov	♂	♀
Med.	1.79872967	1.942	1.245111111	2.541555556	1.738627119	1.734631268
Err típ	0.00812786	0.022257351	0.008048231	0.016891686	0.02304137	0.006615485
Mediana	1.76	1.92	1.24	2.52	1.68	1.72
Moda	1.76	1.92	1.16	2.44	1.56	1.76
Desv estand	0.44160521	0.422303538	0.152704455	0.320497215	0.30654544	0.272362036
Varianza de la muestra	0.19501516	0.178340279	0.023318651	0.102718465	0.09397011	0.074181077
Curtosis	0.23760492	-0.455972092	-0.269871028	-0.595979616	-0.34837889	0.077621445
Coefficiente de asimetría	0.7206624	0.243916452	0.204579001	0.038616864	0.47845996	0.519996703
Rango	2.44	2	0.84	1.52	1.4	1.56
Mínimo	0.84	0.96	0.84	1.76	1.16	1.16
Máximo	3.28	2.96	1.68	3.28	2.56	2.72
Suma	5309.85	699.12	448.24	914.96	307.32	2940.2
Cuenta	<b>2,952</b>	<b>360</b>	<b>360</b>	<b>360</b>	<b>177</b>	<b>1,695</b>

♀= hembras; ♂= machos; Ov=ovígeras

Existe una mayor proporción de hembras de *H. zostericola* asociados a *B. abbreviata*, lo que se observa en los intervalos 2 al 10 con medidas que van de los 1.03 a los 2.73 mm de LC; por lo que resulta evidente la tendencia de infestación de *B. abbreviata* en *H. zostericola* en tallas menores de la población; manifestando un incremento en el intervalo 5 con tallas de 1.59 a 1.78 mm de LC; por lo que, conforme a la población de *H. zostericola* aumenta en talla, el grado de infestación disminuye y vemos que en tallas de 2.35 a 2.73 mm de LC, la frecuencia de individuos parasitados es más baja y no existe presencia de organismos asociados en los últimos tres intervalos, los cuales presentan tallas que van de los 2.79 a los 3.29 mm de LC. En cuanto a un análisis de las tallas del huésped por sexo, en el grupo de las hembras, la parasitada de menor tamaño presentó una LC de 1.16 mm y la de mayor tamaño fue de 2.72 mm de LC, mientras que en machos, el de menor talla fue de 1.16 y el más grande fue de 2.56 mm de LC (Figura 15).

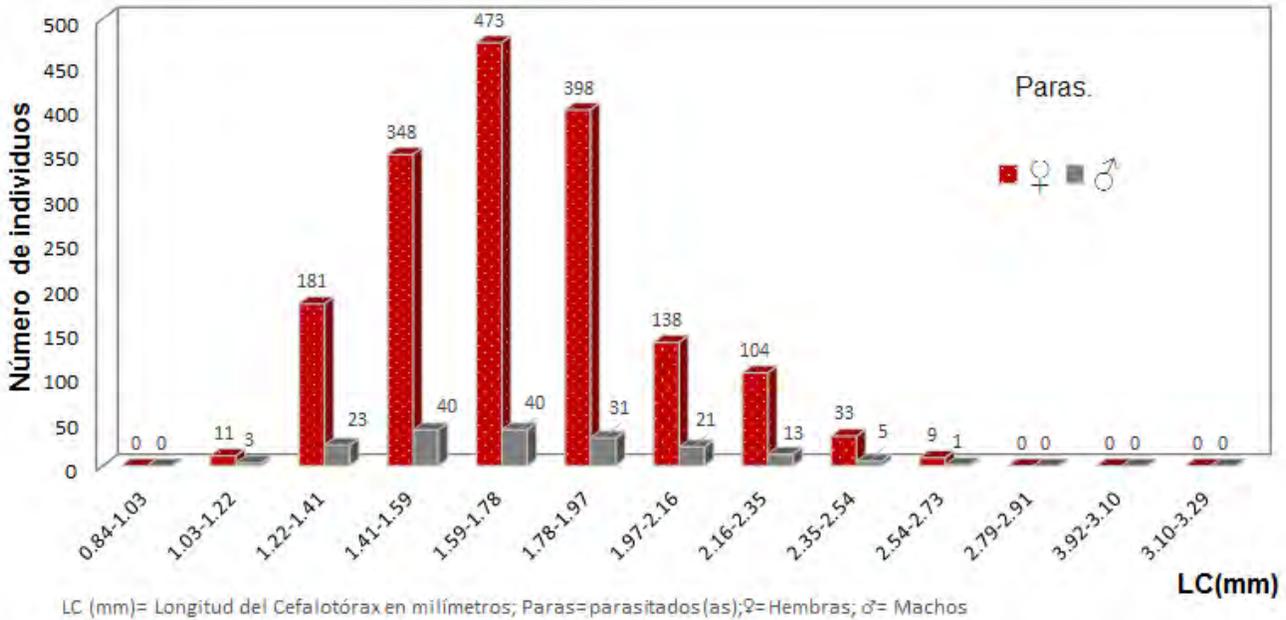


Figura 15.- Frecuencia de machos y hembras parasitados por intervalo de clase.

Comparando las poblaciones de organismos sanos y parasitados por sexo en los intervalos de clase, se tiene que para los machos parasitados, éstos tienden a presentar tallas mayores que las de los machos sanos, como se observa el macho no asociado a *B. abbreviata* de mayor talla es de 1.68 mm de LC y que se encuentra dentro del intervalo de clase 5 mientras que el macho parasitado de mayor talla es de 2.56 mm de LC se ubica en mayor proporción en el intervalo de clase 10 (Tabla 4). De manera general, se observa que los machos sanos se encuentran entre los intervalos 1 a 5 con tallas que van de los 0.84 a 1.78 mm de LC, mientras que los que se encuentran asociados a *B. abbreviata* se encuentran en los intervalos de clase 2 a 10 con tallas entre los 1.59 y los 2.73 mm de LC con un máximo pico de infestación en los intervalos 3 a 6 con tallas de los 1.22 a 1.97 mm de LC (Figura 16).

En la población de hembras, la infestación se observa a partir del intervalo de clase 2 hasta el 10, con tallas entre los 1.03 a los 2.73 mm de LC con un máximo de infestación también, en las tallas de 1.59 a 1.97 mm de LC, de la misma manera que se observa para la población de machos (Figura 17).

Para las dos poblaciones, la infestación es predominantemente en las tallas más pequeñas, fenómeno que disminuye conforme aumenta de talla del huésped, pero es evidente que se observa una preferencia más marcada por parte de *B. abbreviata* hacia parasitar a la población de hembras (Figura 15).

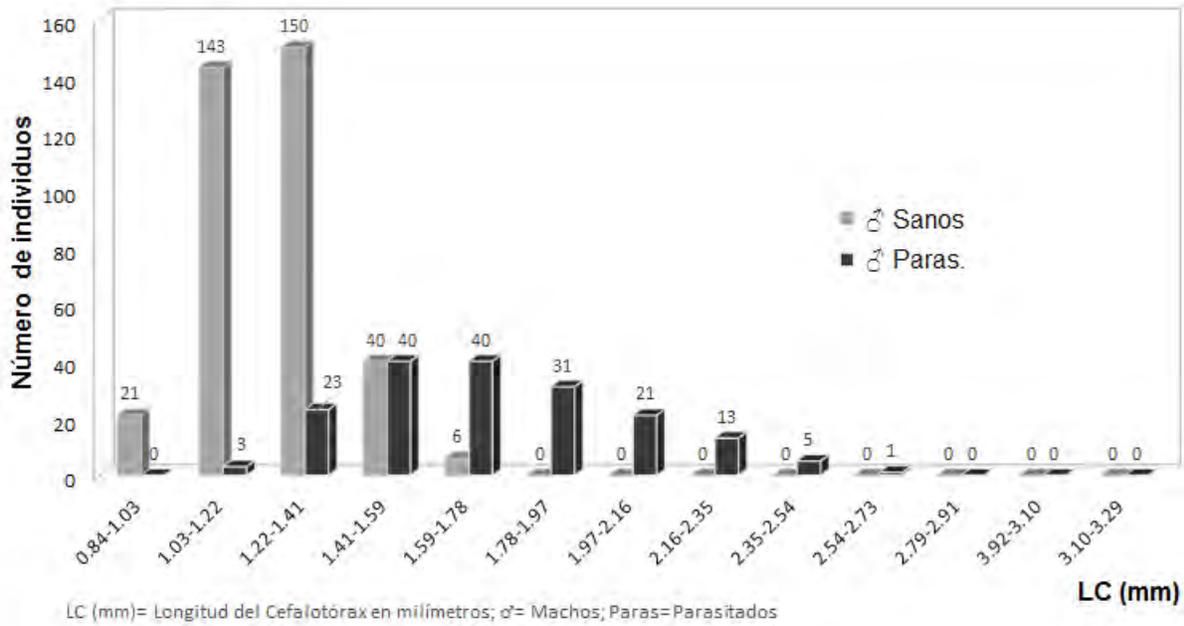


Figura 16.- Frecuencia de machos sanos y parasitados por intervalo de clase.

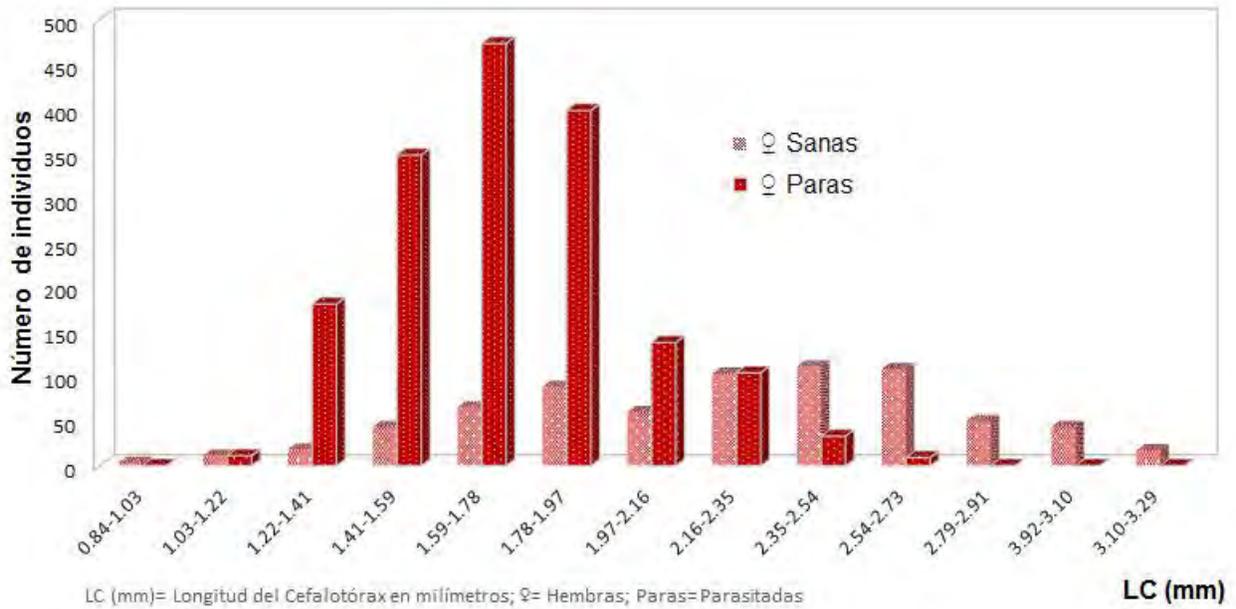
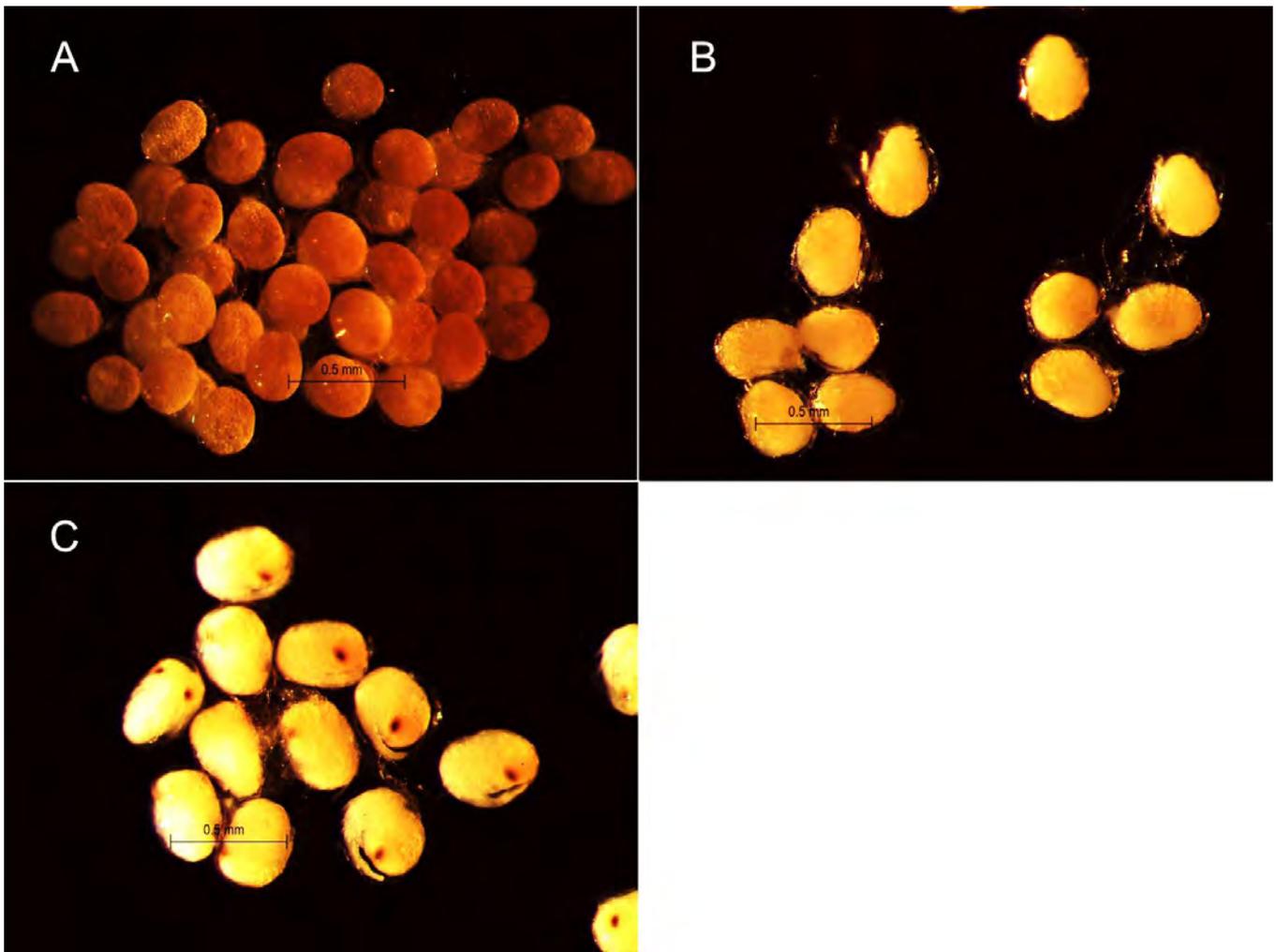


Figura 17.- Frecuencia de hembras sanas y parasitadas por intervalo de clase.

## Fecundidad

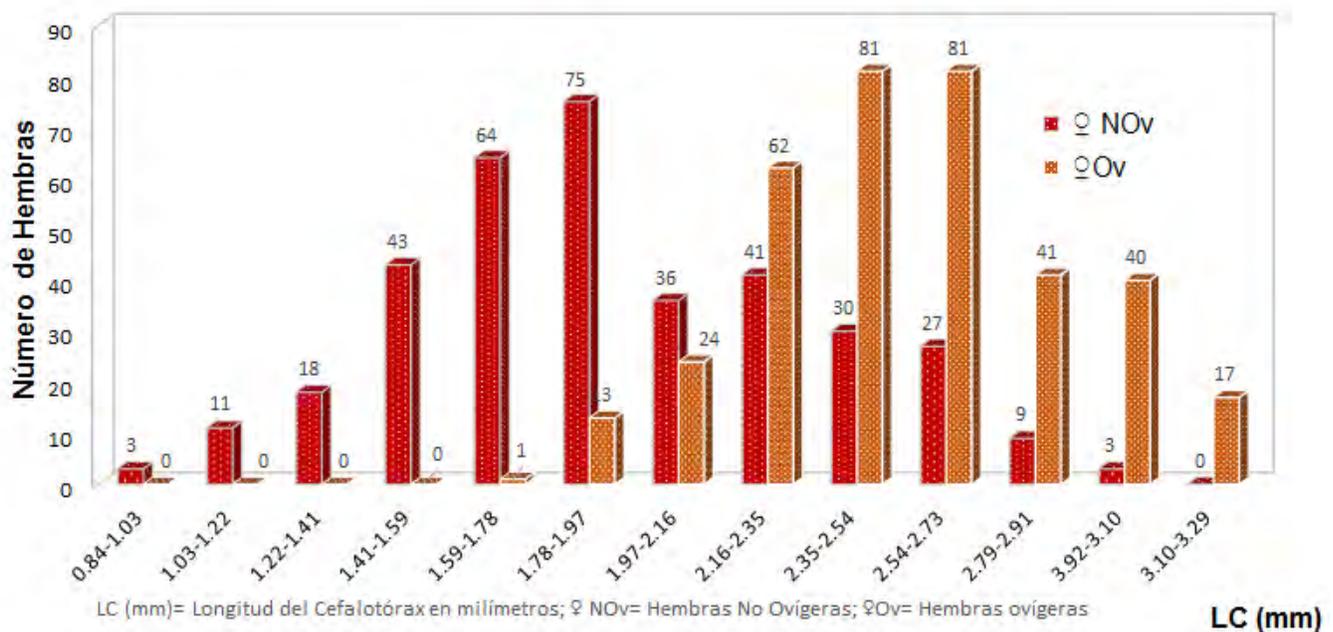
Para el análisis de fecundidad de *H. zostericola*, se tomaron un total de 360 hembras ovígeras, que tiene como característica poseer huevos en estadio de desarrollo I (Anger y Moreira, 1998) (Figura 18), lo cual indica, que son huevos recién ovopositados y con una menor posibilidad de haber sido perdidos de entre los pleópodos de la hembra; sin embargo debe considerarse que existe una posible pérdida debido particularmente al manejo durante la captura de los organismos.



**Figura 18.-** Huevos en los diferentes estados de desarrollo observados en este trabajo con base en la información de Anger y Moreira (1998). A, estadio de desarrollo I; B, estadio de desarrollo II y; C, Estadio de desarrollo III.

Las hembras ovígeras comienzan a presentarse en el intervalo cinco con tallas que van de los 1.59 a los 3.29 mm de LC, y se concentran en los intervalos nueve a diez con tallas que van de 2.35 a 2.73 mm de LC (Figura 19), mediante la curva logística que ajusta la proporción de hembras sexualmente maduras (ovígeras) en relación con la longitud del cefalotórax, se determinó la talla media de madurez sexual de hembras ovígeras en 2.43 mm de LC (Figura 21).

La hembra ovígera ♀ (Ov) de menor talla presentó una longitud de 1.76 mm de LC y 41 huevos entre los pleópodos, mientras que la hembra de mayor talla observada fue de 3.28 mm de LC con 356 huevos, el número promedio de huevos en las ♀Ov's fue de 121. Se puede observar que las tallas de las hembras ovígeras en comparación con las de las hembras no ovígeras son considerablemente mayores (Figura 19).



**Figura 19.-** Frecuencia de ♀Ov y ♀NOv por intervalo de clase.

Se estableció una relación entre la talla de las ♀Ov's con base en la LC y el número de huevos presentes entre los pleópodos, obteniendo una relación positiva con una  $R^2=0.6044$  y una  $y=2.674$ , donde  $R^2$  se interpreta como la explicación del 60.44% de los organismos analizados mientras que  $y$ , nos dice que por cada unidad de talla (LC), que

en este caso es 0.9692 mm, se incrementa en 2.674 el número de huevos (Figura 20). Aplicando la prueba de *t-student*, esta mostró que los datos son significativos ( $p < 0.0001$ ); finalmente el índice de actividad reproductiva exhibió un máximo de actividad reproductiva que se extiende de diciembre de 2012 a mayo de 2013 con valores que sobrepasaron el 58% de las hembras involucradas en este proceso.

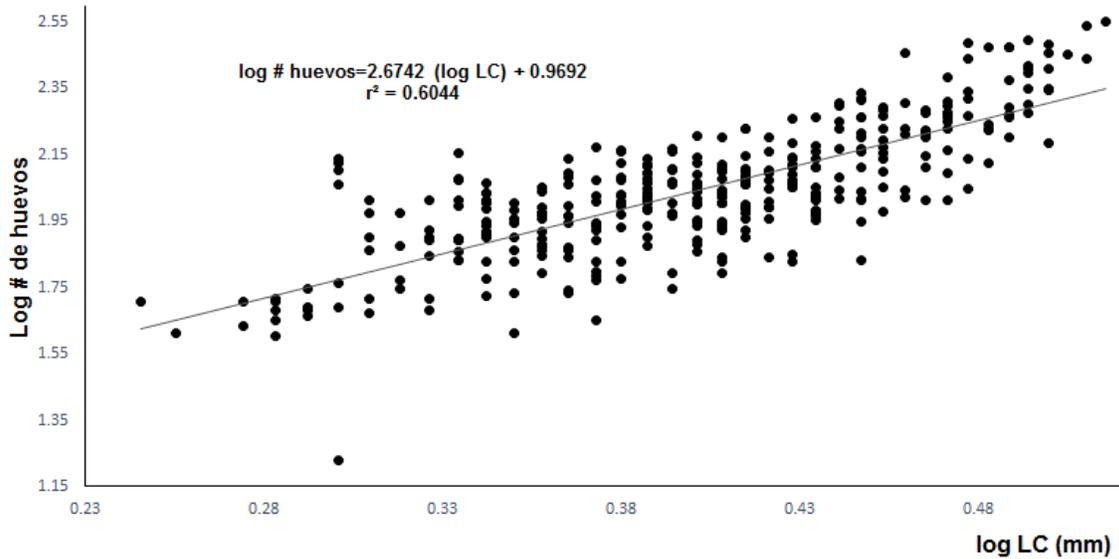


Figura 20.- Relación entre el número de huevos.

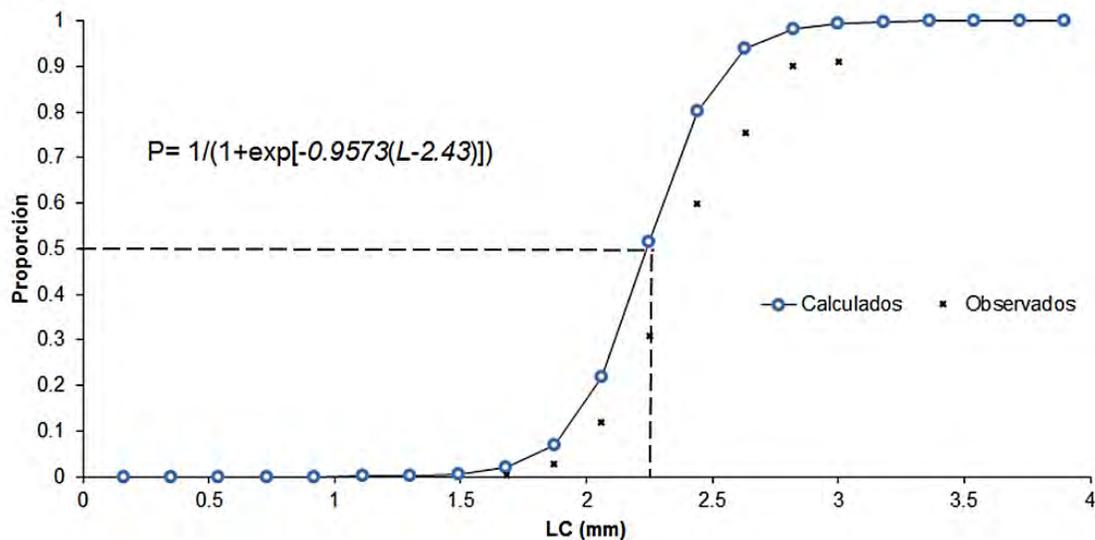
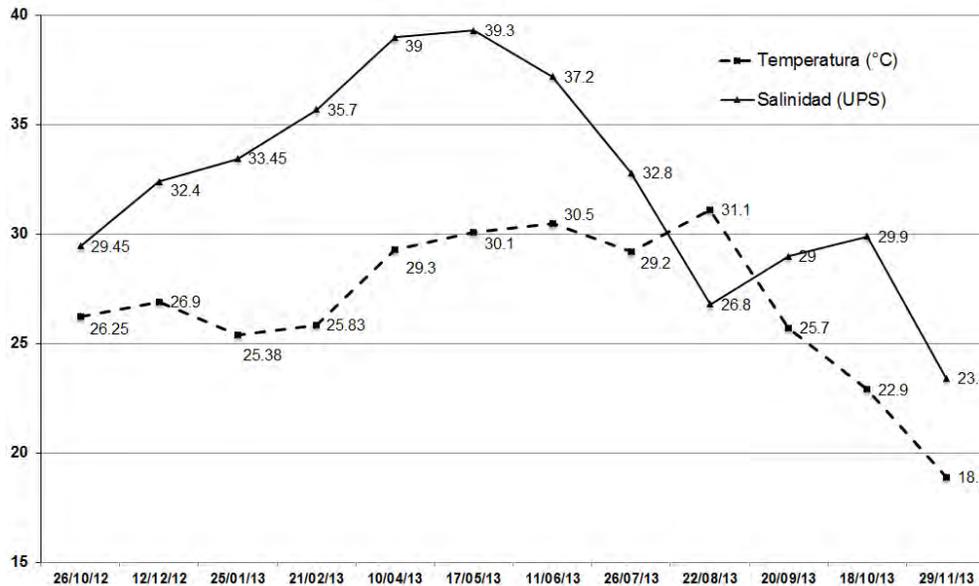


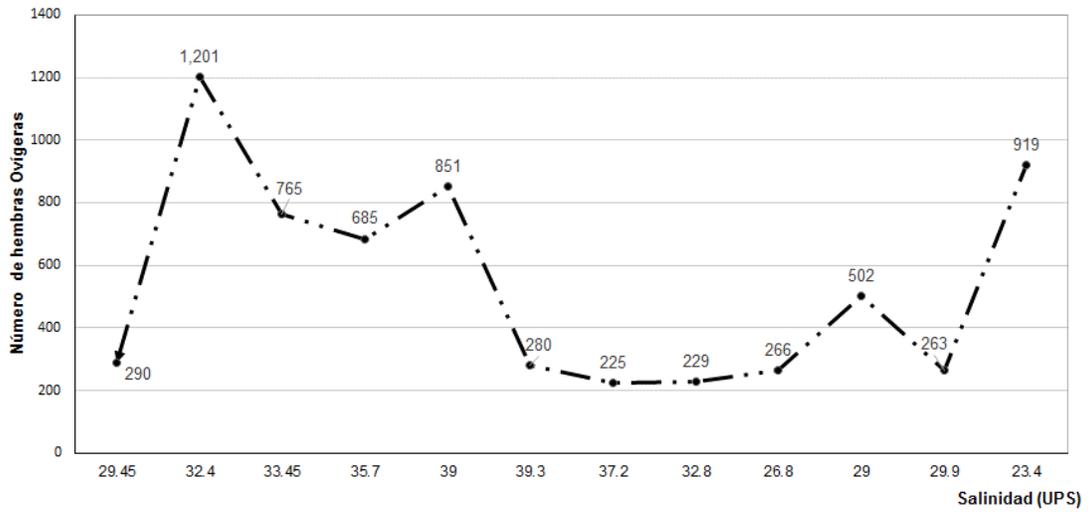
Figura 21.-Talla media de primera madurez sexual para hembras ovígeras de *H. zostericola*.

Durante el desarrollo de este estudio los valores máximos de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) se registraron en los meses de abril y mayo de 2013 y la mínima en noviembre de 2013, con respecto a la salinidad (UPS), esta siguió este patrón de comportamiento donde los valores más altos se observaron en el periodo abril-junio de 2013, mientras que los valores más bajos se dieron en octubre-noviembre del mismo año (Figura 22).

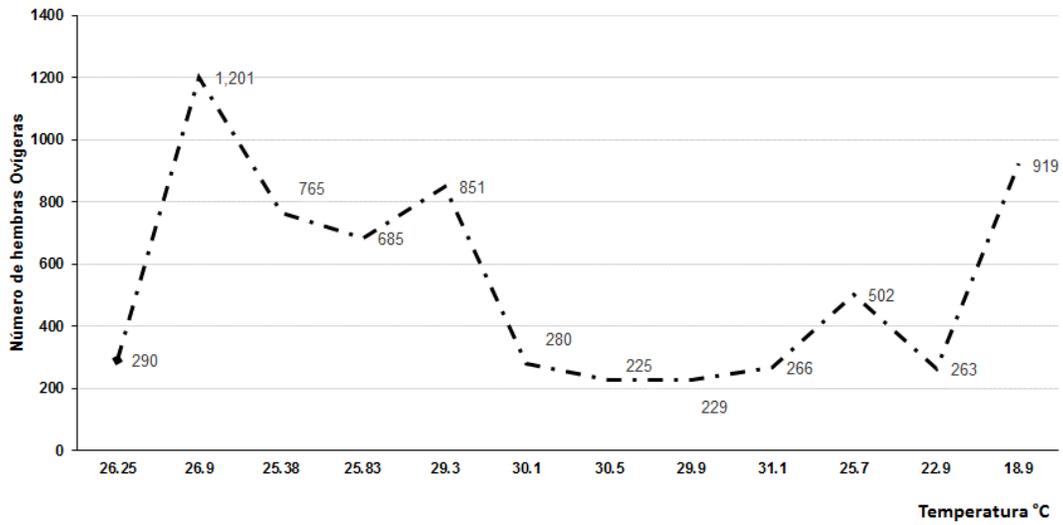


**Figura 22.-** Comportamiento de los valores de los parámetros físicos y químicos a lo largo del estudio.

En cuanto a la relación entre hembras ovígeras y los parámetros físicos y químicos no se observó una relación directa como se muestra en la (Figura 23), en el caso de la salinidad (UPS) con respecto a la presencia de ♀Ov's, se pudo observar que el valor más alto de salinidad fue de 39.3 con una presencia de 280, sin embargo se obtuvieron salinidades más bajas como la de 23.4, que fue la mínima y en donde se encontró una presencia de 919 ♀Ov's; para el caso de la temperatura, al igual que salinidad, no mostró una relación que pudiera incidir en la presencia de las ♀Ov's, en la (Figura 24) el valor más bajo de temperatura fue de 18.9  $^{\circ}\text{C}$  con una presencia de 919 ♀Ov's y también se presentaron temperaturas de 32.4 donde se ve un incremento de ♀Ov's, por lo que probablemente existan otros factores que inciden en la presencia de este tipo de organismos.



**Figura 23.-** Relación de hembras ovígeras y factor de salinidad (UPS).



**Figura 24.-** Relación de hembras ovígeras y factor de temperatura (T°).

## Discusión

La totalidad de individuos recolectados e identificados como *H. zostericola* fue de 26,743, de los cuales 11,740 corresponden a machos y 15,003 a hembras, observando una proporción de 1:1.2 (♂:♀), lo que concuerda con lo observado por Espinoza-Fuenzalida *et al.* (2008) para *H. williamsi*, donde las hembras están presentes en mayor proporción que los machos. Sastry (1983), menciona que la mayoría de las especies tropicales presentan una reproducción continua, concordando con este estudio donde *H. zostericola* presenta una reproducción durante todo el ciclo anual de octubre 2012-noviembre 2013, situación a la que también hace alusión Negreiros-Fransozo *et al.* (1996).

Por su parte, Barba (1995), señaló una proporción ligeramente mayor de machos que de hembras (1.07:1) para la laguna Madre en Tamaulipas y laguna de Términos en Campeche, mientras que Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005) reportan una proporción de (1.1:1) (♀:♂); en un estudio posterior sobre la estructura poblacional de *H. zostericola*, Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013a), reportan una proporción sexual de (1.3:1) (♂:♀), lo que difiere a lo encontrado en este estudio y a los otros trabajos realizados. Lo anterior expresaría la complejidad de la población dentro de los pastos marinos y de las localidades donde se efectuó cada estudio; Wenner (1972), menciona que en los crustáceos marinos, es raro encontrar una proporción sexual 1:1 y que entre las causas de la aparente alteración de la proporción sexual pueden citarse: uno, la existencia de una nutrición restringida; dos, que un sexo sea más activo que el otro; tres, la migración de ejemplares de un sexo; cuatro, la utilización de diferentes hábitats por ambos sexos; cinco, mortalidad diferencial entre sexos y; seis, tasas de crecimiento diferentes entre los sexos durante el periodo de cuidado parental de los huevos por parte de las hembras. Esto podría explicar las diferencias en la proporción sexual entre meses, donde dominaron las hembras de diciembre 2012 a noviembre 2013 y los machos sólo en el mes de octubre 2012.

En cuanto a tallas, en este trabajo se observó que las hembras fueron en promedio, mayores en LC que los machos, de éstos últimos, el más pequeño, el cual no estuvo asociado a *B. abbreviata*, presentó una LC de 0.84 mm y el de mayor talla es de 1.68 mm

de LC, mientras que en el caso de las hembras, la de menor talla fue de 0.96 mm y la mayor de 2.96 mm de LC, datos similares a lo reportado por Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013a), quienes obtuvieron tallas ligeramente mayores para ambos sexos, donde el macho más pequeño fue de 0,57 mm de LC mientras que el de mayor talla fue de 1,8 mm de LC; para las hembras ovígeras fue 0,57 mm de LC para la mínima y la de mayor talla fue de 3.52. Esta relación de tallas encontradas es acorde con la información que provee Bauer (1996), quien menciona que en muchos carideos gonocóricos, los machos son más pequeños que las hembras; los machos pueden producir un número suficiente de espermatozoides con energía de bajo costo en el tamaño corporal pequeño, para fertilizar la masa de huevos de las hembras más grandes. De hecho, los machos, organismos más pequeños, tienen una ventaja para escapar de los depredadores; las hembras, por otra parte, con el aumento de tamaño del cuerpo, pueden producir grandes crías o un número mayor de ovocitos, aspecto que se observa energéticamente costoso (Bauer, 1991; 2000). Esta relación de tallas se puede comparar con *H. williamsi* donde también se reporta que las hembras son en promedio más grandes que los machos y en donde se observa un marcado dimorfismo sexual (Espinoza-Fuenzalida *et al.*, 2008); por otra parte, el tamaño del macho también podría favorecer mayores tasas de agilidad y encuentro con hembras receptivas (Shuster y Wade 2003; Baeza y Thiel 2007); finalmente, Bauer (1996), menciona que los machos invierten menos energía en el crecimiento, lo que pudiera ser que la energía la destinan para la búsqueda de pareja.

Los crustáceos típicamente exhiben dimorfismo sexual, pero este varía desde pequeñas diferencias en ciertas especies a diferencias muy pronunciadas en otras (Sastry, 1983). En carideos, como en otras especies de crustáceos se observan cuidados maternos, los huevos se encuentran adheridos a los pleópodos bajo el abdomen que forma una cámara de incubación (Clarke, 1993), estos cuidados son observados en *H. zostericola*.

El valor promedio de fecundidad encontrado en este trabajo fue de 121 huevos por hembra, encontrándose una  $R^2$  de 0.60, es decir, el 60%, del total de hembras ovígeras evaluadas, presentaron el patrón de, a mayor talla se tiene un incremento en el número de huevos puestos entre los pleópodos, por lo que las hembras de mayor tamaño presentan un mayor espacio disponible y portan un mayor número de huevos; al

comparar este dato, se observa que es menor al estudio efectuado por Corey y Reid (1991), quienes reportan un promedio de 147 huevos en *H. zostericola* en Florida mientras que Negreiros-Fransozo *et al.* (1996) y Romero-Rodríguez y Román Contreras (2013a) documentaron un valor promedio en la laguna de Términos de 103 y 144 huevos respectivamente; si bien, los valores presentados contrastan entre los diferentes estudios, estos valores se encuentran dentro de los valores de huevos producidos por camarones hippolytídeos, cuyo rango es de 25 a 431 huevos por hembra (Corey y Reid, 1991); sin embargo los estudios efectuados han sido en diferentes periodos y puntos de recolecta lo que podría incidir en los resultados presentados en este trabajo.

Entre los factores que se asocian al número de huevos desovados está el tamaño de la hembra, hembras más grandes poseen mayor espacio disponible para la fijación de los huevos entre sus pleópodos (Lara y Wehrtmann, 2009), esto concuerda con lo registrado en este trabajo pues al aumentar la talla de LC, aumenta el número de huevos puestos entre los pleópodos. La hembra ovígera más pequeña en este trabajo presentó una longitud de 1.76 mm de LC con 41 huevos, mientras que la de mayor talla fue de 3.28 mm de LC con 356 huevos, los datos concuerdan con lo observado en otras especies de carideos (Martínez-Mayén y Román-Contreras, 2009) y en *H. zostericola* por Romero Rodríguez y Román Contreras (2013a). Otro factor asociado a este fenómeno es que la hembra esté o no realizando su primera puesta, así como la edad de la misma (Elnor y Beninger, 1992; Torres *et al.*, 2007, Romero-Rodríguez y Román-Contreras, 2013a), factores que son difíciles de evaluar en el medio natural ya que los crustáceos no presentan estructuras duras que faciliten determinar su edad.

El número de huevos en los camarones, puede variar en función de la edad y del tamaño del individuo, así como por factores ambientales como la oferta alimenticia, la temperatura y distancia geográfica con relación al mar (Odinetz-Collart y Rabelo, 1996; Odinetz-Collart y Magalhães, 1994; Magalhães y Walker, 1988). Los datos obtenidos en esta ocasión, son comparables con los de Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013a).

Da Silva *et al.* (2004) y Parra *et al.* (2010), afirman que en crustáceos la fecundidad puede variar de acuerdo a las condiciones fisiológicas de las hembras, a las estaciones del año, a la latitud, a las condiciones ambientales, la cantidad y calidad del alimento y la

temperatura; otro de los factores que pudiera estar afectando la contabilidad de la fecundidad es la pérdida de huevos durante la incubación entre los pleópodos de las hembras, lo que comúnmente ocurre en la naturaleza y es obviamente, uno de los factores que afectan el rendimiento reproductivo. Esta pérdida de huevos se puede presentar en la ovoposición, pérdidas mecánicas debido a la abrasión con el sustrato y/o por la pesca de arrastre, el canibalismo materno, la depredación y el parasitismo (Kuris, 1991).

Si bien en este estudio se evaluó la fecundidad con huevos en estadio de desarrollo I, ya que representan mejor la fecundidad real de la especie, es posible considerar la pérdida de huevos en las etapas del desarrollo. Esta pérdida ha sido observada en tallas más grandes de *H. zostericola* en un 37% en la laguna de Términos (Romero-Rodríguez y Román-Contreras, 2013a). En el caso de los carideos, la pérdida de huevos representa hasta el 47% de la masa de huevos (Ahamed y Ohtomi, 2011; Oyarzún *et al.*, 2010; Echeverría-Sáenz y Wehrtmann, 2011).

Squires (1973), señaló que en los trópicos, las altas temperaturas del agua causan un desarrollo rápido de los huevos y embriones, de modo que los desoves se suceden a lo largo del año, lo que se corroboró en el presente trabajo ya que las hembras ovígeras de *H. zostericola* estuvieron presentes en todas las fechas de recolecta a través del ciclo anual.

Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013a), consideraron que el principal periodo reproductivo de *H. zostericola* en la laguna de Términos se presenta en el primer tercio del año, esto contrasta con lo encontrado en este estudio ya que se observó que en los meses de diciembre de 2012 y noviembre de 2013, se presentó un número importante de hembras ovígeras de *H. zostericola*; considerando que en el presente estudio los muestreos se realizaron en un sólo punto y en un periodo anual mientras que en el trabajo anteriormente señalado, las recolectas fueron realizadas en diferentes puntos geográficos dentro de la laguna y de manera bimestral.

Se ha observado que la actividad reproductiva en temperaturas relativamente elevadas y estables en los mares tropicales permite la reproducción durante todo el año de decápodos marinos (Bauer 1986, 1992); esto respalda nuestros datos de índice de

actividad reproductiva que fue de 58.7%, así como los datos de temperatura que no fluctuaron de manera importante durante el ciclo anual.

En cuanto a talla de primera madurez sexual y de acuerdo con King (2007), esta se define como la longitud a la que el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros, la longitud a la que el 50% de todas las hembras de una población de crustáceos son ovígeras o tienen ovarios en etapa avanzada de madurez. La talla mínima que se encontró en este estudio, para las hembras ovígeras fue de 1.59 mm de LC mientras que la talla media de madurez sexual obtenida fue de 2.43 mm de LC, estos datos son similares a los registrados por Romero-Rodríguez y Román Contreras (2013a), quienes reportan la presencia de una hembra ovígera con una LC de 1.6 mm y la talla media fue estimada en 2.41mm de LC. Es importante tener en cuenta que en las hembras, el crecimiento y madurez sexual puede estar ligado no sólo a condiciones ambientales como disponibilidad alimenticia y condiciones hidrográficas, temperatura del agua y salinidad, y también a condiciones fisiológicas (Roa y Tapia, 1998), por lo que no se descarta que *H. zostericola* pudiera estar afectado por algunos de ellos o en conjunto y que pudieran estar influyendo en su madurez sexual; por otro lado y de acuerdo con (Costa y Negreiros-Fransozo, 1998), es usual que los organismos tropicales tengan reproducción continua, como lo es *H. zostericola* ya que en todo el estudio se encontraron hembras en estado reproductivo.

Con referencia a los datos físicos y químicos en el presente estudio, no se observó una relación directa con las hembras ovígeras, estos resultados concuerdan por lo registrado por Romero-Rodríguez (2014), esto podría deberse a que la reproducción en distintos grupos de invertebrados solo se da bajo un estrecho intervalo de condiciones ambientales (Sastry, 1983); si bien la temperatura y salinidad son elementos que son preponderantes en la biología de diferentes especies, no son los únicos que pueden afectar la reproducción, por lo que en este trabajo es probable que el conjunto de varios parámetros están incidiendo en esta especie y a que de acuerdo con Day y Yáñez-Arancibia (1982), las comunidades pueden estar controladas por salinidad, temperatura, aporte de agua dulce, turbidez, fotoperiodo y tipo de sedimentos.

En cuanto al parasitismo, Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005), mencionan para la costa del golfo de México a *B. abbreviata* únicamente en la laguna de

Términos, infestando a *H. zostericola*. Del total de individuos de *H. zostericola* recolectados (26,743), 1,872 estuvieron parasitados dividiéndose en 1,695 hembras y 177 machos, esto representó una proporción del 1:0.1 (♀:♂); a excepción de las fechas de recolecta de octubre del 2012 y mayo del 2013, en el resto de éstas, las hembras sanas (no asociadas a *B. abbreviata*), fueron más frecuentes que los machos aun cuando esta diferencia no es significativa. Estos datos contrastan con los obtenidos por Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2005), donde se reporta una proporción de 4.4:1 hembras por macho parasitados por *B. abbreviata*. Posteriormente los mismos autores efectuaron un estudio donde se reporta una proporción promedio de 0.18 machos por hembra (Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013b), estos datos deben de considerarse, ya que el número de organismos parasitados fue mayor a los ofrecidos en los dos trabajos reportados por estos autores; sin embargo, en todos los casos se presentó siempre la preferencia de infestación de *B. abbreviata* hacia las hembras de *H. zostericola*; algunos autores refieren que existen diferencias en la prevalencia entre sexos en algunas especies de decápodos y han sido atribuidas a la mayor inversión de las hembras a la función reproductiva; por otro lado, la incapacidad de enfrentar los costos de la reproducción y el parasitismo de manera simultánea (Astete-Espinoza y Cáceres, 2000), lo que concuerda con los datos obtenidos en el presente estudio y los realizados anteriormente para la especie.

Los isópodos bopíridos también exhiben diversos patrones de infestación en los huéspedes decápodos, por ejemplo, el organismo huésped con mayor tamaño corporal tiende a observar un índice de infestación mayor, esto sucede en especies de huéspedes con dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo (Beck, 1979; Jay, 1989; Jordá y Roccatagliata, 2002). Considerando este patrón, se observó que *B. abbreviata* infestó a las hembras de *H. zostericola*, las cuales presentan una talla más grandes que los machos. Otros autores hacen referencia a que cuando no existe diferencia de tamaños entre los hospederos de ambos sexos, los parásitos tienden a infestarlos por igual (Beck, 1979; Miranda y Mantelatto, 2010).

La ausencia de hembras ovígeras parasitadas observadas en el presente estudio sugiere una castración parasitaria o a la inhibición del desarrollo de las gónadas, como lo menciona Oliveira y Masunari (1998). El examen histológico de las gónadas sería

imprescindible para evaluar si la presencia del parásito provoca cambios que impidan a ambos sexos realizar sus funciones reproductivas.

La prevalencia reportada en el presente trabajo (7%), fue mayor a lo reportado por Román-Contreras y Romero-Rodríguez (2005), quienes encontraron una prevalencia del 4,06%, y Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013b) de 0,37%. Los valores de prevalencia más altos se presentaron en los meses de diciembre de 2012 (9.3%), enero de 2013 (8.10%) y noviembre 2013 (10.04%) durante la época de secas y la menor prevalencia se presentó en septiembre de 2013 (2.26%), lo que difiere con los valores obtenidos por Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013b), quienes reportaron los mayores valores de prevalencia en los meses de junio (0.28%), febrero (0.17%) y abril (1.47%), y la menor prevalencia se registró en octubre (0.01%). Estos valores difieren probablemente a que el número de organismos así como el número de recolectas fueron diferentes a los realizados anteriormente para la misma especie.

La diferencia en la evaluación sobre prevalencia entre los trabajos anteriormente mencionados y éste, pueden atribuirse a factores antropogénicos, Guzmán y Román-Contreras (1983), mencionan que la mayor abundancia del parásito ocurre en áreas con alta perturbación humana por efectos asociados a la contaminación doméstica e industrial.

En cuanto a tallas de hospederos infestados por *B. abbreviata*, los machos se encuentran con tallas entre los 1.03 a los 2.73 mm de LC mientras que en las hembras las tallas oscilaron entre 1.03 a los 2.73 mm de LC, en ambos casos la infestación se produce en organismos con tallas iniciales dentro de la población, Romero-Rodríguez y Román-Contreras (2013b), encontraron que el 84% de los hospederos se encontraban entre 1.05 y 2.29 mm LC, sin embargo encontraron variaciones en algunos periodos.

Las tallas en la que se presenta la infestación ha sido documentada pues los parásitos bopíridos a menudo infestan a los camarones en los primeros estadios de su ciclo de vida y crecen con los hospederos en ecosistemas marinos y de agua salobre (Pike, 1960; Kuris, 1974; Owens, 1983; Cash y Bauer, 1993; Roccatagliata y Lovrich, 1999; Romero-Rodríguez y Román-Contreras, 2013b).

Para explicar la ausencia o baja tasa de infestación en los individuos de tallas mayores Van Wyk (1982), ha planteado algunas hipótesis como: uno, mayores tasas de

mortalidad en el grupo parasitado; dos, la pérdida de parásitos por el huésped, probablemente causada por las diferencias en la duración de los ciclos de vida de los organismos involucrados y; tres, el crecimiento del huésped se reduce debido al parasitismo y limita el crecimiento y alcanzar su tamaño máximo.

En cuanto a efectos sobre la función reproductiva, el parasitismo por bopíridos tiene en general efectos negativos (e. g., castración, bajo desarrollo gonadal y menor desarrollo de los caracteres sexuales secundarios) en numerosas especies de decápodos (Beck, 1980; Schuldt y Rodrigues-Capítulo, 1985; Muñoz y George-Nascimento, 1999; Jordá y Roccatagliata, 2002); en este trabajo se pudo observar que en algunos machos de *H. zostericola*, caracteres como el tercer par de pereopodos que son prensiles y robustos se vieron modificados al estar parasitado, este carácter sexual no se desarrolló de manera adecuada. Reinhard (1956), encuentra que el parásito puede afectar el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios de los machos, y señala que esto es probable dado que la mayor inversión de los machos está destinada a su desarrollo. En consecuencia, algunos autores consignan la feminización de estos caracteres y una afectación del desarrollo gonadal en machos parasitados (Beck, 1980; Muñoz y George-Nascimento, 1999).

Cuando los bopíridos afectan a sus hospederos, pueden ocurrir cambios en la biología de los mismos, ovarios que no maduran y machos feminizados (Baudoin, 1975; Beck, 1980; O'Brien y Van Wyk, 1985; Ayub y Ahmed, 2004), lo que en este trabajo podríamos inferir es que las hembras parasitadas pudieran ser no receptivas a la reproducción debido a que no maduran sexualmente por la presencia del parásito.

La explicación más probable es que los recursos energéticos necesarios para la reproducción de hospedero son absorbidos por el bopírido hembra para sus funciones reproductivas. Además, el bopírido puede alterar el sistema endocrino del huésped que afecta a la reproducción (Calado *et al.*, 2005).

En este trabajo también se encontró que los machos parasitados tienden a ser de mayor talla que los no parasitados lo que de acuerdo con Minchella (1985), los parásitos castradores también se benefician de un tamaño más grande de los hospederos, proporcionándoles un aumento en las posibilidades de supervivencia, ya que pueden alcanzar un tamaño más grande.

## Conclusiones

- a) *H. zostericola* en un organismo que se encuentra durante todo el ciclo anual, con la presencia de hembras ovígeras.
- b) La proporción sexual durante todas las fechas de colecta se mantuvo a favor de las hembras, 1:1.2 (♂:♀), salvo la recolecta del mes de octubre de 2012 en donde se observó un mayor número de machos que de hembras.
- c) Las tallas de los organismos no infestados por *B. abbreviata* fueron, para el caso de los machos 0.84 mm a 1.68 mm de LC y para el caso de las hembras de 0.96 mm a 2.96 mm de LC.
- d) De la totalidad de la población, los organismos parasitados por *B. abbreviata* se encuentran en tallas de los 1.03 a los 2.73 mm de LC con un pico de infestación en las tallas de 1.22 a 1.97 mm de LC.
- e) En la población de las hembras, la infestación se observa en tallas entre los 1.03 y 2.73 mm de LC con un pico en los 1.22 y 1.97 mm de LC.
- f) La prevalencia de *B. abbreviata* está relacionada con las épocas del año y a la frecuencia de *H. zostericola*.
- g) Se presentó una prevalencia total de 7% durante todo el ciclo de recolectas.
- h) Las hembras de *H. zostericola* son las más afectadas por la presencia del parasito, no se encontraron hembras ovígeras parasitadas durante todo el ciclo de recolectas, sugiriendo que el parasito no permite el desarrollo del proceso reproductivo.
- i) Las tallas de *H. zostericola* en las que se presenta *B. abbreviata* son las iniciales del ciclo de vida del huésped.
- j) El número de huevos producidos en *H. zostericola* está influenciado por el tamaño de la hembra, es decir a mayor talla de ésta, mayor número de huevos presentes; la R<sup>2</sup> demuestra que el 60% de los datos están correlacionados de manera positiva y son significativos.
- k) La relación de los datos físicos y químicos como temperatura y salinidad, no mostraron incidencia sobre la reproducción de *H. zostericola*.
- l) La talla media de madurez sexual de las hembras es de 2.43 mm de LC.

## Recomendaciones

- a) Realizar estudios enfocados a la histología del sistema reproductor de *H. zostericola* para determinar el efecto dado por la presencia de *B. abbreviata*.
- b) Realizar muestreos en puntos específicos durante un periodo establecido para analizar las diferencias entre éstos.
- c) Determinar diferencias entre estaciones de muestreo dentro de la laguna de Términos, Campeche, México, para así, entender la dinámica poblacional de *H. zostericola*.
- d) Realizar registros de otros parámetros físicos y químicos que puedan estar incidiendo en la reproducción de *H. zostericola*.

## Literatura Consultada

- Agraz-Hernández, C. M., J. Osti, C. A. Chan, D. Gómez, S. Castillo, G. Exposito, E. Márquez, J. Acosta, J. Reyes-Castellano, P. Conde-Medina, C. Ruiz y E. Chan. 2012. Los ecosistemas de manglar en el área de la Laguna de Términos: Diagnóstico para la Conservación y Restauración de esta Área de Protección de Flora y Fauna, Revista Fomix, Campeche. 4(14): 10-16.
- Ahamed, F. y J. Ohtomi. 2011. Reproductive biology of the pandalid shrimp *Plesionika izumiae* (Decapoda: Caridea). Journal of Crustacean Biology. 31(3): 441-449.
- Ahyong, S. T., J. K. Lowry, M. Alonso, R. N. Bamber, G. A. Boxshall, P. Castro, S. Gerken, G. S. Karaman, J. W. Goy, D. S. Jones, K. Meland, D. C. Rogers y J. Svavarsson. 2011. Subphylum Crustacea Brünnich, 1772 En: Zhang, Z.Q. (Ed.). Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa. 3148: 165-191.
- Alonso, P., J. L. Bortolini y F. Álvarez. 2010. Análisis discriminante aplicado a los grupos sexuales de *Potimirim mexicana*, camarón hermafrodita protándrico. Revista Mexicana de Biodiversidad. 81: S187-S192.
- Álvarez, F., A. J. Sánchez y L. A. Soto. 1996b. Efficiency of two samplers of epibenthic macrofauna in a tropical seagrass meadow. Rev. Invest. Marinas. 17:17-27.
- Álvarez, F., J. L. Villalobos y E. Lira. 1996a. Decápodos. En: Llorente J., A. García-Aldrete y E. González. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. (Ed.). CONABIO, UNAM. México, D. F. 103-129 p.
- Amezcu-Linares, F. y A. Yáñez-Arancibia. 1980. Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a Laguna de Términos. El hábitat y estructura de las comunidades de peces. An. Centro Cien. del Mar y Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México. 7(1): 68-118.
- Anger, K. y G. S. Moreira. 1998. Morphometric and reproductive traits of caridean shrimps. J. Crustacean Biol. 18: 823-838.
- Astete-Espinoza, L. P. y C. W. Cáceres. 2000. Efecto del parasitismo del isópodo bopírido *Ionella agassizi* (Isopoda: Epicaridea) (Bornier, 1900) sobre la fisiología

- respiratoria del nape *Neotrypaea uncinata* (M. Edwards, 1837) (Decapoda: Thalassinidea). *Revista Chilena de Historia Natural*. 73: 243-252.
- Ayub, Z. y M. Ahmed. 2004. Study on the host-parasite relationship of *Parapenaeopsis stylifera* (H. Milne Edwards) (Decapoda: Penaeidae) and *Parapenaeon japonica* (Thielemann) (Isopoda: Bopyridae). *Hidrobiología*. 523(1-3): 225-228.
- Baeza, J. A y M.Thiel. 2007. The mating system of symbiotic crustaceans: A conceptual model based on optimality and ecological constraints. En: *Evolutionary ecology of social and sexual systems: Crustaceans as model organisms*. J. E. Duffy and M. Thiel (Ed.) Oxford University Press, New York. 250–267 p.
- Barba, M. E. 1995. Patrones de distribución de los carideos (Crustacea: Decapoda) de la Laguna Madre de Tamaulipas y la Laguna de Términos, Campeche en el suroccidente del Golfo de México. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 50 p.
- Barba, M. E. 1999. Variación de la densidad y la biomasa de peces juveniles y decápodos epibénticos de la región central de la Laguna Madre, Tamaulipas. *Hidrobiológica*. 9(2): 101-114.
- Barba, M. E., A. J, Sánchez, A. Raz-Guzmán y E. M. Gallegos. 2000. Dieta natural y tasa de forrajeo del camarón carideo *Hippolyte zostericola* Smith sobre epífitas de *Thalassia testudium*. *Hidrobiológica*. 10 (2): 139-146.
- Barba, M. E., A. Raz-Guzmán y J. Sánchez. 2005. Distribution patterns of stuarines caridean shrimps in the southwestern Gulf of Mexico. *Crustaceana*. 78 (6): 709-726.
- Barreiro-Güemes, M. T. 1999. Aporte de hojarasca y renovación foliar del manglar en un sistema estuarino del Sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 47: 729–737.
- Bas, C., E. Spivak y K. Anger. 2007. Seasonal and interpopulation variability in fecundity, egg size, and elemental composition (CHN) of eggs and larvae in grapsoid crab, *Chasmagnatus granulatus*. *Helgoland Marine Research*. 61: 225-237.
- Baudoin, M. 1975. Host castration as a parasitic strategy. *Evolution*. 29 (2): 335-352.

- Bauer, R. T. 1986. Sex change and life history pattern in the shrimp *Thor manningi* (Decapoda: Caridea): a novel case of partial protandric hermaphroditism. *The Biological Bulletin*. 170: 11–31.
- Bauer, R. T. 1991. Analysis of embryo production in caridean shrimp guild from a tropical seagrass meadow. 1881-191 p. En: A. Wenner and A. Kuris (Ed.). *Crustacean Issues (7), Crustacean Egg production*. A. A. Balkema. Rotterdam, Holanda. 401 p.
- Bauer, R. T. 1992. Testing generalization about latitudinal variation in reproduction and recruitment patterns with sicyoniid and caridean shrimp species. *Invertebrate Reproduction and Development*. 22(1–3): 193–202.
- Bauer, R. T. 1996. A test of hypotheses on male mating systems and female molting in decapod shrimp, using *Sicyonia dorsalis* (Decapoda: Penaeoidea). *Journal of Crustacean Biology*. 16: 429–436.
- Bauer, R. T. 2000. Simultaneous hermaphroditism in caridean shrimps: a unique and puzzling sexual system in the decapoda. *J. Crustac. Biol.* 16: 429–436.
- Bauer, R. T. 2004. *Remarkable shrimps: adaptations and natural history of the carideans*. University of Oklahoma Press, Norman. 282 p.
- Bauer, R. T. y G. J. Holt. 1998. Simultaneous hermaphroditism in the marine shrimp *Lysmata wurdemanni* (Caridea: Hippolytidae): An undescribed sexual system in decapod Crustacea. *Marine Biology*. 132: 223-235.
- 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(3): 431-449.
- Beck, J. T. 1980. The effects of an isopod castrator, *Probopyrus pandalicola*, on the sex characters of one of its caridean shrimp hosts *Palaemonetes paludosus*. *Biological Bulletin*. 159: (1)-15.
- Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsed. 1986. *Ecology: Individuals populations and communities*. Blackwell Scientific Publications. Osney Mead, Oxford. 876 p.
- Borges-Souza, G. N. 2004. *Composición y distribución de sedimentos en la Laguna de Términos, Campeche, México (2001-2002)*. Tesis de licenciatura. Universidad

- Autónoma de Campeche Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. México, Campeche. 79 p.
- Boschi, E. E. 1981. Larvas de Crustacea Decapoda. En: Boltovskoy D. (Ed.). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar de Plata. 699-718 p
- Boyko, C. y J. D. Williams. 2011. Parasites and other symbionts of squat lobsters. En: Poore G. C. B., S. T. Ahyong and J. Taylor (Ed.). The biology of squat lobsters. CSIRO Publishing: Melbourne and CRC Press: Boca Raton. 271-295 p.
- Branco, J. O. y Avilar, M. G. 1992. Fecundidade em *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) da Lagoa da Conceicao, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, Revista Brasileira de Zoologia. 9(3/4): 167-173.
- Brusca, R. C. y G. D. F, Wilson. 1991. A phylogenetic analysis of the Isopoda with some classificatory recommendations. Memoirs of the Queensland Museum 31: 143–204.
- Brusca, R. C., W. Moore y S. M. Shuster. 2016. Invertebrates. Sinauer Associates Sunderland, Massachusetts, USA. 1104 p.
- Bush, A., K. D. Lafferty, J. M Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets Ecology on Its Own Terms: *Margolis et al.* Revisted The journal of parasitology 83: 575-583.
- Caddy, J. F. 1989. Marine invertebrates fisheries. Their assessment and management. Jhon Wiley and Sons. New York. 752 p.
- Campos, N. H. 2003. Los isópodos marinos (Crustacea: Peracarida) del Caribe Colombiano. Biota Colombiana. 4(1): 79-87
- Calado, R., C. Bartilotti y L. Narciso. 2005. Short report on the effect of a parasitic isopod on the reproductive performance of a shrimp. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 321: 13-18.
- Cash, C. E. y R. T. Bauer. 1993. Adaptations of the branchiaectoparasite *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 (Crustácea: Decapoda: Natantia). *Smiths. Contr. Zool.* 98: 1-179.
- Cheng, J. Y., J. Vannier y D. Y. Huang. 2011. The origin of crustaceans: new evidence from the Early Cambrian of China. *Proceedings of the Royal Society (Biological Science)*. 268: 2181-2187.
- Clarke, A. 1993. Egg size and egg composition in polar shrimps (Caridea: Decapoda). *Journal. Exptl. Marine. Biology. Ecol.* 168(2):189-203.
- Corey, S. y D. M. Reid. 1991. Comparative fecundity of decapods crustaceans. I. The fecundity of thirty-three species nine families of caridean shrimp. *Crustaceana*. 60(3): 270-294.
- Costa, T.M. y M.L. Negreiros-Fransozo. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana*, 71(6): 615-627.
- Da Silva, R., C. M. Sampaio y J. A. Santos. 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.* 64(3A): 489-500.
- David, L. T. 1999. La Laguna de Términos, Campeche. 9-15 p En Smith, S.V., J. I. Marshall-Crossland and C. J. Crossland. (Ed.). *Mexican and Central American Coastal Lagoon Systems: Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes (Regional workshop II)*. LOICZ Reports and Studies No. 13. LOICZ, Texel, the Netherlands. 115 p.
- Day, J.W., Jr. y A Yáñez-Arancibia. 1982. Lagoons and estuaries, ecosystems approach *Ciencia Interamericana. Mar. Sci. Coastal. OEA Washington D.C.* 1982. 11-26. (1-2): 22
- De Grave, S., Y. Cai y A. Anker. 2008. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hydrobiologia*. 595: 287-293.
- De Grave, S., N. D. Pentcheff, S. T. Ahyong, T. Y. Chan, K. A. Crandal, P. C. Dworschak, D. L. Felder, R. M. Feldmman, C. H. Frensen, L. Y. Goulding, R. Lemaitre, M. E. Low, J. W. Martin, C. E. Scheitzer, D. Tshudy y R. Wetzer. 2009. A classification

- of living and fossil genera of decapod crustaceans. Raffles Bulletin of Zoology, Supplement. 21: 1–10.
- De Grave, S. y C. H. J. M. Fransen. 2011. Carideorum Catalogus: The recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). Zoologische Mededelingen. 85: 195–589.
- De la Lanza, E. G. y H. M. Lozano. 1999. Comparación fisicoquímica de las Lagunas de Alvarado y Términos, Hidrobiológica. 9 (1): 15-30.
- Devaraj, H. y A. Natarajan. 2006. Molecular mechanisms regulating molting in a crustacean. FEBS Journal. 273:839-846.
- Díaz, H. y G. Rodríguez. 1977. The branquial chamber of some terrestrial and semiterrestrial crabs. Biological Bulletin. 153: 485-504.
- Diaz, H., J. E. Conde y M. Bevilacqua. 1983. A volumetric method for estimating fecundity in Decapoda. Mar. Ecol. Prog. Ser. 10: 203-206.
- Du Preez, H.H. y A.McLachlan. 1984. Biology of three-spot swimming crab *Ovalipes punctatus* (De Hann). II. Reproduction, fecundity and egg development. Crustacena. 47(3): 285-297.
- Dugan, P .J. 1983. Seasonal and geographic distribution of seven decapod crustaceans in Apalache Bay, Florida. Contributions to Marine Science. 26: 65-79.
- Echeverría-Sáenz S. y I. S. Wehrtmann. 2011. Egg production of the commercially exploited deepwater shrimp, *Heterocarpus vicarius* (Decapoda: Pandalidae), Pacific Costa Rica. Journal of Crustacean Biology. 31: 434–440.
- Elnor, R. W. y P. G. Beninger. 1992. The reproductive biology of snow crab, *Chionoecetes opilio*: A synthesis of recent contributions. Am. Zool., 32: 524–533.
- Escobar, E. y L. A. Soto. 1993. Bentos del mar profundo. En: Salazar S. I. y N. E. González (Ed.). Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO-CIQRO. 106-116 p.
- Espinoza-Fuenzalida N.L, Thiel M, Dupre E.J y Baeza A.2008. Is *Hippolyte williamsi* gonochoric or hermaphroditic? a multiapproach study and a review of sexual systems in Hippolyte shrimps. Mar Biol 155:623–635

- Felder D. L., D. K. Camp y W. Tunnell Jr. 2009 A. An introduction to Gulf of Mexico biodiversity assessment. En: Felder D. L. y D. K. Camp (Ed.) Gulf of México Origin, Waters, and Biota. Volumen. 1 *Biodiversity*. 1-13 p.
- Forbes, M. R. y T. Robb. 2008. Testing hypotheses about parasite-mediated selection using odonate host En: A. Córdoba-Aguilar. (Ed.). Dragonflies and Damselflies: model organisms for ecological and evolutionary. Research Oxford University Press. New York. 175-188 p.
- Grivel-Piña, F. 1979. Variaciones del nivel medio del mar puertos del Golfo de México y Mar Caribe. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad de Texas. 308 p.
- Gurney, R. 1937. Larvae of decapod crustacea. Part IV. Hippolytidae. Discovery Report. 14: 351–404.
- Gutiérrez-Estrada, M. y A. Castro del Río. 1988. Origen y desarrollo geológico de la Laguna de Términos. En: Yañez-Arancibia A. y J. W. Day, Jr (Ed.). Ecología de los ecosistemas costeros del sur del Golfo de México. La región de la Laguna de Términos. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 89-110 p.
- Guzmán, A. M. y R. Román-Contreras 1983. Parasitismo de *Probopyrus pandalicola* (Isopoda, Bopyridae) sobre el langostino *Macrobrachium tenellum* en la costa pacífica de Guerrero y Michoacán, México. En: Conferencia internacional sobre Recursos Marinos del Pacífico, Viña del Mar, Chile. 345-357 p.
- Hartnoll, R. G. 1982. Growth. En: Bliss D. E. y L. G. Abele (Ed.). The Biology of Crustacea. Volume 2. Embryology, morphology, and genetics. Academic Press. New York. 111-196 p.
- Hartnoll, R. G. 1985. Growth, sexual maturity and reproductive output. En: Wenner A. M. (Ed.). Crustacean Issues. 3. Factors in adult growth. A. A. Balkema, Rotterdam. 101-128 p.
- Haynes, E. B. 1985. Morphological development, identification, and biology of larvae of Pandalidae, Hippolytidae, and Crangonidae (Crustacea, Decapoda) of the northern North Pacific Ocean. Fishery Bulletin. 83(3): 253–288.

- Hobbs, H. H. III. 1991. Decapoda. En: J. H. Trop and A. P. Covich (Ed.). Ecology and Classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press Inc. 823-858 p.
- Holden, M.J. y D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. ONU/ FAO. Documento Técnico de Pesca. 115: 207p
- Holthuis, L. B. 1993. The recent genera of the caridean and stenopodidean shrimps (Crustacea, Decapoda) with an appendix on the order Amphionidacea. National Natur historisch Museum, Leiden. 328 p.
- Howard, R. K. 1984. The trophic ecology of caridean shrimps in an eelgrass community. Aquatic Botany. 18: 155–174.
- Jay, C. V. 1989. Prevalence, size and fecundity of the parasitic isopod *Argeia pugettensis* on its host shrimp *Crangon francisorum*. American Midland Naturalist. 121(1): 68-77.
- Jensen, G. C. 1958. The relation between body size and number of eggs in marine malacostrakes. Meddelelser Fra Danmarks Fisheri Havundersogerlser. 2: 1-25.
- Jones, M. B. y M. J. Simons. 1983. Latitudinal variation in reproductive characteristics of a mud crab, *Helice crassa* (Grapsidae). Bull. Mar. Sci. 33: 656-670.
- Jordá, M. T. y D. Roccatagliata. 2002. Population dynamic of *Leidya distorta* (Isopoda: Bopyridae) infesting the fiddler crab *Uca uruguayensis* at the Río de la Plata estuary, Argentina. Journal of Crustacean Biology. 22: 719-727.
- King, M. 2007. Fisheries Biology. Assessment and Management. Fishing New Books. Blackwell Science.Ltd.382 p.
- Kurata, H. 1962. Studies on the age and growth of Crustacea. Bulletin of Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory. 24: 1-115.
- Kuris, A. M. 1974. Trophic interactions: similarity of parasitic castrators to parasitoids. The Quarterly Review of Biology. 49 (2): 129-148.
- Kuris, A. M. 1991. A review of patterns and causes of crustacean brood mortality. En Wenner A. y A. Kuris (Ed.). Crustacean egg production. Rotterdam. The Netherlands: A.A. Balkema. 117–141 p.

- Lange, S. y F. Schram. 1999. Evolución y filogenia de los crustáceos. Boletín SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa. 26: 235-254.
- Lara, L. R. y I. S. Wehrmann. 2009. Reproductive biology of the freshwater shrimp *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda, Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. Journal of Crustacean Biology. 29: 343–349.
- Lebour, M. V. 1932. The larvae of the Plymouth Caridea – III. The larval stages of *Spirontocaris cranchii* (Leach). Proceedings of the Zoological Society of London. 1: 131–137.
- Ledoyer, M. 1986. Faune mobile des herbiers de phanérogames marines (Halodule et Thalassia) de la Laguna de Términos (Mexique, Campeche) I. Les caridea (Crustacea: Decapoda) et aperçu sur la faune globale. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. 13(3): 147-170.
- Lemos de Castro, A. y I. M. Brasil-Lima. 1980. Crustáceos isópodos epicarídeos do Brasil. XII Variacoes intraespecíficas, hospedeiros e distribuicao geográfica de Bopyrina abbreviate Richardson. Boletim do Museu Nacional Nova série, Zoología. 295: 1-6.
- Lou, F. 1979. Algunos factores ecológicos abióticos en Estero Pargo, Campeche. Tesis profesional. México. Fac. Ciencias Univ. Nal. Autón. México, 39p.
- Magalhães, C. and Walker, I. 1988. Larval development and ecological distribution of central Amazonian Palaemonidae shrimps (Decapoda: Caridea). Crustaceana. 55: (3) 279-292.
- Mantel, L. H. y L. L. Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation. En: Mantel, L.H. (Ed.) The biology of Crustacea: Internal anatomy and physiological regulation. The biology of Crustacea. 5:53-161.
- Markham, J. C. 1979. A new genus and species of bopyrid isopod infesting the crangonid shrimp *Pontophilus abyssii* Smith in deep water of the northwestern Atlantic Ocean. Proceedings of the Biological Society of Washington. 92: 769-772.
- 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. Memories of the Hourglass cruises. 7(3): 1-156 p.

- Markham, J. C. 1986. Evolution and zoogeography of the isopoda Bopyridae, parasites of Crustacea Decapoda. En: R. H. Gore y K. L. Heck (Ed). Crustacean Biogeography. Crustacean Issues 4, Balkema. Leiden. 143-164 p.
- Markham, J. C. 1988. Descriptions and revisions of some species of isopoda bopyridae of the northwestern Atlantic Ocean. Zoologische Verhandelingen. 246: 3-63.
- Martin, J. W. and G. E. Davis. 2001. An updated classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series. 39: 1-124.
- Martínez-Mayén, M. y R. Román-Contreras. 2009. Reproduction of *Periclimenes siankaanensis* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Crustaceana. 82(1): 27-37.
- McGinley, M. A., D. Temme y M. A. Geber. 1987. Parental investment in offspring in variable environments: Theoretical and empirical considerations. American Naturalist. 130: 370-398.
- McNeil, C., J. T. A. Dick y R. W. Elwood. 1997. The trophic ecology of freshwater *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda): Problems and perspectives concerning the functional feeding group concept. Biological Review. 72: 349-364.
- McNeil, C. y J. Prenter. 2000. Differential microdistributions and interspecific interactions in coexisting native and introduced *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). The Zoological Society of London. 251: 377-384.
- Minchella, D. J. 1985. Host life-history variation in response to parasitism. Parasitology. 90: 205-216.
- Miranda, I. y F. Mantelatto. 2010. Temporal dynamic of the relationship between the parasitic isopod *Aporobopyrus curtatus* (Crustacea: Isopoda: Bopyridae) and the anomuran crab *Petrolisthes armatus* (Crustacea: Decapoda: Porcellanidae) in southern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Research. 38(2): 210-217.
- Muñoz, G. y M. George-Nascimento, 1999. Comparaciones de los efectos recíprocos en la simbiosis entre camarones fantasmas (Decapoda: Tallasinidea) e Ísopodos bopíridos (Isopoda: Epicaridea) Revista Chilena de Historia Natural. 72:49-58.
- Nazari, E. M., M. S. Simões-Costa, Y. M. R. Müller, D. Ammar y M. Dias. 2003. Comparisons of fecundity, egg size, and mass volume of the freshwater prawns

- Macrobrachium potiuna* and *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae). J. of Crustacean Biol. 23: 862-868.
- Negreiros-Fransozo, M. L., A. Fransozo, F. L. M. Mantelatto, I. M. Nakagaki y M. C. F. Spilborghs. 1992. Fecundity of *Paguristes tortugae* Schmitt, 1933 (Crustacea, Decapoda, Anomura) in Ubatuba, São Paulo, Brasil. Rev. Brasil. Biol. 52(4): 547-553.
- Negreiros-Fransozo, M. L., E. Barba, J. Sánchez, A. Fransozo y A. Raz-Guzmán. 1996. The species of *Hippolyte* Leach (Crustacea, Caridea, Hippolytidae) from Términos lagoon, southwestern Gulf of Mexico. Revista Brasileira de Zoología. 13(3): 539-551.
- Noble, E. R. y G. A. Noble. 1965. Parasitología. Biología de los parásitos animales. 2ª edición. Editorial. Panamericana. México. 675 p.
- O'Brien, J. y P. van Wyk. 1985. Effects of crustacean parasitic castrators (epicaridean isopods and rhizocephalan barnacles) on growth of crustacean hosts. En: Wenner.A.M. (Ed.). Factors in adult growth. Crustacean Issues, Vol. 3. Rotterdam, A. A. Balkema. 191-218 p.
- Odinetz-Collart, O. y Magalhães, S. 1994. Ecological constraints and life history strategies of Palaemonidaeawns in Amazonian. Verhandlungen der Internationale Vereinigung Limnologie. 25:2460-2467.
- Odinetz-Collart, O. y Rabelo, H. 1996. Variation in egg size of the fresh-water prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda. Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology. 16(4):684-688.
- Ogawa, E. F. e C. A. S. Rocha. 1976. Sobre a fecundidade de crustáceos decápodos marinhos do Estado Ceará, Brasil. Arquivos de Ciências do Mar. 16 (2): 101-104.
- Oliveira, E. and S. Masunari. 1998. Population relationships between the parasite *Aporobopyrus curtatus* (Richardson, 1904) (Isopoda: Bopyridae) and one of its porcelain crab hosts *Petrolisthes armatus* (Gibbes, 1850) (Decapoda: Porcellanidae) from Farol Islands, southern Brazil. J. Nat. Hist. 32(1): 1707-1717.
- Owens, L. 1983. Bopyrid parasite *Epipenaeon ingens* Nobili as a biological marker for the banana prawn, *Penaeus merguensis* de Man. Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 34(3): 477-481.

- Oyarzún, S., R. León, J. C. Uribe y M. V. Escudero. 2010. Aspectos reproductivos de *Astropandalus grayi* (Cunningham 1871) (Decapoda: Caridea) en los canales de la región de Aysén. *Ciencia y Tecnología del Mar*. 33(1): 77-91.
- Parra, M. J., C. S. Y. García, A. Ferrer y H. Severeyn. 2010. Aspectos reproductivos del camarón *Macrobrachium amazonicum* (Heller) en la zona de Nazaret, San Rafael de El Mojón, Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia*. 16(4): 402-408.
- Pérez, C. 1976. Parasitología. Hemman. Blue ed., Madrid, España. 422 p.
- Pike, R. B. 1960. The biology and post larval development of the bopyrid parasites *Pseudione affinis* G. O. Sars and *Hemiarthus abdominalis* (Kroyer) (= *Phryxus abdominalis* (Kroyer)). *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*. 44(297): 239-251.
- Pinheiro, M. A. y A. Fransozo. 1995. Fecundidade de *Pachycheles haigae* Rodríguez Da Costa, 1960 (Crustacea, Anomura, Porcellanidae) em Ubatuba (SP), Brasil. *Rev. Brasileira Biol*. 55(4): 623-631.
- Poulin, R. 1999. The functional importance of parasites in animal communities: Many roles at many levels? *International Journal for Parasitology*. 29: 903-914.
- Poulin, R. y S. Morand. 2000. The diversity of parasites. *The Quarterly Review of Biology*. 75: 277-293.
- Poulin, R. 2007. *Evolutionary ecology of parasites*. Princeton University Press. USA. 322 p.
- Poulin, R. 2011. The many Roads to parasitism: A Tale of convergence. 1-40 p. En: Rollinson D. and S. I. Hay. (Ed). *Advances in Parasitology* 74. Burlington: Academic Press. 315 p.
- Ramírez-Llodra, E. 2002. Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. *Advances in Marine Biology*. 43: 88-162.
- Raz-Gúzman, A. y G. de la Lanza. 1993. δ<sup>13</sup>C del zooplancton, crustáceos decápodos y anfípodos de Laguna de Términos, Campeche (México), con referencias a fuentes de alimentación y posición trófica. *Ciencias Marinas*. 19(2): 245-264.
- Raz-Gúzman, A. y J. A. Sánchez. 1996. Trophic structure related to seagrass habitat complexity. 241-248 p. En: J. Kuo, R. C. Phillips, I.D. Walker and H. Kirkman (Ed.). *Seagrass biology: Proceedings of a international workshop, Rottnes Island*.

- Western Australia. 5-29 January, 1996: University of Western Australia, Faculty of Sciences. 385 p.
- Raz-Guzmán, A. y E. Barba. 2000. Seagrass biomas, distribution and associated macrofauna in southwestern of Mexico coastal lagoons. *Biol. Mar. Mediterranean*. 7(2): 271.
- Raz-Guzmán, A. 2010. Estudio de caso: Crustáceos de la Laguna de Términos. En: J. G. Villalobos-Zapata y J. Mendoza-Vega (Coord.). La biodiversidad de Campeche Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche. El Colegio de la Frontera Sur. 275-279 p.
- Reinhard, E. G. 1956. Parasitic castration of crustacea. *Experimental Parasitology*. 5: 79-107.
- Richardson, H. 1904. Contributions to the natural history of the Isopoda. *Proceedings of the United State Natural Museum*. 27(1350): 71-73.
- Roa, R. y F. Tapia. 1998. Spatial differences in growth and sexual maturity between branches of of a large population of the squat lobster *Pleuroncodes monodon*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 167: 185-196.
- Roccatagliata, D. y G. A. Lovrich. 1999. Infestation of the false king crab *Paralomis granulosa* (Decapoda: Lithodidae) by *Pseudione tuberculata* (Isopoda: Bopyridae) in the Beagle Channel, Argentina. *Journal of Crustacean Biology*. 19(4): 720-729.
- Román-Contreras, R. 1993. Aspectos biológicos de *Probopyrus pacifiencis* Román-Contreras 1993, parásito del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1981) en la Laguna de Coyuca, Guerrero, México. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 86 p.
- Román-Contreras, R. y 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 México. *Nauplius*. 13(1): 83-88.
- Romero-Rodríguez, J. y R. Román-Contreras. 2013a. Population structure and reproduction of the seagrass shrimp *Hippolyte zostericola* (Decapoda:

- Hippolytidae) at Laguna de Términos, Campeche, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 93 (3): 675-682.
- Romero-Rodríguez, J. and R. Román-Contreras. 2013b. Prevalence and reproduction of *Bopyrina abbreviata* (Isopoda, Bopyridae) in Laguna de Terminos, SW Gulf of Mexico. *Journal of Crustacean Biology*. 33 (5): 641-650.
- Romero-Rodríguez, J. 2014. Ecología poblacional y reproductiva de *Bopyrina abbreviata* (Isopoda: Bopyridae) en la Laguna de Términos, Campeche. Tesis doctoral. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México, D.F. 150 p.
- Ruppert, E. y R. D. Barnes. 1996. *Zoología de los invertebrados*. Sexta Edición. McGraw-Hill Interamericana. México. 1114 p.
- Sánchez, A. J., A. Raz-Guzmán y E. Barba. 1996. Habitat value of seagrass of decapod in tropical coastal lagoons of the southwestern Gulf of Mexico: An overview. 89-104 p En: Kuo J., R.C. Phillips, I. D. Walker and H. Kirkam (Ed.). *Seagrass biology: Proceedings of an international workshop, Rottnes Island, Western Australia*. 5-29 January, 1996: University of Western Australia, Faculty of Sciences. 385 p.
- Sastry, A. N. 1983. Ecological Aspects of Reproduction. En: D. E. Bliss (Ed.). *The Biology of Crustacea*. New York. 8: 179-270.
- Sheldon, B. C. y S. Verhulst. 1996. Ecological immunology: Costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 11: 317-321.
- Shuster, S. M y M. J. Wade. 2003. *Mating systems and strategies*. Princeton University Press. Princeton. 552 p.
- Schuldt, M. y 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.
- Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1997. Programa de Conservación y Manejo. Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. México. 167 p.
- Solis-Weiss, V. y S. Carreño, 1986. Estudio prospectivo de la macrofauna béntica asociada a las praderas de *Talassia testudium* en la Laguna de Términos,

- Campeche, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 13(3): 201-216.
- Sommers, I. F. y J. 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 bopyrid parasite *Epipenaeon ingens*. Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 42(4): 349-367.
- Squires, H. J. 1973. El potencial reproductor en los crustáceos decápodos. Bol. Mus. Mar. 5: 3-7.
- Suárez-Morales, E. y R. Gasca. 1989. El plancton y las cadenas tróficas. Ciencias. 16: 1-5.
- Thomas F., R. Poulin, J. F. Guégan, Y. Michalakis y F. Renaud. 2000. Parasites and host life-history traits: Implications for community ecology and species coexistence. International Journal for Parasitology. 30: 669-674.
- Toft, A. C., A. Aeschlimann y L. Bolis. 1993. Parasite-Host associations: coexistence or conflict? Redwood Books, Trowbridge. Great Britain. 383 p.
- Torres P., G. PhenhLopes, A. Macia y J. Paula. 2007. Population structure and egg reproduction of the seagrass shrimp *Hippolyte kraussiana* Stimpson, 1860 (Decapoda: Hippolytidae) at Inhaca Island, Mozambique. Invertebrate and Reproduction and Development. 50(3): 145-153.
- Tsukamoto, R. Y. 1981. *Bopyrina ocellata* (Czerniavzky, 1868), Isopode parasite assinalada pela primera no Atlantico sul. (Epicaridea: Bopyridae). Morfologia desenvolvimento e distribucao geográfica. Ciencia e Cultura. 33(3): 216-220.
- Udekem, d'Acoz C. d'. 1996. The genus *Hippolyte* Leach, 1814 (Crustacea: Decapoda: Caridea: Hippolytidae) in the East Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea, with a checklist of all species in the genus. Zool Verhandelingen. 303: 3-133.
- Udekem, d'Acoz C. d'. 2007. New records of Atlantic *Hippolyte*, with the description of two new species, and a key to all Atlantic and Mediterranean species (Crustacea, Decapoda, Caridea). Zoosystema. 29: 83-207.
- Urzúa, A., K. Paschke, P. Gebauer y K. Anger. 2012. Seasonal and interannual variations in size, biomass and chemical composition of the eggs of North Sea shrimp, *Crangon crangon* (Decapoda: Caridea). Marine Biology. 159: 583-599.

- Van Wyk, P. M. 1982. Inhibition of the growth and reproduction of the porcellanid crab *Pachycheles rudis* by the bopyrid isopod, *Aporobopyrus muguensis*. *Parasitology*. 85 (1): 459-473.
- Vazzoler, A. E. A. M. 1981. Manual de métodos para estudios biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento. Brasília, CNPq. Programa Nacional de Zoología. 108 pp.
- Wenner, A. 1972. Sex ratio as a function of size in marine crustacea. *Am. Nat.* 106(949): 321–350.
- Wicksten, M. K. 1983. A monograph on the shallow water caridean shrimps of the Gulf of California, Mexico. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.* 13: 1-59.
- Wicksten, M. K. 1989. *Hippolyte zostericola* (Crustacea: Decapoda) in the eastern Pacific. *Proceedings of the Biological society of Washington*. 102(3): 644-645.
- Wicksten, M. K. 1990. Key to the hippolytid shrimp of the Eastern Pacific Ocean. *Fishery Bull.* 88: 587–598.
- Wicksten, M. K. 2005. Hippolytid Shrimps. *En: Hernández Aguilera, J. L., J. A. Ruiz-Nuño, R. E. Toral Almazán and V. Arenas Fuentes (Ed.). Camarones, langostas y cangrejos de la costa este de México. Volumen 1. Estudio y Conservación de la Naturaleza y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99-118 p.*
- 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.* 550 p.
- Wilson, G. D. F. 1991. Functional morphology and evolution of isopod genitalia. In: *Bauer R. T. y J. W. Martin (Ed.). Crustacean Sexual Biology. Columbia University Press, New York/Oxford. 228–245 p.*
- Wilson, G. D. F. y G. D. Edgecombe. 2003. The Triassic isopod *Protamphisopus wianamattensis* (Chilton) and comparison with extant taxa (Crustacea, Phreatoicidea). *Journal of Paleontology*. 77: 454-470.
- Yáñez, C. A. 1963. Batimetría, salinidad, temperatura y distribución de los sedimentos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. *Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*. 67(1): 1-47.

- Yáñez-Arancibia, A. y J. W. Day Jr. 1982. Ecological characterization of Términos Lagoon, a tropical lagoon-estuarine system in the Southern Gulf of Mexico. *Oceanologica Acta*. No SP: 431-440.
- Yáñez-Arancibia, A., A. L. Lara-Domínguez, P. Sánchez-Gil, H. Álvarez-Guillén, G. Soberón Chávez y J. W. Day Jr. 1988. Dinámica de las comunidades neotónicas costeras en el sur del Golfo de México. En: Yáñez–Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Ed.). *Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos*. Universidad Nacional Autónoma de México: 357–379 p.
- Zaouali, J., J. Ben-Souissi, B.S. Galil, C. d Údekem-d’Acoz y A. Ben-Abdallah. 2007. Grapsoid crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) new to the Sirte Basin, south-ern Mediterranean Sea the roles of vessel traffic and climate change. *Marine Biodiversity*. 1: e73. DOI: 10.1017/S1755267207007701.
- Zimmer, M. 2002. Nutrition in terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea): an evolutionary-ecological approach. *Biological Reviews*. 77: 455–493.
- Zimmer, M. y S. Bartholme. 2003. Bacterial endosymbionts in *Asellus aquaticus* (Isopoda) and *Gammarus pulex* (Amphipoda) and their contribution to digestion. *Limnology and Oceanography*. 48: 2208–2213.
- Zuk, M. y A. M. Stoehr. 2002. Immune defense and host life-history. *The American Naturalist*. 160: S9-S22.