



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ANÁLISIS DIFERENCIAL DE LA FECUNDIDAD DE *BOPYRINA ABBREVIATA* (RICHARDSON, 1904), ISÓPODO PARÁSITO DE *HIPPOLYTE ZOSTERICOLA* (SMITH, 1873) EN LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO”.**

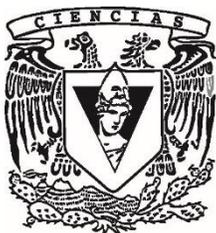
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA  
TIERRA**

**P R E S E N T A:**

**EMILIANO TONATIUH PADILLA ROBLES**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. EN C. JOSÉ LUIS BORTOLINI ROSALES**

**Cd. Mx. 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



## **Agradecimientos**

Al **M. en C. José Luis Bortolini Rosales** por la dirección de la tesis e infinita paciencia para que hiciera posible la culminación de este trabajo. Por todo su apoyo y asesoría

A la **Dra. María del Pilar Alonso Reyes**, por su ayuda en el procesamiento de datos.

Al **Dr. Rodolfo Omar Arellano Aguilar**, por su ayuda para enfocar la tesis con el perfil de un licenciado en Ciencias de la Tierra y por su asesoría.

A la **M. en C. Ivette Ruiz Boijseauneau**, por tomarse el tiempo de revisar este trabajo y realizar las correcciones necesarias.

A la **M. en C. Elizabeth Mayen Peña**, por su apoyo para la culminación del trabajo y por sus comentarios y sugerencias.

A la **M. en C. Verónica Aguilar Zamora**, por la edición del mapa.

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

A la **Universidad Autónoma de México**, por la educación de alta calidad que ofrece y permitirme formarme como científico.

A la **Facultad de Ciencias**, por ser mi segunda casa por tanto tiempo, alimentarme, ayudarme a crecer y porque ahí conocí a la mayoría de mis mejores amigos.

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

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada a mi familia que es mi guía, mi sostén y un ejemplo a seguir. Sin su ayuda, nada de lo que he logrado en mi vida sería posible. Gracias por su paciencia y por todo el amor que me brindaron durante este periodo. Por confiar en mí incluso después de retrasar tanto este proceso.

A mi madre, que siempre me ha enseñado a ser una mejor persona y a perseguir mis sueños. Por su amor y apoyo incondicional. Por sacarnos siempre adelante y darlo todo por sus hijos. No podría estar más orgulloso de la mujer y madre que eres.

A mi padre, que sembró en mí la pasión por la biología y la naturaleza y que, a pesar de no verlo tan seguido, siempre me estuvo apoyando y preguntando si necesitaba algo. Por su amor incondicional y su apoyo en todas las etapas de mi vida, tanto personales como profesionales.

A mi hermana, que ha sido mi mejor amiga desde pequeña y que me entiende mejor que cualquier otra persona en el mundo. Por quitarme la presión y tristeza de los hombros cuando estaba cansado de todo. Por todas las veces que fue la luz en medio de la tormenta.

A mi hermano, que me motiva todos los días con su ejemplo a esforzarme más en todo lo que hago. Porque a pesar de que no tengamos la facilidad de la palabra, me demuestra que me ama y que lo daría todo por mí. Por su amistad y por facilitarme la vida siempre que ha podido.

A mis mejores amigos de la carrera: Diego, Cheche, Mata, Karen, Elisa, Daniel y Astrid, por motivarme a salir a delante y aliviar tantos años de mi vida. Por las risas, salidas, consejos, viajes e incontables experiencias vividas. Me considero extremadamente afortunado de haberlos conocido y que sean parte de mi vida.

A Frida, que ha sido mi mejor amiga desde hace más de 10 años. Porque a pesar de vivir a varios estados de distancia, siempre me apoyó, me dio su cariño, sus consejos y jamás dejó de subirme los ánimos cuando la necesitaba. Por ser siempre honesta y decirme lo que necesito y no lo que quiero escuchar.

A mi familia de Querétaro, que fue donde pasé los primeros dos años de mi carrera. Por darme una casa donde vivir, comida, su cariño y su amor. A Didis, mi abuela Lucha, Iñaki y Eugenia,

porque sin ustedes ni siquiera hubiera podido empezar mis estudios como científico de la tierra y no estaría donde estoy.

A Ari, por su ejemplo a seguir, su amor incondicional, su amistad y su manera de cambiar mi vida.

Jamás había conocido a una persona tan disciplinada, entregada, profesional y bondadosa.

Por todas las veces que me sacó adelante y me motivó a seguir esforzándome. Por introducirme a un nuevo mundo de personas maravillosas que mejoraron estos últimos meses de mi vida. No puedo expresar lo agradecido que estoy por haberte conocido.

Por la amistad que me brindaron todas aquellas personas que no pude mencionar, pero que me brindaron toda su ayuda, alegría, ánimo y cariño en este largo trayecto.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	6
FECUNDIDAD	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	15
OBJETIVOS	15
HIPÓTESIS	15
MATERIAL Y MÉTODO	16
ÁREA DE ESTUDIO	16
TRABAJO DE LABORATORIO	22
TRABAJO ESTADÍSTICO	23
ESTRUCTURA DE LAS BASES	23
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	23
ANÁLISIS DE REGRESIÓN	24
PRUEBAS DE $T$	25
RESULTADOS	26
FECUNDIDAD DE <i>Bopyrina abbreviata</i>	27
RELACIÓN DE LOS MACHOS DE <i>Hippolyte zostericola</i> vs HEMBRAS PARÁSITAS DE BOPYRINA ABBREVIATA	29
REGRESIONES	30
RELACIÓN DE LAS HEMBRAS DE <i>Hippolyte zostericola</i> vs HEMBRAS PARÁSITAS DE <i>Bopyrina abbreviata</i>	35
COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE LONGITUD DEL CAPARAZÓN (LC) OBTENIDOS EN HUÉSPEDES <i>Hippolyte zostericola</i> MACHO (AZUL) Y HEMBRA	40

(ROSA) vs NÚMERO DE HUEVOS (LT DE LA HEMBRA PARÁSITA <i>Bopyrina abbreviata</i> )	
COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE LONGITUD DEL CAPARAZÓN (LC) OBTENIDOS EN HUÉSPEDES <i>Hippolyte zostericola</i> MACHO (AZUL) Y HEMBRA (ROSA) vs LA LONGITUD TOTAL (LT DE LA HEMBRA PARÁSITA <i>Bopyrina abbreviata</i> )	43
PRUEBAS DE <i>T</i> PARA DOS MUESTRAS SUPONIENDO VARIANZAS IGUALES	48
DISCUSIÓN	51
RELACIÓN DE LC DE <i>Hippolyte zostericola</i> VS LT DE <i>Bopyrina abbreviata</i>	51
RELACIÓN DEL LARGO TOTAL (LT) DE LAS HEMBRAS PARÁSITAS DE <i>Bopyrina abbreviata</i> Y EL NÚMERO DE HUEVOS PUESTOS	52
CONCLUSIONES	56
LITERATURA CITADA	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Bopyrina abbreviata</i> hembra (A) y macho (B) (Richardson, 1904)	7
<b>Figura 2.</b> <i>Hippolyte zostericola</i> (Smith, 1873).	8
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de dos relaciones entre un carácter morfológico vs la fecundidad del organismo. A, Longitud total vs fecundidad; B, Peso total vs fecundidad	11
<b>Figura 4.</b> Relación entre la longitud total de la hembra de <i>T. capensis</i> vs fecundidad	12
<b>Figura 5.</b> Laguna de términos. El sitio de colecta está representado por el marcador de la estrella negra	22
<b>Figura 6.</b> Cantidad de organismos machos y hembras de <i>Hippolyte zostericola</i> colectados y analizados	26
<b>Figura 7.</b> Valor mínimo mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes machos y hembras de <i>Hippolyte zostericola</i>	28
<b>Figura 8.</b> Valor máximo mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes machos y hembras de <i>Hippolyte zostericola</i> .	28
<b>Figura 9.</b> Valor promedio mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes machos y hembras de <i>Hippolyte zostericola</i>	29
<b>Figura 10.</b> Relación de la Longitud del caparazón (LC) de <i>Hippolyte zostericola</i> macho vs Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> por fecha de colecta	32
<b>Figura 11.</b> Relación de la Longitud del caparazón (LC) de <i>Hippolyte zostericola</i> macho vs Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> en la población total	33
<b>Figura 12.</b> Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> vs el Número de huevos (#Huevos) por fecha de colecta asociadas a huéspedes <i>Hippolyte zostericola</i> macho	34
<b>Figura 13.</b> Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> vs el Número de huevos (#Huevos) en la población total asociadas a huéspedes <i>Hippolyte zostericola</i> macho	35
<b>Figura 14.</b> Relación de la Longitud del caparazón (LC) de <i>Hippolyte zostericola</i> hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> por fecha de colecta	38

<b>Figura 15.</b> Relación de la Longitud del caparazón (LC) de <i>Hippolyte zostericola</i> hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> en la población total	39
<b>Figura 16.</b> Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> vs el Número de huevos (#Huevos) por fecha de colecta asociadas a huéspedes <i>Hippolyte zostericola</i> hembra	41
<b>Figura 17.</b> Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) <i>Bopyrina abbreviata</i> vs el Número de huevos (#Huevos) en la población total asociadas a huéspedes <i>Hippolyte zostericola</i> hembra	42
<b>Figura 18.</b> Comparación mensual entre LC de machos y hembras huésped vs LT de la hembra de <i>Bopyrina abbreviata</i>	44
<b>Figura 19.</b> Comparación global entre LC de machos y hembras huésped vs LT de la hembra de <i>Bopyrina abbreviata</i>	45
<b>Figura 20.</b> Comparación mensual entre LC de machos y hembras huésped vs Número de huevos observados en los osteguitos de la hembra de <i>Bopyrina abbreviata</i>	47
<b>Figura 21.</b> Comparación global entre LC de machos y hembras huésped vs Número de huevos observados en los osteguitos de la hembra de <i>Bopyrina abbreviata</i>	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Organismos <i>Hippolyte zostericola</i> muestreados y analizados por fecha de colecta. C, colectados en cada una de las fechas; A, analizados; N, número de organismos muestreados; (%), porcentaje de la población total	26
<b>Tabla 2.</b> Medidas mínimas, máximas y promedio de la longitud del caparazón de <i>Hippolyte zostericola</i> tanto en huéspedes machos como en huéspedes hembras	27
<b>Tabla 3.</b> Datos de la relación de machos de <i>Hippolyte zostericola</i> (Huésped) vs <i>Bopyrina abbreviata</i>	29
<b>Tabla 4.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs LT de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes macho	30
<b>Tabla 5.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs Número de huevos de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes macho	33
<b>Tabla 6.</b> Datos de la relación de hembras de <i>Hippolyte zostericola</i> (Huésped) vs <i>Bopyrina abbreviata</i>	36
<b>Tabla 7.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs LT de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes hembra	37
<b>Tabla 8.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs Número de huevos de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes hembra	40
<b>Tabla 9.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs LT de <i>Bopyrina abbreviata</i> huéspedes hembra y machos	43
<b>Tabla 10.</b> Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de <i>Hippolyte zostericola</i> vs Número de huevos de <i>Bopyrina abbreviata</i> en huéspedes hembra y machos	46
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la prueba <i>t</i> para dos muestras suponiendo varianzas iguales, utilizando los datos de LT de las hembras parásitas asociadas a huéspedes “grandes” de ambos sexos de <i>Hippolyte zostericola</i>	49
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la prueba <i>t</i> para dos muestras suponiendo varianzas iguales, utilizando los datos del número de huevos de parásitos asociados a huéspedes machos y hembras “grandes” de <i>Hippolyte zostericola</i>	50

## RESUMEN

*Bopyrina abbreviata* ha sido estudiada anteriormente por su relación simbiótica con la especie *Hippolyte zostericola*. Sin embargo, los trabajos en la literatura especializada en los cuales se estudió y analizó la fecundidad y los aspectos reproductivos de *B. abbreviata* son muy pocos. Por lo antes expuesto, este trabajo tiene como objetivo determinar la posible relación entre la talla de *B. abbreviata*, isópodo parásito epicarideo y su fecundidad. Para poder realizar este estudio, se utilizaron muestras recolectadas entre octubre del 2012 y noviembre del 2013 en la Laguna de Términos, Campeche, México. De estas muestras, se registraron en una base de datos tanto las tallas del largo total de *B. abbreviata* así como las de longitud del caparazón su huésped, *Hippolyte zostericola*; y el número de huevos de cada hembra ovígera. Con esto, se realizó un análisis estadístico y se obtuvieron resultados de la relación previamente mencionada. Los registros fueron hechos con una periodicidad mensual como global. Al contar con la talla total de cada organismo parásito y la talla de caparazón de su huésped hembra, se realizó un análisis estadístico secundario, en el cual se compararon ambas tallas de dichos organismos para determinar si existe una relación entre la talla de *B. abbreviata* con su huésped, *H. zostericola*. Asimismo, se establece la importancia social y económica de estas especies en la Laguna de Términos y las afectaciones que la especie parásita puede provocar tanto a la especie hospedera, como al sector pesquero y económico de la región. Los resultados obtenidos muestran que hay una relación positiva entre la talla del organismo huésped y el parásito, así como la relación entre el tamaño del hospedero y el número de huevos que pueden poner las hembras parásitas (fecundidad). Estos resultados nos proporcionan un mejor entendimiento de la dinámica que existe entre estas dos especies.

**Palabras clave:** *Bopyrina abbreviata*, fecundidad, *Hippolyte zostericola*, parásito.

## ABSTRACT

*Boppyrina abbreviata* has been previously studied for its symbiotic relationship with the species *Hippolyte zostericola*. However, works in specialized literature in which the fecundity and reproductive aspects of *B. abbreviata* are studied and analyzed are very few. Due to the above, this work aims to determine the possible relationship between the size of *B. abbreviata*, an epicaridean parasitic isopod, and its fecundity. In order to carry out this study, samples collected between October 2012 and November 2013 in Laguna de Terminos, Campeche, Mexico were processed. From these samples, both the total length sizes of *B. abbreviata* as well as the carapace length of its host, *Hippolyte zostericola*, were recorded in a database; as well as the number of eggs of each ovigerous female. With these measurements, a statistical analysis was performed and results of the previously mentioned relationship were obtained. The records were made on a monthly and global basis. Having the total size of each parasitic organism and the carapace length of its female host, a secondary statistical analysis was carried out, in which both sizes of said organisms were compared to determine if there is a relationship between the size of *B. abbreviata* with its host, *H. zostericola*. Additionally, the social and economic importance of these species in Laguna de Terminos and the effects that the parasitic species can cause both to the host species, as well as to the fishing and economic sector of the region are established. The results obtained show that there is a positive relationship between the size of the host organism and the parasite, as well as the relationship between the size of the host and the number of eggs that the parasitic females can lay (fecundity). These results provide us with a better understanding of the dynamics that exist between these two species.

**Key words:** *Boppyrina abbreviata*, fecundity, *Hippolyte zostericola*, parasite.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Bopyrina abbreviata* ha sido estudiada anteriormente por su relación parasitaria con la especie *Hippolyte zostericola*. Sin embargo, son casi inexistentes los trabajos en los cuales se estudie y analice la fecundidad y los aspectos reproductivos de *B. abbreviata*. Esta investigación tiene como objetivo determinar la posible relación entre la talla del organismo parásito *B. abbreviata* y su fecundidad.

En el capítulo de antecedentes se describen los diferentes Phylum, la historia y características de las especies presentes en este trabajo.

*Hippolyte zostericola* es importante como un meso herbívoro, ya que transfiere energía vía biomasa entre los productores primarios y los consumidores secundarios superiores, pues esta especie es consumida por la mayoría de los eslabones carnívoros superiores del lugar debido a que es muy dominante en la vegetación y los pastos sumergidos.

La tasa de reproducción y crecimiento en los pastos marinos, así como la tasa de forrajeo modifican la estructura y modificación de sus epífitas y son el recurso alimentario más frecuente y de mayor valor para los herbívoros asociados con este hábito. Los organismos forrajeros son facilitadores de salud de los pastos marinos pues permiten su crecimiento y supervivencia dado que regulan la composición, abundancia y crecimiento de algas epífitas que compiten con ellos; así mismo se enlazan con los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia.

Los invertebrados carideos junto con los gasterópodos, anfípodos e isópodos son denominados meso herbívoros y regulan las poblaciones de epífitas y se destacan por su alto consumo de ellas. Los carideos son dominantes en la Laguna de Términos donde *Hippolyte zostericola* es el más importante en densidad, sus actividades de forrajeo reducen la mortalidad de los pastos, pues mantienen las hojas limpias de epífitas y de sedimento fino. Son controladores del crecimiento algal epifito y como un medio de transferencia de energía desde las epífitas a los niveles de los altos consumidores

*Hippolyte zostericola* es una especie omnívora que forrajea material vegetal principalmente epífitas filamentosas y diatomeas. Domina en su abundancia en los sustratos de la Laguna de Términos y en los principales sistemas estuarinos del golfo de México. Proporciona biomasa disponible para un gran número de peces juveniles residentes y transitorios, que son consumidores de los ambientes de pastos marinos y al crecer se vuelven de importancia comercial o son alimento para peces de importancia comercial pesquera.

Aunque es un forrajero activo de epífitas de pasto marino, pues estas son más del 55% de su alimento, también se le considera un omnívora pues su dieta puede ser de material animal. Así, estos organismos ocupan un intervalo específico del nicho de alimentación en las praderas de pastos al constituir un eslabón importante en esta trama trófica (Barba *et al.*, 1984)

Se explican los diferentes tipos de fecundidad que han sido utilizados en artículos y trabajos biológicos y se establece el tipo de fecundidad que será utilizado en este estudio. También se definen las diferentes características reproductivas de los organismos, tanto la estrategia r como la estrategia k y se introduce el paradigma clásico que indica que las especies más cercanas al ecuador tienen eventos reproductivos más continuos.

En el capítulo de antecedentes, se describen algunos artículos previos donde se investiga la correlación entre el tamaño de diferentes especies de isópodos con su fecundidad. Se presentan trabajos donde la correlación fue positiva y otros donde no se encontró esta correlación.

En los objetivos e hipótesis, se presentan los objetivos establecidos en este trabajo, tanto generales como particulares, así como la hipótesis del mismo, la cual es que a mayor tamaño de organismos hospederos, mayor cantidad de huevos producidos por la hembra parásita.

En el material y método, se describe el área de estudio, la cual es la laguna de Términos. Se describen sus características fisicoquímicas, el clima presente, las especies que habitan en esta zona y los criterios por los cuales la laguna de Términos está considerada como una zona RAMSAR. También se describe el trabajo realizado en el laboratorio y el trabajo estadístico que se llevó a cabo con las bases de datos creadas con las características de los organismos.

Los resultados incluyen los aspectos poblacionales obtenidos por medio del trabajo estadístico, la fecundidad obtenida tanto por sexo del huésped de manera mensual, así como de manera global. Se presentan los resultados obtenidos en las diferentes correlaciones entre los dos sexos de huéspedes y sus parásitos, las gráficas obtenidas de estas correlaciones y las pruebas de *t*, que fueron utilizadas para determinar si el sexo y talla de los huéspedes es un factor que contribuye a que la fecundidad de las hembras y su tamaño sea mayor o menor.

En la discusión se explican los resultados obtenidos en las tablas y correlaciones y se comparan con los resultados obtenidos en trabajos previos hechos en especies de este mismo Phylum.

El análisis de la biología reproductiva de estas especies es parte del entendimiento del equilibrio y periodicidad poblacional. El conocer el tipo de estrategia de reproducción de las

especies de estos crustáceos analizando sus variaciones y relación (en este caso con sus parásitos) resulta de importancia pues estas variaciones afectan su abundancia y su potencial reproductivo lo cual puede afectar la explotación comercial de las especies de peces que se alimentan de ellos.

La asociación de la estrategia reproductiva (que en este caso es la  $k$ ) con otros factores cómo son los parásitos y en qué forma se dan en esta parte del ciclo biológico del crustáceo ayuda a conocer y adoptar medidas de manejo y a tener conocimiento de aspectos claves que pueden afectar la producción, reproducción y población de estos crustáceos que son parte importante de la dieta de peces de importancia pesquera (Laffon-Leal *et al.*, 2019)

Por último, en las conclusiones se presentan los resultados obtenidos tanto en el análisis poblacional como en el análisis de fecundidad y estos son comparados con la hipótesis inicial.

## ANTECEDENTES

### Biología del organismo

El subphylum Crustacea (Brusca *et al.*, 2016) comprende organismos caracterizados por poseer un cefalón de cinco segmentos, con dos pares de antenas, un par de mandíbulas y dos pares de maxilas; muestran una tendencia a fusionar los segmentos de la cabeza para formar un escudo cefálico y desarrollar de la parte posterior del cefalón un escudo dirigido posteriormente sobre el cuerpo (caparazón); exhiben una tendencia a regionalizar los segmentos del cuerpo en distintos tagmas y en una especialización de los apéndices asociados.

Su desarrollo, típicamente, comienza con una larva o estado ontogénico llamado *nauplius* (en latín) o nauplio. Los crustáceos tienen una preferencia definida a condiciones marinas. A pesar de eso, pocos son los hábitats en el planeta en donde no se observe la presencia de estos organismos.

Constituyen uno de los principales grupos zoológicos del medio acuático y ocasionalmente se les encuentra en el medio terrestre; son integrantes importantes de las comunidades marinas, salobres y de agua dulce; son muy apreciados como recurso en la economía del hombre ya que tienen un gran valor gastronómico, además, frecuentemente se les encuentra en el contenido estomacal de peces que tienen importancia económica (Boschi, 1964).

Dentro del subphylum Crustacea, se encuentra el infraorden Caridea, estos organismos se caracterizan por tener el caparazón fusionado con el tórax. La mayoría de las especies tienen sexos separados aun cuando se observa el hermafroditismo en algunos grupos. El apareamiento ocurre inmediatamente o poco después de que la hembra muda el exoesqueleto (Schram, 1986).

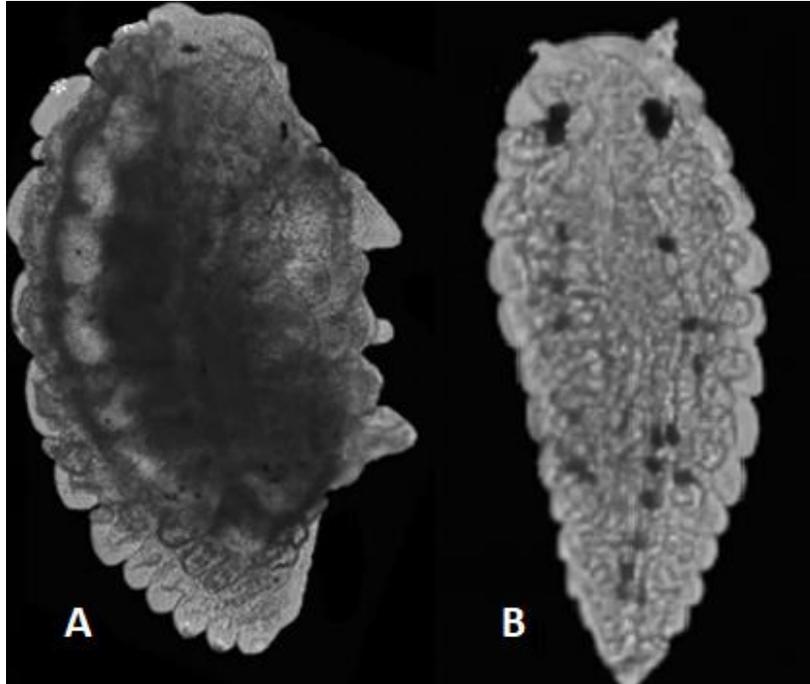
Otro Orden dentro de los crustáceos es Isopoda. Los organismos de este taxón carecen de caparazón y tienen los ojos sésiles o no pedunculados. Exhiben la mayor diversidad en plan corporal entre todos los demás crustáceos (Schram, 1986).

El primer registro de un isópodo bopyrido fue el hecho por Deslandes en 1724, el cual era un parásito infestando un camarón en Francia, pero fue hasta el año 1802 cuando Latreille propuso el nombre *Bopyrus* para describir a ciertas especies, aunque después cambió el nombre a *Squillarum*. La familia Bopyridae (*sensu stricto*, no incluye a Entoniscidae y Dajidae), es la familia que más especies tiene (672 especies), son parásitos epicarideos los cuales se asocian a crustáceos decápodos (Boyko y Williams, 2009).

Hasta ahora se han registrado 28 especies de isópodos bopyridos infestando camarones carídeos en el océano Atlántico Noroeste; aunque varios fueron descritos incorrectamente y asignados a otro género. El artículo “Memoirs of the hourglass cruises”, publicado por el Departamento de Recursos Naturales de Florida, plantea con base en muestras de organismos tomadas en diferentes zonas del Océano Atlántico Noroeste que existen 37 especies, en vez de sólo 28 (Markham, 1985).

La especie *Bopyrina abbreviata* fue descrita por primera vez por Richardson en 1904 en el trabajo “Contributions to the natural history of the Isopoda”, en el cual, describe a los organismos por su morfometría: el cuerpo de la hembra adulta muy asimétrico por tener un lado más largo que el otro; color blanco con algunos puntos negros esparcidos por la superficie dorsal y; los segmentos del tórax se encuentran claramente distinguidos. Dicho nombre fue dado a la especie debido a que su primer lamelo del marsupio se encuentra “abreviado” (Richardson, 1904) (Figura 1).

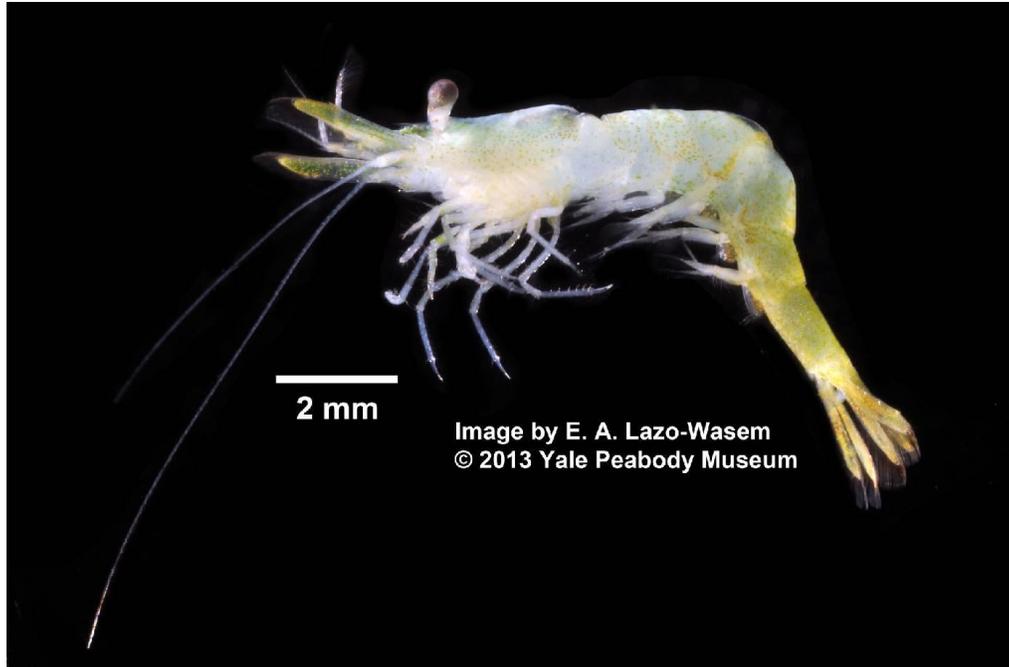
*Bopyrina abbreviata* ha sido reportado en tres hospederos carídeos diferentes: *Hippolyte obliquimanus*, *H. pleuracanthus* e *Hippolyte zostericola*. Sin embargo, dentro de los límites de la república mexicana, *B. abbreviata* solamente se encuentra parasitando a *H. zostericola* en la Laguna de Términos en el estado de Campeche, México (Romero-Rodríguez, 2013).



**Figura 1.** *Bopyrina abbreviata* hembra (A) y macho (B) (Richardson, 1904). Tomado de: Tomado de Romero-Rodríguez (2016).

*Hippolyte zostericola* es un camarón carideo de la familia Hippolytidae y ocupa el lugar del huésped en la relación simbiótica-parasitaria con *Bopyrina abbreviata* (Isopoda: Epicaridea: Bopyridae). Los bopyridos han sido estudiados desde los años 1700 en donde primero fueron caracterizado como un pez, luego como un insecto y finalmente como un isópodo (Markham 1974).

Tiene expansión lateral setosa en la base del exópodo, el tercer maxilípodo posee de tres a cinco segmentos, uno de los primeros dos pereiópodos es predominantemente quelado, sus branquias son filobranquiadas, las pleurobranquias aparecen antes de las artrobranquias en la ontogenia, tiene pleópodos típicamente con apéndices internos y masculinos, la pleura del segundo segmento abdominal sobrelapa al primer y tercer segmento, se observan cuidados parentales pues los huevos son llevados y cuidados en los pleópodos de la hembra hasta el momento de su eclosión (Schram, 1986).



**Figura 2.** *Hippolyte zostericola* (Smith, 1873). Tomado de Yale, Peabody Museum of Natural History (2013).

### **Fecundidad**

El análisis de la biología reproductiva de las especies y su red trófica es de fundamental importancia para el manejo de las actividades pesqueras. El conocer la estrategia de reproducción de las especies de crustáceos (en este caso *Hippolyte zostericola*), permite analizar sus variaciones en función del clima, de sus parásitos y ajustar a estas la actividad pesquera. Estas variaciones afectan su abundancia y su potencial reproductivo, lo cual puede afectar su explotación comercial. La asociación de la estrategia reproductiva que en esta especie es k, con otros factores cómo son los parásitos y en qué forma interactúan en esta parte del ciclo biológico del crustáceo, ayuda adoptar medidas de manejo y a tener conocimiento de aspectos claves que pueden afectar la producción, reproducción y población de estos crustáceos que son parte importante a su vez de la dieta de peces de importancia pesquera (Militelli y Padín, 2021).

El tipo de estrategia reproductiva de los seres vivos permite conocer cómo es la dinámica de la vida y población de las diferentes especies. Dentro de estas dinámicas, existen dos muy conocidas dentro de la rama de la biología, las cuales son las estrategias r y k. La primera se caracteriza por tener una gran producción de ovocitos/embriones con una alta tasa de mortalidad en los primeros estadios del ciclo de vida, mientras que las especies con estrategia k se caracterizan por producir una menor cantidad de descendientes, los cuales suelen tener una mayor

sobrevivencia (Vázquez, 1995). En el caso de los crustáceos, como *Bopyrina abbreviata* o *Hippolyte zostericola*, la estrategia reproductiva preferencial es la r, por lo que el número de huevos producidos por puesta suele ser en grandes cantidades, sin embargo, esto también depende en cierto grado de la ubicación geográfica de la especie, la madurez sexual o la talla del organismo.

Esto ha sido demostrado para una gran variedad de especies, tanto así que se considera como un paradigma clásico el que las especies más cercanas a la línea del Ecuador tengan una tendencia de eventos reproductivos continuos, mientras que las especies que habitan a mayores latitudes presenten periodos reproductivos estacionales. Este es el caso de la especie *Farfantepenaeus aztecus*, según Van de Kerk (2016), “The effect of Latitudinal Variaton on Shrimp, Reproductive Strategies”. En este artículo se describen los estudios hechos a varias poblaciones de *F. aztectus* que habitaban en diversas latitudes. Como resultado, no solo se encontró que el paradigma clásico aplicaba para esta especie, sino también que la reproducción de la especie también era dependiente de las condiciones climáticas de la zona (van de Kerk, 2016).

Debido a la gran variabilidad en el número de descendientes que las especies pueden tener, los científicos han propuesto diferentes métodos que nos permiten medir la efectividad reproductiva de los organismos. Dos de estos métodos de medición son la fecundidad y la fertilidad.

El término fecundidad se puede definir de diferentes maneras; una de éstas es el número de huevos o crías producidos por la hembra. Así mismo, Barnes y Barnes (1968), la definen como el número de huevos producidos por el incremento en el peso del adulto por unidad de tiempo y se utiliza cuando se comparan diferentes especies que alcanzan diferentes tamaños en sus organismos adultos.

De acuerdo con Ramirez (2002), la fecundidad es el número total de crías producidas por la hembra en un cierto periodo, en esta definición, la unidad básica para medir la fecundidad son las crías, las cuales se pueden encontrar en las siguientes formas: oocitos, huevos, embriones, larvas y/o juveniles.

En la literatura, se pueden encontrar distintos tipos o definiciones de fecundidad, dependiendo de lo que se quiere medir. La fecundidad aparente, se refiere al número total de huevos puestos por hembra en solo un evento reproductivo (Scheltema, 1994). Se denomina “aparente”, ya que esta fecundidad sólo mide el número de huevos puestos en un instante y no mide la cantidad de huevos puestos durante toda la vida de la hembra.

Anger y Moreira (1998), distinguieron tres categorías para la fecundidad: la primera, la fecundidad potencial, que es el número total de huevos en el ovario, tomando en cuenta tanto a las células maduras como a las que están en desarrollo; la segunda, la fecundidad realizada, definida como el número total de huevos contenido entre los pleópodos de las hembras (en el caso de crustáceos) y; la tercera, la fecundidad actual, que es el número total de organismos eclosionados, y por lo tanto, relacionadas al éxito de la fertilización y la mortalidad de los embriones; para algunos autores este término se denomina fertilidad. Esta última mide la capacidad reproductiva real, es decir, únicamente toma en cuenta el número de nacimientos o eclosiones por unidad de tiempo en una población (Hardin, 1993; Rana, 2013). En otras palabras, la fecundidad mide el número de huevos por desovar o producidos por hembra, mientras que la fertilidad solo toma en cuenta el número de eclosiones de los mismos.

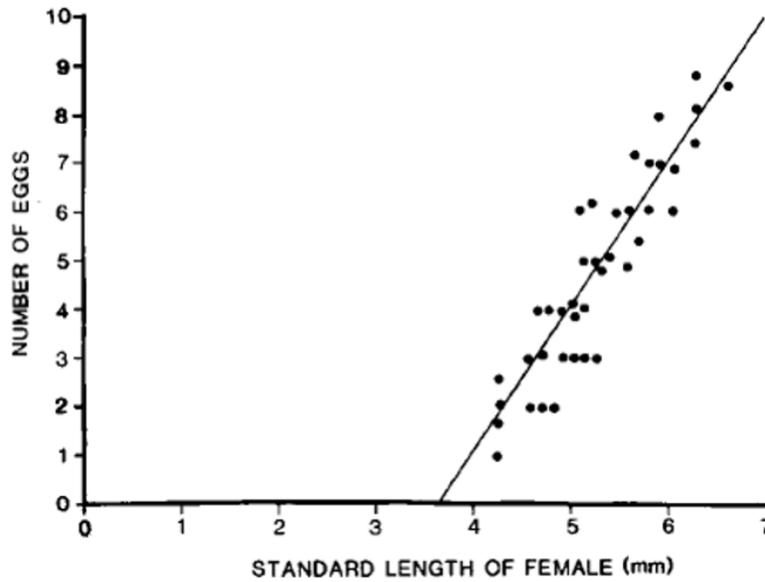
Para este trabajo y con base en lo establecido por Anger y Moreira (1998), se utilizará el término de fecundidad realizada ya que sólo se contabilizaron el número de huevos puestos entre los pleópodos del isópodo parásito en muestras fijadas.

Con lo anteriormente señalado, el objetivo de este estudio es analizar la relación que existe en el índice de fecundidad *Bopyrina abbreviata* Richardson, 1904 (Isopoda: Epidaridea: Bopyridae) parasitando a *Hippolyte zostericola* (Smith 1873) (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) en muestras colectadas en la Laguna de Términos, Campeche, México, durante el ciclo anual octubre/2012-noviembre/2013.

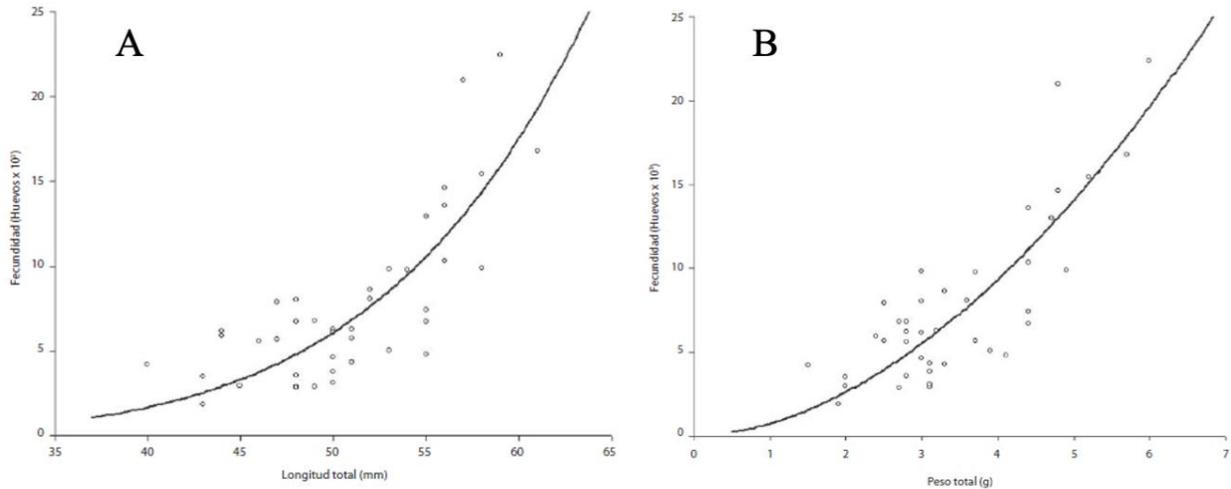
En cuanto a los trabajos de fecundidad de las especies parásitas de Isopoda se reconoce que existe una relación entre el tamaño de los organismos y su fecundidad o número de huevos producidos por las hembras en cada evento reproductivo. Puede observarse entonces, una relación lineal del volumen/tamaño/peso de la hembra y los huevos producidos, teniendo entonces una eficiencia reproductiva determinada. Esta relación tamaño-fecundidad no es exclusiva únicamente del orden Isopoda, otros órdenes de Crustacea también la presentan, como son los carideos.

A continuación, se mencionan algunos estudios en donde se obtuvo una relación entre la fecundidad y la talla de las hembras.

*Atya margaritacea*, quien fue estudiada por Sánchez *et al.* (2007). Los autores describen cómo la fecundidad está dada en función de su tamaño o peso y puede ser representada por un modelo exponencial, como puede apreciarse en la figura 3, donde se muestra la curva más aguda en la opción A y más lenta de crecimiento en la opción B.



**Figura 3.** Ejemplo de dos relaciones entre un carácter morfológico vs la fecundidad del organismo. A, Longitud total vs fecundidad; B, Peso total vs fecundidad. Tomado de Sánchez et al. (2007).



**Figura 4.** Relación entre la longitud total de la hembra de *T. capensis* vs fecundidad. Tomado de (van Senus, 1988).

*Talorchestia capensis*, perteneciente al Orden Amphipoda, cuya fecundidad fue analizada por van Senus (1988) y que se encuentra relacionada por una función lineal con la longitud total de la hembra. Para el caso de los isópodos, esta relación se tiene bastante documentada y ha sido estudiada por múltiples biólogos y para una gran cantidad de especies. En la figura 4 se observa el modelo lineal ajustado a los datos.

En *Sphaeroma hookeri* (Isopoda: Sphaeromatidae) (Kinne 1954; Jensen 1956), comprobaron que el número de huevos que la hembra desova puede tener una relación lineal, sólo que el largo del cefalotórax debe ser multiplicado a la tercera potencia para que esta relación funcione correctamente. El número de huevos de los malacostracos casi siempre va en relación con la función lineal de la longitud del cefalotórax. También se observó que el número de huevos de hembras de la misma especie y del mismo tamaño varían dependiendo del lugar donde éstas habitaban, así como de la temporada de reproducción. Incluso en algunos casos, como en *Mysis mixta* (Peracarida: Mysidae), también se comprobó que este disminuye con cada desove (edad del organismo) y la salinidad del sitio (Pennafirme y Soares-Gomez, 2009).

En 1999, Fonseca *et al.*, publicaron un trabajo acerca de la fecundidad de *Excireolana braziliensis*, donde se describe como por medio de un análisis estadístico se observó una relación entre la longitud total de las hembras y su fecundidad a través de una regresión lineal entre la longitud total de las hembras ovígeras con el número de embriones transportados, donde el coeficiente de correlación tiene un valor de  $r = 0.66$ .

En el 2001, Ramírez *et al.*, describen el análisis estadístico de *Anopsilana oaxaca*. En este análisis se obtuvo una relación positiva entre el largo total del isópodo y su fecundidad ( $r = 0.63$ ), así como entre la fertilidad y el largo total del isópodo ( $r = 0.70$ ).

Achouri *et al.*, (2002), analizaron la estructura poblacional *Porcelionides pruinosus* (Brandt, 1833) (Isopoda, Oniscidea) y determinaron que existe una relación significativa entre el tamaño de las hembras y la fecundidad, basado en 117 especímenes recolectados.

Montesanto *et al.* (2012), describieron los resultados obtenidos en estudios de *Porcellio siculoccidentalis*, entre los cuales se obtuvo que la fecundidad, estimada por el número de huevos en el marsupio, mostró una correlación positiva con el tamaño de la hembra ( $r = 0.85$ ), variando de 22 a 113 huevos. La fecundidad, estimada como el número de huevos en el marsupio, también mostró una correlación positiva con el tamaño de la hembra ( $r = 0.93$ ).

En el 2013, Sokolowicz y Araujo, estudiaron al isópodo *Benthana cairensis*. Como resultado de este estudio, se obtuvo que existe una correlación positiva entre el tamaño del cuerpo de la hembra y su fecundidad ( $r = 0.39$ ). También se mencionan que debido a que el desarrollo de las crías tiene lugar en un espacio limitado del cuerpo de la hembra, las hembras más grandes pueden tener mayor cantidad de crías. La relación positiva entre el tamaño de la hembra y el

tamaño de la cría ya ha sido documentada para muchas otras especies de isópodos terrestres (Sutton *et al.*, 1984; Achouri *et al.*, 2003; Quadros *et al.*, 2009).

En el año 2013, Romero-Rodríguez y Román-Contreras, describen el estudio realizado a la especie *Bopyrina abbreviata*, donde por medio de análisis estadísticos se obtuvo que existía una correlación positiva entre la longitud total del isópodo y el número de embriones ( $r^2 = 0.57$ ).

Sin embargo, no siempre existe este tipo de relación directa entre la talla de los organismos hembra y la fecundidad observada en isópodos. En 1994, Marques *et al.*, realizaron un estudio en donde se describe la dinámica de población de *Cyathura carinata*, por medio de un análisis estadístico concluyeron que para esta especie no se observó una correlación significativa entre el tamaño de la hembra y el número de óvulos en los ovarios.

En 1994, Soong y Mok, describen múltiples estudios a una población muestra del isópodo *Bathynomus doederleini*, entre los cuales uno de ellos fue un análisis de la relación de la fecundidad con el tamaño de los organismos. Se concluyó que no se encontró una relación significativa entre la longitud corporal y el peso del ovario ( $r^2 = 0.08$ ).

En 2001, Muñoz describe los estudios realizados por medio de un análisis estadístico. Se obtuvo que para los isópodos bopíridos *Ione ovata* e *Ionella agassizi* no existe una relación significativa entre el peso de los individuos y su fecundidad.

Por otro lado, en la literatura no solo existe información referente a la fecundidad de los isópodos o bopyridos, sino que también hay información acerca de otras características poblacionales, entre las cuales se encuentran la proporción sexual y la diferencia de tamaño que se puede observar entre sexos.

En 2014, Romero-Rodríguez, describe los aspectos poblacionales y reproductivos de *Bopyrina abbreviata*. Para esto, trabajó con muestras recolectadas de junio de 2009 a abril de 2010, donde se encontró que la proporción de organismos parasitados está sesgada hacia los machos huésped (*Hippolyte zostericola*), la distribución de tallas por sexo es propia de una población gonocórica, pues la mayor presencia de machos se da entre 0.8 mm a 1.54 mm de longitud del caparazón (LC), mientras que las hembras son más numerosas en clases de tallas mayores, y pueden alcanzar hasta 3.52 mm de LC.

Existe la evidencia de que algunos hospederos de Isópodos, tienen una marcada diferencia de tamaños dependiendo de su sexo. En 2002, Fiedler, describe los resultados obtenidos en los estudios realizados en *Hymenocera picta*, entre los cuales se obtuvo que las hembras sin pareja

fueron, en promedio, 22% más grandes que las que tenían un macho como pareja al inicio de su pubertad. Por lo tanto, las hembras sin pareja utilizan más energía para crecer, a expensas del desarrollo reproductivo (Fiedler, 2002).

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **Objetivos:**

#### **General.-**

Establecer la relación entre tamaño y la fecundidad del isópodo parásito *Bopyrina abbreviata* en organismos de machos y hembras de *Hippolyte zostericola* durante el periodo comprendido entre octubre del 2012 y noviembre del 2013.

#### **Particulares.-**

- 1.- Analizar el grado de parasitismo diferenciado de *Bopyrina abbreviata* en machos y hembras de *Hippolyte zostericola* en la Laguna de Términos, Campeche, estableciendo una correlación de talla Huésped/Parásito de manera mensual y global.
- 2.- Establecer los valores de fecundidad de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes macho y hembra de *Hippolyte zostericola*.
- 3.- Establecer la correlación de talla Huésped (*Hippolyte zostericola*) / Parásito (*Bopyrina abbreviata*) mensual y global.

### **Hipótesis**

Partiendo de la información de que existe una diferencia significativa en las tallas de machos y hembras de la especie huésped y con esto una diferencia en la capacidad de las cámaras branquiales que albergan al parásito y que, por otro lado, la talla del parásito determina los valores de fecundidad, la hipótesis en este trabajo es que existirá una diferencia de estos valores en las hembras *Bopyrina abbreviata* que se encuentran parasitando a los dos sexos, observándose así una fecundidad diferenciada de la misma especie de parásito con tamaños diferentes de huésped.

Esta hipótesis fue establecida con base en resultados obtenidos en estudios previos con otras especies de crustáceos, donde se observó una relación existente entre el tamaño del parásito y el número de huevos de este, así como también entre el tamaño del huésped y su organismo parásito.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Área de estudio**

El trabajo de esta tesis se realizó con organismos recolectados en la Laguna de Términos, en el estado de Campeche, México. Esta es la laguna más meridional de la costa atlántica del país. Se encuentra en la porción suroeste de Campeche y tiene un área aproximada de 1,900 Km<sup>2</sup> incluyendo las lagunas de Pom, Atasta, Puerto Rico, del Este y Palau. A ésta desembocan numerosos ríos que le proporcionan gran cantidad de sedimentos, que junto con los marinos constituyen nutrientes de importancia y ayudan a mantener una vasta fauna lacustre principalmente de moluscos y peces (Coll, 1971).

Fue constituida en febrero del 1994 como un “Área de protección de flora y fauna” por parte de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Los límites del área de protección incorporan partes de las cuencas bajas de los ríos Candelaria, Chumpan y Palizada y colindan con la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (Bach *et al.*, 2005).

El decreto para la elaboración de un Programa de Manejo de la Laguna de Términos fue emitido en 1994, y el Programa de Manejo se publicó en diario oficial y en texto como “Programa de manejo del área de protección de flora y fauna para la Laguna de Términos” el día 4 de junio de 1997, por la Secretaria de Medio Ambiente Julia Carabias y estando elaborado por el Instituto Nacional de Ecología, como una estrategia para planificar acciones, decisiones y proyectos, combinando la conservación, investigación y el desarrollo económico así como el aprovechamiento de los recursos naturales y promoviendo el desarrollo sustentable del país. (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

En nuestro país, el tratado intergubernamental que enmarca el uso racional y conservación de los humedales más importantes del mundo se aprobó por la Cámara de Senadores el 20 de diciembre de 1984, publicándose en el Diario Oficial de la Federación los días 24 de enero y 18 de junio de 1985. En ese momento se asignó la primera zona Ramsar del país: la reserva de la biosfera Río Lagartos, en el estado de Yucatán (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2019). La Laguna de Términos fue designada en el 2004 como una “zona Ramsar”, a nivel internacional, por su importancia ecológica de impacto mundial (Ficha Informativa de los Humedales Ramsar, 2003).

Laguna de Términos representa el cuerpo de agua de mayor volumen del Golfo de México. Es importante debido a que forma parte del delta de la principal cuenca hidrológica del país y cuyo volumen es el mayor en México en cuanto a descarga.

Su conexión con el mar, los sistemas fluviales que se le asocian, las praderas de pastos sumergidos y sus bosques de manglar forman ambientes definidos como críticos, por lo que es necesario protegerla debido a que es afectada también por usos agrícolas, ganaderos, pesqueros y urbanos. Sus manglares se consideran los más representativos del Golfo y el Caribe de México (Ficha Informativa de los Humedales Ramsar, 2003).

Según la CONANP, la Laguna de Términos califica el estar en la lista de Ramsar por cualquiera de los ocho criterios de importancia internacional que son estipulados para esto. Desde el punto de vista del criterio uno, que establece que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si contiene un ejemplo representativo, raro o único de un tipo de humedal natural o casi natural hallado dentro de la región biogeográfica apropiada, la laguna de Términos representa, por sus bosques de mangle, la región neotropical del país; desde el criterio dos, que dicta que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies vulnerables, en peligro o en peligro crítico, o comunidades ecológicas amenazadas, la laguna de Términos es hábitat de 89 especies con diferentes grados de riesgo o amenaza, como por ejemplo *Jabiru mycteria* (cigüeña jabirú), *Trichechus manatus* (manatí), *Crocodylus acutus* (cocodrilo), *Cuniculus paca* (tepezcuintle), *Procyon lotor* (mapache), *Leopardus pardalis* (ocelote), *Panthera onca* (jaguar), *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas*, *Lepidochelys kempfi* (tortugas marinas), *Limulus polyphemus* (cacerolita de mar), *Cairina moschata* (pato real), *Ciconia maguari* (cigüeña americana), *Falco femoralis* (halcón fajado), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Buteogallus anthracinus* (aguililla negra) y *Busarellus nigricollis* (aguililla canela), así como 374 especies vegetales reportadas, de las cuales una tiene estado de amenaza.

En cuanto al criterio tres, se establece que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta poblaciones de especies vegetales y/o animales importantes para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica determinada. Por su extensión y de acuerdo con evaluaciones de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), la Laguna de Términos es un complejo de humedales que sustentan una población de especies silvestres importantes para mantener la biodiversidad de esa región biogeográfica, con una alta diversidad faunística, gran productividad y diversidad de ecosistemas

y asociaciones vegetales. Se han registrado 1,468 especies de diferentes grupos taxonómicos animales.

El criterio siete determina que un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces autóctonas, etapas del ciclo biológico, interacciones de especies y/o poblaciones que son representativas de los beneficios y/o los valores de los humedales y contribuye de esa manera a la diversidad biológica del mundo. La laguna y sus alrededores reportan 101 familias con 367 especies de peces, de los cuales 125 son de sistema lagunar estuarino de manera ocasional, permanente o estacional. El 80% de los peces de plataforma del Golfo de México dependen de las lagunas costeras y; finalmente, en cuanto al criterio ocho, un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si es una fuente de alimentación importante para peces, es una zona de desove, un área de desarrollo y crecimiento y/o una ruta migratoria de la que dependen las existencias de peces dentro o fuera del humedal. La laguna de Términos cumple esto ya que se le considera un humedal de importancia internacional por ser fuente de alimentación importante para peces y zona de desazolve, zona de desarrollo y crecimiento y ruta migratoria de la que dependen peces dentro o fuera del humedal.

Entre los principales hábitats críticos que se reportan están los pastos marinos como sitios de alimentación y crianza. También se encuentran asociaciones vegetales terrestres y acuáticas como son manglares, pastizales, bosque tropical perennifolio, bosque espinoso, pantano, vegetación acuática y subacuática y palmar, además de la vegetación de fanerógamas permanentemente inundadas que constituyen los pastos marinos. (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

Se han registrado 49 familias, con un total de 279 especies de aves. Se estima que 33% de la población total de aves migratorias de la ruta del Mississippi llegan a los humedales de Tabasco y Campeche para alimentarse, protegerse y anidar, lo que les confiere a estas áreas un alto valor ecológico.

En cuanto a los mamíferos, se han registrado 27 familias con 134 especies: 36 habitan en la selva sabana acahual y de ellas 29 tienen importancia cinegética, 12 tienen veda permanente y seis, permiso limitado. El grupo de los mamíferos son impactados por desmonte, tala y otras actividades humanas. También se encuentran ocho especies consideradas vulnerables a los

cambios de hábitat, las más importantes son: *Tursiops truncatus* (delfín), *Lontra longicaudis* (nutria) y *Trichechus manatus* (manatí). (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

Para los anfibios se registran al menos siete familias, 19 especies en pantanos, una en sistemas fluviales y 27 en ecosistemas de selva, acahual y sabana. Tres de éstas son endémicas para México.

Para los reptiles, la zona de humedales es de suma importancia para los acuáticos como *Cocodrilus acutus* (cocodrilo), *Crocodylus moreletii* (lagarto del pantano) y *Caiman crocodilus* (caimán), que habitan principalmente en los pantanos, en las zonas de manglar y en los alrededores de la laguna. También están presentes *Eretmochelys imbricata* (tortuga de carey) y *Dermatemys mawii* (tortuga blanca) que se encuentran con protección especial y en veda total.

Los insectos registran 16 familias con 74 especies, en el grupo de los crustáceos existen quince familias y siete especies de importancia comercial como son *Litopenaeus setiferus* (camarón blanco), *Farfantepenaeus duorarum* (camarón rosado), *Farfantepenaeus aztecus* (camarón café), *Xiphopenaeus kroyeri* (camarón siete barbas) y tres especies del género *Callinectes* (jaibas).

Los peces registran 101 familias con 367 especies distintas, de las cuales 125 solamente están en el sistema lagunar de los cuales, 102 son de interés comercial. La biota del bento se forma por camarones, poliquetos, epifauna de manglar, poríferos, equinodermos. Se registra un total de 173 especies de fauna bentónica y en cuanto a la macrofauna bentónica asociada a las praderas de *Thalassia testudinum*, 123 especies de poliquetos, 57 de moluscos y 68 de crustáceos (Instituto Nacional de Ecología, 1997).

Labougle *et al.* (2002) consideran a la región de Términos un área de gran riqueza biológica y alta productividad, con una importancia fuerte para la economía del estado de Campeche. Gracias a su riqueza y productividad biológica, permite la pesca tanto ribereña como de altura. Sin embargo, se encuentra amenazada ecológicamente por la sobrepesca, el manejo inadecuado de los desechos, derrames, deforestación, presencia de pesticidas y otros factores que le afectan (Labougle *et al.*, 2002).

Vera *et al.* (1988), refieren que el sistema sistema fluvio-deltáico del río Palizada es el principal aporte de agua dulce con sedimentos terrígenos, nutrientes y materia orgánica en distintos grados de descomposición que impactan en una productividad vegetal intensa, y por ende en la

utilización del sistema por muchas especies diferentes ya sea de forma permanente o en temporadas del año.

En cuanto a la composición mineralógica de los elementos, Cruz *et al.* (1989), describe una constitución principalmente de carbonatos terrígenos que en general están compuestos por conchas, foraminíferos y fragmentos de piedra los que son de carbonato y los que son terrígenos por cuarzo, feldespato y plagioclasa, micas, opacos y yeso.

La Laguna de Términos muestra un pulso moderado en la temperatura y luz, presenta un gradiente físico semipermanente y una gran diversidad de hábitats estuarinos. Los vientos prevalecientes causan aguas claras en el extremo nororiental, creando condiciones de baja salinidad, alta turbidez y mayor concentración de nutrientes. Un Delta de marea se forma en la parte interna de la laguna frente a la boca este. Los principales procesos biológicos, incluyendo asociaciones de poblaciones bentónicas y peces, se influyen por estos gradientes, grandes praderas de pastos marinos se presentan en el extremo nororiental de la laguna sucediéndose con los manglares en las partes húmedas del Delta (David y Kjerfve, 1998).

Extensos arrecifes de ostión se localizan en la porción sur occidental cerca de la desembocadura de los ríos Candelaria, Chumpan y Palizada, formando los sistemas fluvio-lagunares Candelaria-Panlau, Chumpan-Balchacah y Pom-Atasta. También es referido por este autor que la producción de fitoplancton y clorofila aumenta en las zonas de influencia fluvial y las larvas y juveniles del necton entran a la laguna por la boca, en mayor índice en octubre cuando hay mayor descarga con mayor producción y una mayor entrada de juveniles desde el mar (Yáñez-Arancibia y Day, 1988a).

La llanura deltaica del río Usumacinta nutre a la Laguna de Términos siendo su principal fuente de agua dulce y sedimentos (Benítez *et al.*, 1991). Este sistema constituye el mayor aporte de agua dulce con sedimentos, así como de nutrientes y materia orgánica en distintos grados de descomposición, lo que abona y logra una gran producción vegetal que sustenta a muchas especies animales de forma permanente o en diferentes temporadas del año (Yáñez-Arancibia, 1988b).

Los principales factores que modulan el funcionamiento de la región son las variaciones del nivel del río Usumacinta y sus distributarios, así como las variaciones en su carga sedimentaria, la dinámica de flujo y refluo que se establece entre los cauces principales y la llanura de inundación. La vegetación mantiene sus ciclos de producción primaria en función de los cambios en el nivel del agua (Benítez *et al.*, 1991).

La actividad antropogénica en las áreas terrestres que circundan a la laguna también influye en las características fisicoquímicas y biológicas de la misma (Mancilla y Vargas, 1978).

La Laguna de Términos no solamente es de gran importancia ecológica, sino también ha sido fuente de muchos recursos pesqueros, explotación forestal, industrial, migración, crecimiento humano y agropecuario. A pesar de los esfuerzos de conservación y de ser un área protegida de fauna y flora, la región tiene un crecimiento desequilibrado, tanto poblacional, como de explotación, incrementándose los impactos humanos sobre ella. Que como resultado no se ha logrado conservar ni idónea ni debidamente.

En ella se presentan problemas sociales, políticos, ambientales y ecológicos tanto por la pesca como por el cambio de uso de suelo a urbano e industrial, las actividades turísticas que son mal llevadas y enfocadas, y las actividades agropecuarias con el cambio de uso de suelo, que a la larga implique inundaciones, cambio a playas meramente turísticas, y poca relación y habilitación de los manglares, sufriendo un estrés ambiental y el impacto del cambio climático y la presión del hombre. (Ramos y Villalobos, 2015)

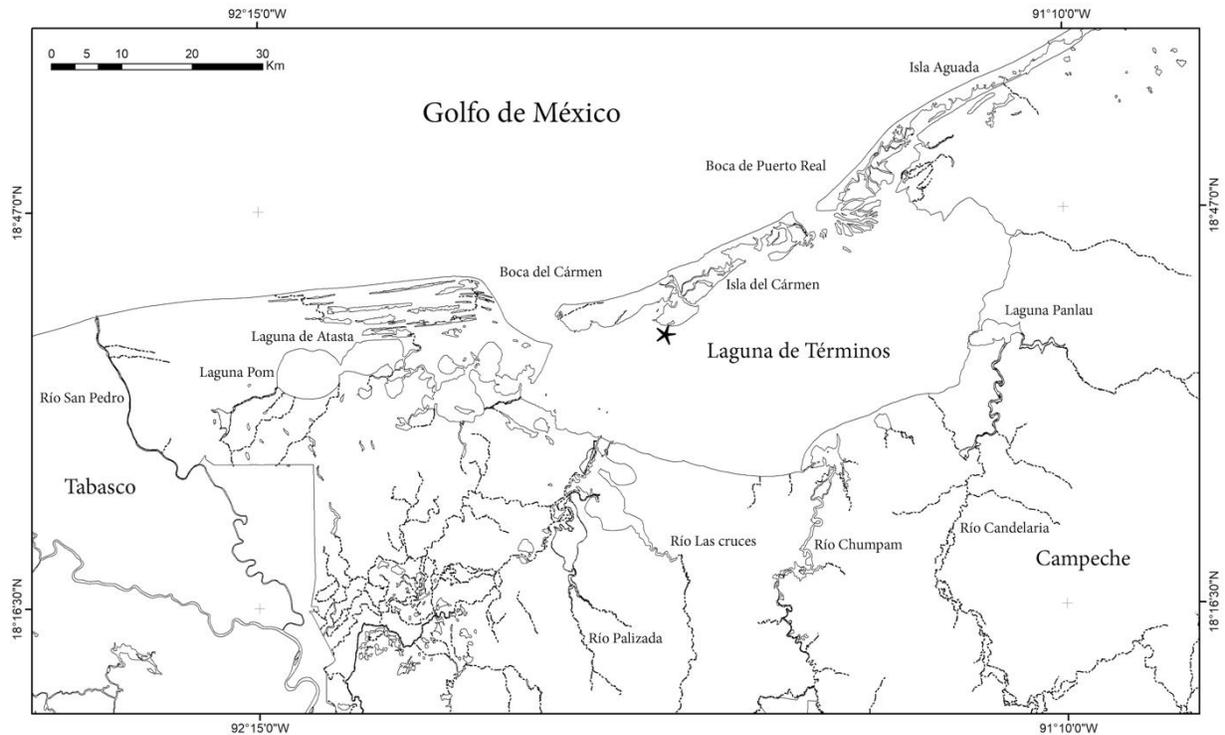
La Laguna de Términos se comunica con el mar abierto mediante dos bocas que se encuentran ubicadas cerca de sus extremos Este (Puerto Real) y Oeste (Del Carmen). Estas se mantienen abiertas todo el año y permanece un flujo de agua marina entrando por una de las bocas y saliendo por la otra con un sentido este-oeste (Osorio y Ramírez, 1988). Existen condiciones de persistente influencia marina con sedimentos arenosos en la porción noreste de la laguna (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988a).

Este mismo autor define tres zonas con características diferentes: una zona marina localizada en la parte adyacente a la Isla del Carmen, una zona fluvial contigua a la desembocadura de los ríos y una zona de mezcla en la parte intermedia de la laguna.

Presenta un patrón de lluvias establecido por tres épocas distintas: lluvias (junio-septiembre), secas (febrero-mayo) y “nortes” (octubre-enero) (Negreiros-Fransozo *et al.*, 1996) (Figura 5).

Debido al aporte fluvial del lado sudoeste de la laguna, la salinidad de ésta tiene un gradiente orientado de noreste a suroeste, lo que provoca que haya una prevalencia de hábitats marinos al lado este. En términos de temperatura, la Laguna de Términos tiene un aporte de agua cálida proveniente del mar, la cual se introduce por la Boca del Carmen y Puerto Real. Así mismo, la laguna cuenta también con un aporte de agua fría proveniente del suroeste. La temperatura

máxima anual es aproximadamente de 31.6°C en junio y la mínima es de 29.0°C en abril (de la Lanza-Espino y Lozano-Montes, 1999).



**Figura 5.** Ubicación de la Laguna de Términos en el Estado de Campeche, México y que conecta con el Golfo de México. El sitio de colecta está representado por el marcador de la estrella negra.

### Trabajo de laboratorio

Se trabajó con la colección de muestras depositadas en el Taller de Biología de Animales III de la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), las cuales fueron recolectadas mensualmente durante el ciclo anual octubre/2012-noviembre/2013. Dichas muestras fueron fijadas en formaldehído al 10% y contenidas en frascos de tereftalato de polietileno (PET). Posteriormente, fueron lavadas y conservadas en EtOH 70% con los datos de colecta correspondientes (fecha, colectores, georreferencia, fijador). Los organismos *Hippolyte zostericola* de la muestra previamente mencionada se separaron por sexo y por fecha de colecta.

Dichos organismos se clasificaron como machos y hembras basándose en la presencia o ausencia de *appendix masculina* en el segundo par de pleópodos. Las hembras ovígeras fueron

distinguidas de las no ovígeras ya que estas presentaban una masa de embriones entre los pleópodos.

Después de ordenar los frascos por mes de colecta en los que venían contenidos los organismos, se procedió a separar individualmente a cada huésped parasitado para después colocar a cada uno dentro de tubos de microcentrífuga de 1 ml. Se procedió a enumerar los tubos de forma sucesiva, manteniendo la separación de los tubos por mes y por sexo. De éstos organismos huéspedes parasitados de *Hippolyte zostericola*, se procedió a tomar los valores del largo del caparazón (LC) tanto en machos como en hembras y el largo total (LT) de las hembras parásitas de *Bopyrina abbreviata*, dichas medidas fueron tomadas utilizando la regla micrométrica incluida en el ocular del microscopio y fueron escaladas con la ayuda de un portaobjetos con micrómetro de 0.1 mm. Finalmente, de las hembras grávidas parásitas de *B. abbreviata*, se separaron los huevos contenidos entre los osteguitos y posteriormente se cuantificaron.

## **Trabajo estadístico**

### **Estructura de las bases**

Con base en estas medidas morfométricas tanto de huéspedes como hembras parásitas, se estructuraron dos bases de datos en el programa Microsoft Excel (2017). La primera con las medidas de los huéspedes machos y los datos de sus parásitos asociados y la segunda, con las medidas de los huéspedes hembras con los datos de sus parásitos. En cada base de datos, los individuos se ordenaron por su fecha de colecta para así poder hacer un análisis estadístico por fecha. Por cada renglón se puso un organismo con las diferentes variables morfométricas y las fechas de captura.

### **Estadística descriptiva**

Se constituyeron dos tablas (cada una con las medidas de los huéspedes de ambos sexos) en donde se categorizaron tanto por mes como por población total las siguientes medidas: número de organismos colectados; longitud mínima y máxima del caparazón del huésped; Promedio de la longitud del caparazón (LC) del huésped; Longitud total (LT) mínima y máxima del parásito; promedio de LT del parásito; número mínimo y máximo de huevos contabilizados por hembra y su promedio.

En estas tablas se resumieron el número de individuos y se hizo un análisis de proporciones de cada año, por mes, contrastando por hembras y machos y la variable “C”, también se establecieron las estadísticas básicas como media,  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ ; varianza,  $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$ ; rango,  $R = x_{máx} - x_{mín}$ ; desviación estándar,  $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$  que permitieron verificar la forma de las distribuciones de las medidas morfométricas de los organismos.

Para establecer el análisis lineal se revisaron los coeficientes de correlación entre todos los datos y cada dos variables siguiendo la fórmula:  $S_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$ .

### Análisis de regresión

Como fue mostrado en los antecedentes, un análisis que se ejecuta en este organismo es el análisis de regresión, a continuación, se describirá dicha técnica.

El modelo lineal simple se establece con una ecuación que expresa que una variable explica (variable independiente,  $x_i$ ) a otra (variable dependiente,  $y_i$ ) a través de un modelo lineal:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i; \quad i = 1, \dots, n$$

$\varepsilon_i$  representa al error aleatorio del modelo que cumple con los siguientes supuestos:

- i)  $E(\varepsilon_i) = 0$  para toda  $i$ .
- ii)  $var(\varepsilon_i) = \sigma^2$  la cual es constante para toda  $i$ .
- iii) Existe independencia entre cada par de errores diferentes entre sí.

El modelo estima a la ordenada al origen,  $\beta_0$ , y a la pendiente,  $\beta_1$  a través del método de mínimos cuadrados obteniéndose los siguientes estimadores:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Para determinar si el modelo ajustado,  $\hat{y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$ , es un buen modelo se calcula un coeficiente que indica cuánto de la variabilidad de los datos es explicada por el modelo lineal, llamado coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))^2}{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}$$

Este coeficiente oscila entre cero y uno, cuando es más cercano a cero señala que el modelo lineal ajustado no explica la variabilidad de los datos, cuando se tiene valores cercanos a uno, muestra que la variabilidad de los datos es fuertemente explicada por el modelo lineal ajustado. Así, por ejemplo, si  $R^2$  es .44, se indica que solamente el 44% de la variabilidad de los datos es explicada por el modelo lineal ajustado, si en cambio  $R^2$  es .93, se indica que el 93% de la variabilidad de los datos lo explica el modelo lineal ajustado, por ello es muy importante tener coeficientes de determinación altos.

Cuando los modelos lineales completos no tienen sentido hacer un ajuste sobre la ordenada al origen, se simplifica el modelo lineal de la siguiente manera:

$$y_i = \beta x_i + \varepsilon_i; \quad i = 1, \dots, n$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

El coeficiente de determinación no cambia en su formulación y su interpretación. Se realizaron 52 modelos de regresión lineal de manera mensual y global de las siguientes variables: LC del huésped hembra vs LT del parásito; LT (Asociado al huésped hembra) vs Número de huevos; LC del huésped macho vs LT y; LT (asociado al huésped macho) vs número de huevos.

### Pruebas de $t$

Se realizaron dos pruebas de  $t$  para dos muestras suponiendo varianzas iguales. La primera se realizó para la correlación entre LC de ambos sexos de los huéspedes y el LT de las hembras parásitas. Esta prueba de  $t$  nos indica si existe una diferencia en el tamaño de las hembras parásitas dependiendo si estas se encuentran en huéspedes hembras o huéspedes machos.

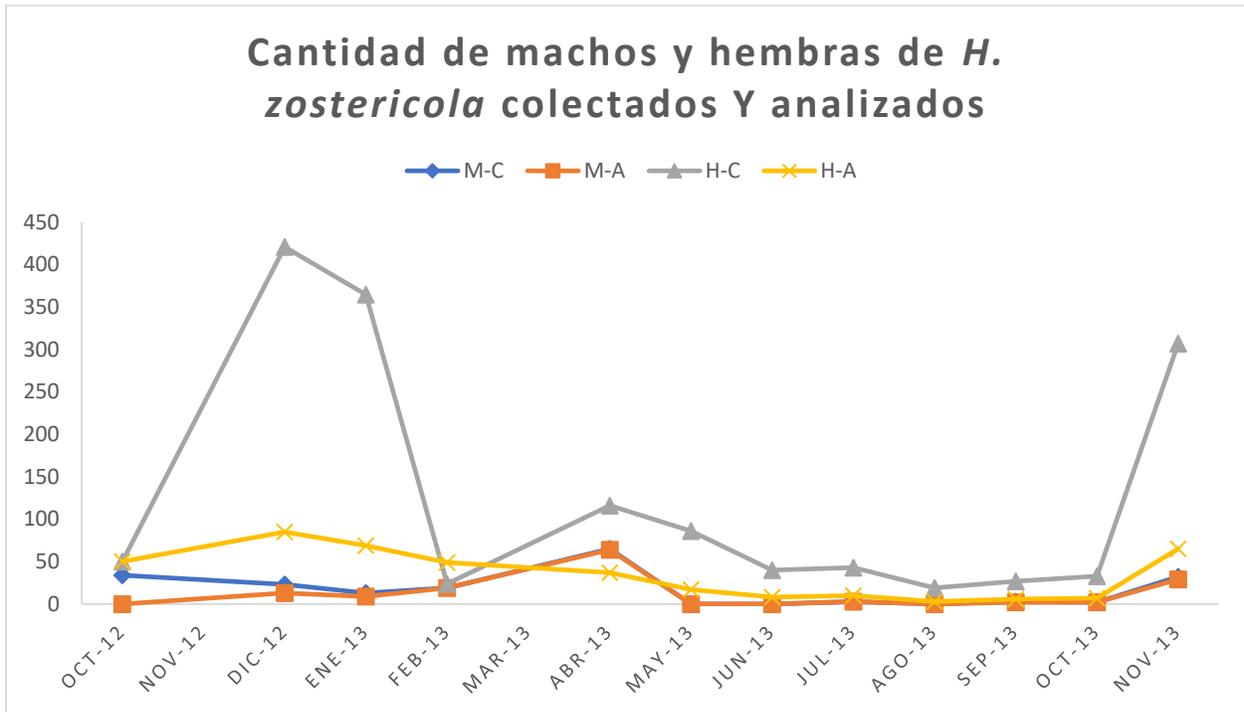
La segunda prueba de t utiliza los valores del LC de los huéspedes machos y hembras y el número de los huevos de las hembras parásitas. Esta prueba nos indica si el número de huevos de las hembras parásitas está correlacionado con el sexo del huésped. Es decir, en caso de ser positiva, nos indicaría que las hembras huéspedes, al ser mayores en talla que los machos, presentan una mayor cantidad de huevos de las hembras parásitas asociadas a estas.

## RESULTADOS

Se colectaron 1,947 camarones carideos de *Hippolyte zostericola* parasitados con *Bopyrina abbreviata*, se realizó un análisis poblacional para 547 organismos totales, de los cuales 141 correspondieron a machos y 406 hembras con sus parásitos correspondientes (Tabla 1).

**Tabla 1.** Organismos *Hippolyte zostericola* muestreados y analizados por fecha de colecta. C: Colectados en cada una de las fechas; A: Analizados; El número superior de cada celda representa el número de organismos muestreados; el número inferior de cada celda representa el porcentaje de la población total.

		2012					2013						
		oct	dic	ene	feb	abr	may	jun	jul	Ago	sep	oct	Nov
♂	C	34 (1.74)	23 (1.18)	13 (0.66)	19 (0.97)	65 (3.33)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.15)	0 (0.0)	3 (0.15)	2 (0.1)	32 (1.64)
	A	0 (0.0)	13 (0.66)	9 (0.46)	19 (0.97)	64 (3.28)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.15)	0 (0.0)	2 (0.1)	2 (0.1)	29 (1.48)
♀	C	50 (2.56)	421 (21.62)	365 (18.74)	24 (12.63)	116 (5.95)	86 (4.41)	40 (2.05)	43 (2.2)	19 (0.97)	27 (1.38)	33 (1.69)	307 (15.76)
	A	50 (2.56)	85 (4.36)	69 (3.54)	49 (2.51)	37 (1.9)	17 (0.87)	8 (0.41)	10 (0.51)	3 (0.15)	6 (0.3)	7 (0.35)	65 (3.33)



**Figura 6.** Cantidad de organismos machos y hembras de *Hippolyte zostericola* colectados y analizados.

De los organismos correspondientes a la población de huéspedes machos, el organismo más pequeño recolectado medía 0.976 mm de LC, recolectado en abril de 2013, mientras que el más grande registró una longitud de 2.293 mm de LC, recolectado en febrero de 2012. Para el caso de las hembras huéspedes, el organismo más pequeño fue de 1.073 mm de LC, recolectado en enero del 2013, mientras que el organismo más grande tenía un LC de 2.439 mm y fue recolectado en diciembre del 2012. Para el caso de los huéspedes machos, el LC promedio fue de 1.629 mm y para el caso de las hembras de 1.657 mm de LC, con una varianza de .02 y .17, respectivamente.

**Tabla 2.** Medidas mínimas, máximas y promedio de la longitud del caparazón de *Hippolyte zostericola* tanto en huéspedes machos como en huéspedes hembras.

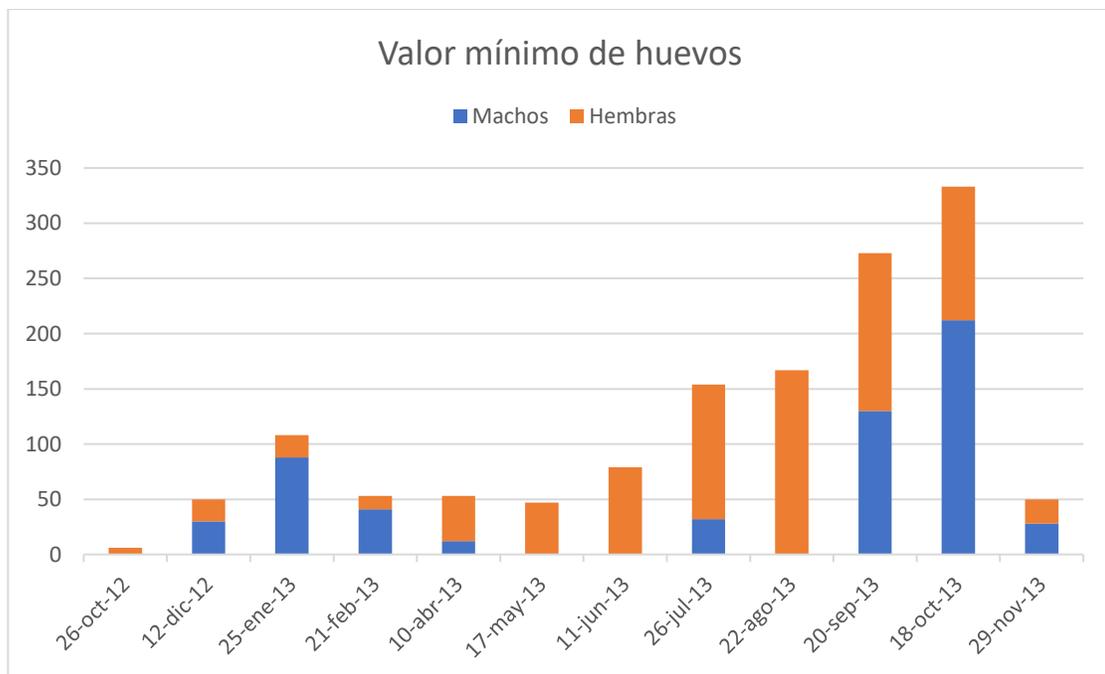
	<i>Hippolyte zostericola</i>	
	macho	hembra
<b>L.C. Min</b>	0.976 mm	1.073 mm
<b>L.C. Max</b>	2.293 mm	2.439 mm
<b>L.C. Promedio</b>	1.629 mm	1.657 mm

En cuanto a las hembras de *Bopyrina abbreviata* asociadas a huéspedes macho, la de menor LT fue de 0.868 mm recolectada en julio de 2013, mientras que la más grande en LT fue de 2.205 mm recolectado en abril del 2013. El LT promedio de las hembras parásitas en huéspedes machos fue de 1.593 mm de LC.

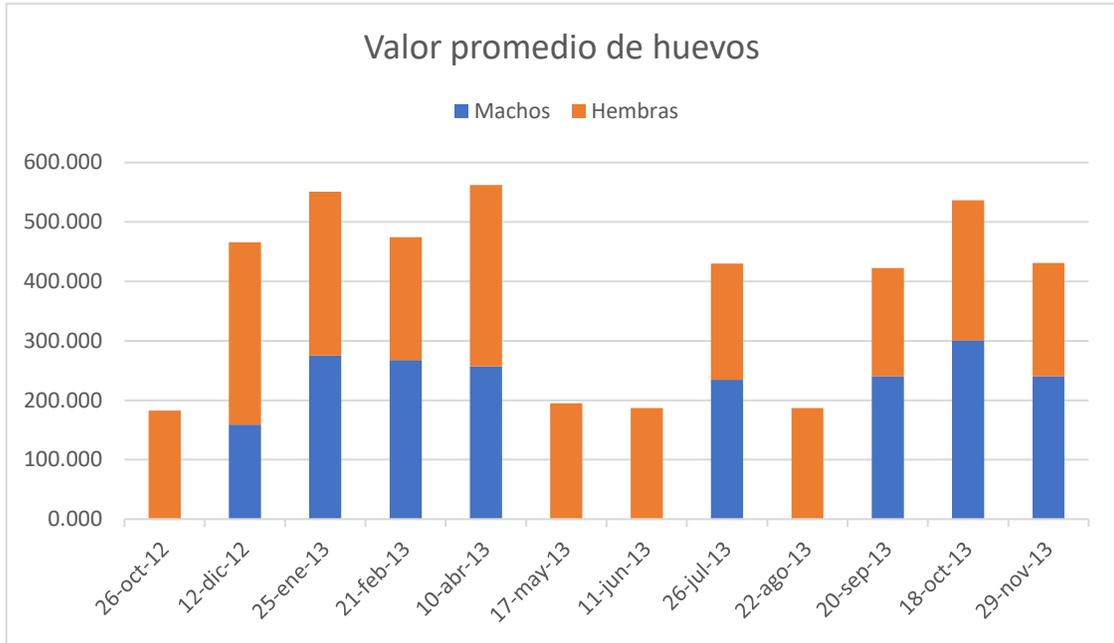
Para el caso de organismos de *Bopyrina abbreviata* asociados a huéspedes hembra, la de menor LT fue de 1.073 recolectada en enero de 2013, mientras que la de mayor talla en LT fue de 2.351 mm, recolectada en diciembre del 2012. El LT promedio de las hembras parásitas en huéspedes hembras fue de 1.692 mm de LC.

### Fecundidad de *Bopyrina abbreviata*

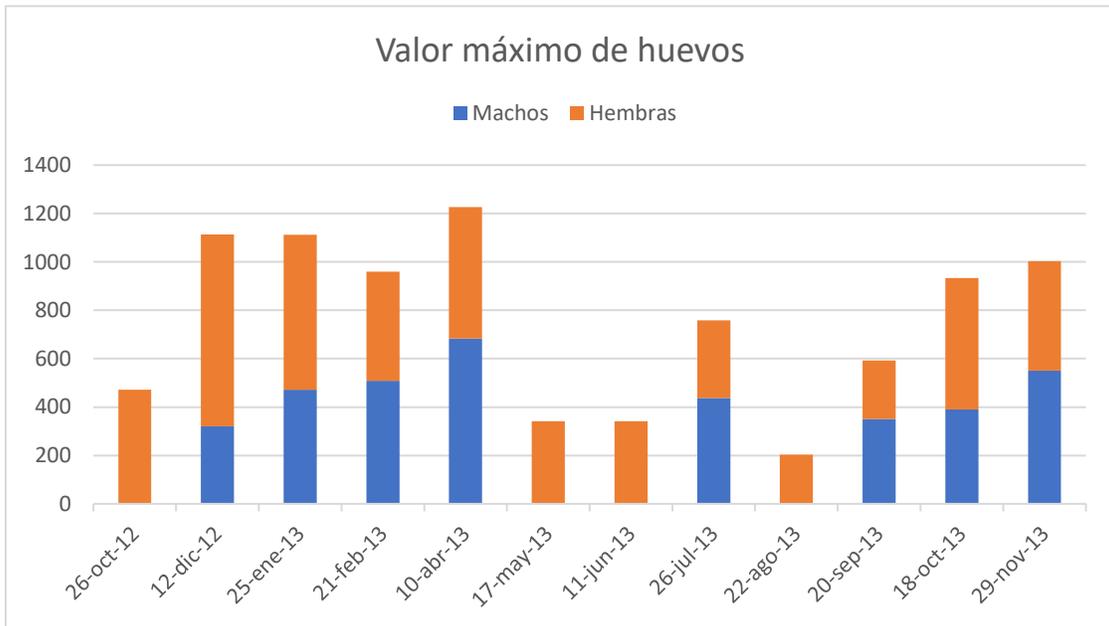
El valor mínimo de huevos encontrados en las hembras de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes macho fue de 12 en el mes de abril del 2013 y el valor máximo fue de 684 en abril del 2013, con un promedio de 237; para el caso de las hembras parásitas asociadas a hembras huésped, el valor mínimo fue de 6 huevos en octubre del 2012 mientras que el valor máximo fue de 793 para diciembre del 2012; con un promedio mensual de 243 huevos.



**Figura 7.** Valor mínimo mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes machos y hembras de *Hippolyte zostericola*.



**Figura 8.** Valor máximo mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes machos y hembras de *Hippolyte zostericola*.



**Figura 9.** Valor promedio mensual de huevos encontrados de la hembra parásito de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes machos y hembras de *Hippolyte zostericola*.

**Relación de los machos de *Hippolyte zostericola* vs hembras parásitas de *Bopyrina abbreviata***

En la tabla 2, se puede apreciar con las medidas registradas correspondientes a los huéspedes machos, las hembras parásitas asociadas a éstos y el número de huevos encontrados en sus cámaras branquiales. Estas medidas se encuentran clasificadas por mes de colecta y algunas de ellas están organizadas por sus valores mínimos, máximos y promedio obtenidos.

Comparando la tabla 2, que incluye las medidas morfométricas registradas para los machos de *Hippolyte zostericola*, con la tabla 5, que incluye las medidas de las hembras de la misma especie, podemos observar que los valores de LC promedio de las hembras es mayor que el LC promedio de los machos en la mayoría de los meses, esto debido al dimorfismo sexual presente en la especie. Este dimorfismo en la talla de la especie afecta directamente a la fecundidad de la hembra parásita de *Bopyrina abbreviata*, lo cual se ve reflejado en que hay un mayor número de huevos promedio en las hembras huéspedes (Tabla 5) que en los machos huéspedes (Tabla 2).

**Tabla 3.** Datos de la relación de machos de *Hippolyte zostericola* (Huésped) vs *Bopyrina abbreviata*.

Fecha	<i>H. zostericola</i> (Machos)				<i>B. abbreviata</i>				Número de huevos			
	Longitud del Caparazón (LC mm)				Longitud Total (LT mm) de la hembra							
	N	Mínimo	Máximo	Promedio	N	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	
2012	Oct 26	34	1.171	2.195	1.611	-	-	-	-	-	-	-
	Dic 12	23	1.463	2.049	1.678	13	1.288	1.951	1.544	30	321	159
	Ene 25	13	1.220	1.951	1.551	9	1.229	1.951	1.550	88	472	275
	Feb 21	19	1.220	2.293	1.713	19	1.015	2.195	1.575	41	509	268
	Abr 10	65	0.976	2.195	1.632	64	0.976	2.205	1.613	12	684	257
	May 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	Jun 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jul 26	3	0.985	1.951	1.402	3	0.868	1.951	1.369	32	437	235
	Ago 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep 20	3	1.220	1.951	1.545	2	1.220	1.951	1.585	130	351	241
	Oct 18	2	1.463	1.941	1.702	2	1.463	1.941	1.702	212	390	301
	Nov 29	32	1.220	1.961	1.610	29	1.220	1.971	1.613	28	551	241

## Regresiones

De acuerdo con lo presentado en la metodología se procedió a realizar correlaciones y regresiones de los siguientes cruces:

**Tabla 4.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs LT de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes macho.

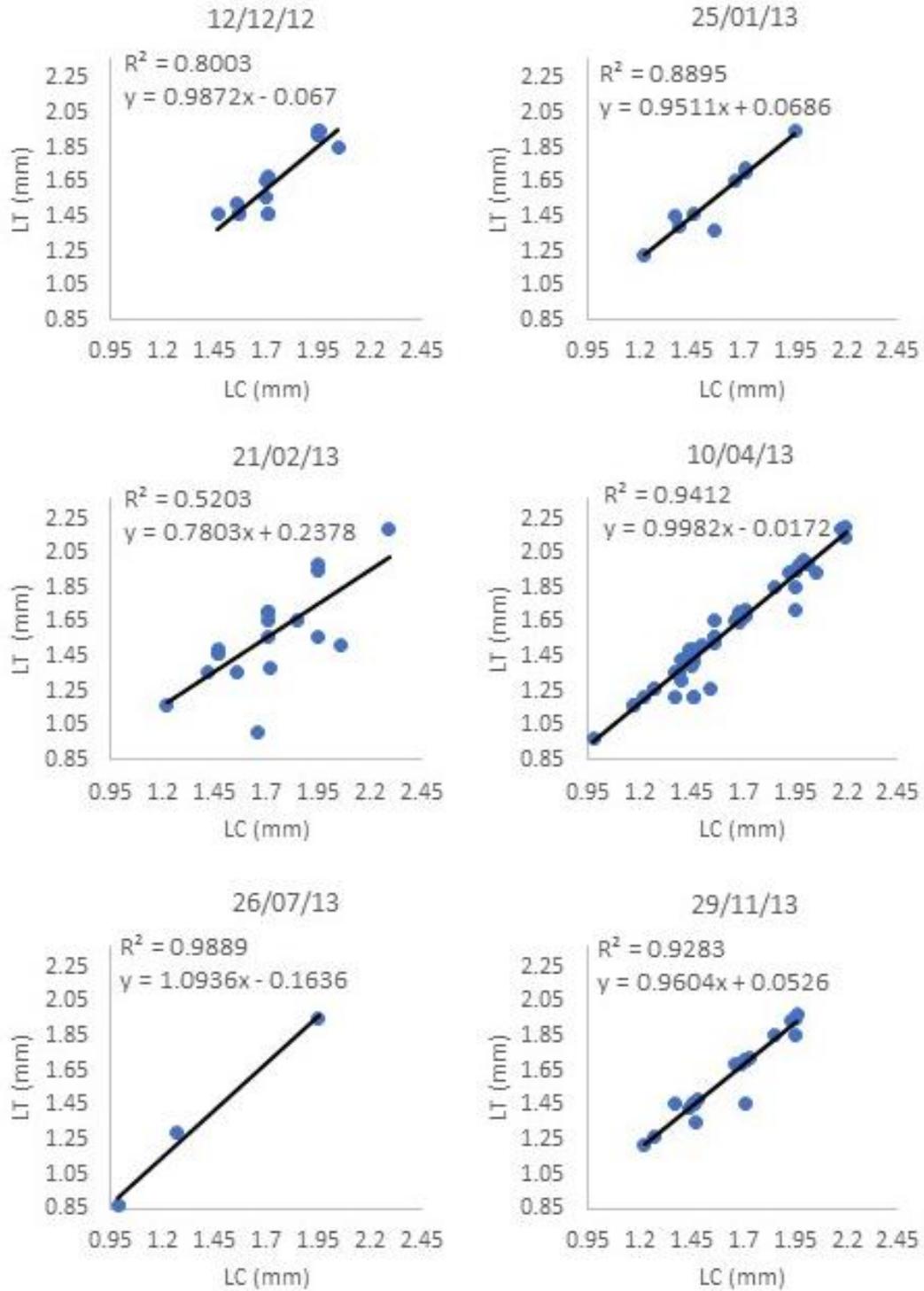
Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* macho vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *B. abbreviata* por fecha de colecta.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coefficiente de correlación
LC (mm)	LT (mm)	12/12/12	0.8945
		25/01/13	0.9431
		21/03/13	0.7213
		10/04/13	0.9701
		26/07/13	0.9944
		29/11/13	0.9635
LC (mm)	Regresión global todos los organismos	Global	0.9194

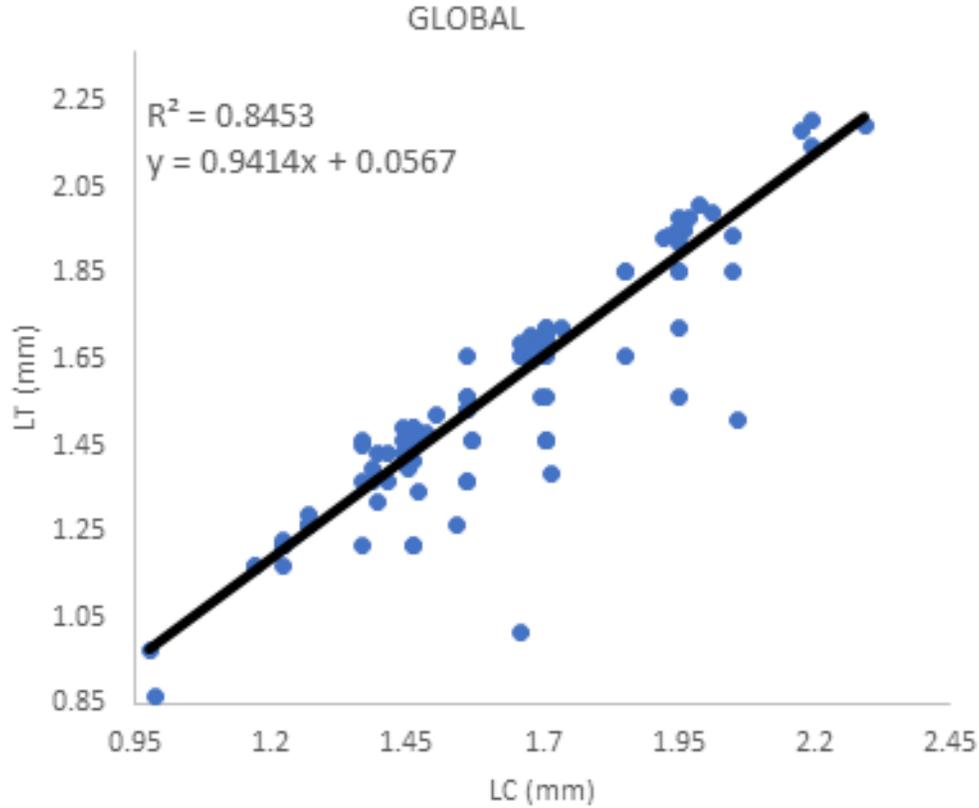
Como puede observarse en la tabla 3 y en la gráfica 10 se muestra que la relación entre ambas variables LC (mm) y LT (mm) muestra que el modelo lineal realiza un buen ajuste.

Para ambos sexos se establecieron dos correlaciones para cada fecha de recolecta: la primera, entre LC del huésped *vs* LT de la hembra parásita; la segunda entre LT de la hembra parásita *vs* número de huevos observados entre los osteguitos del parásito y posteriormente contabilizados. Por otro lado, se realizaron dos correlaciones de manera global, es decir, tomando en cuenta todos los organismos analizados durante el ciclo de colecta.

Se realizaron gráficos por fecha de colecta y una global para observar la relación que existe entre LC del huésped macho y LT de la hembra parásita (Figura 10) y el LT de la hembra parásita *vs* el número de huevos contabilizados entre los osteguitos (Figura 12).



**Figura 10.** Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *Hippolyte zostericola* macho vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* por fecha de colecta.

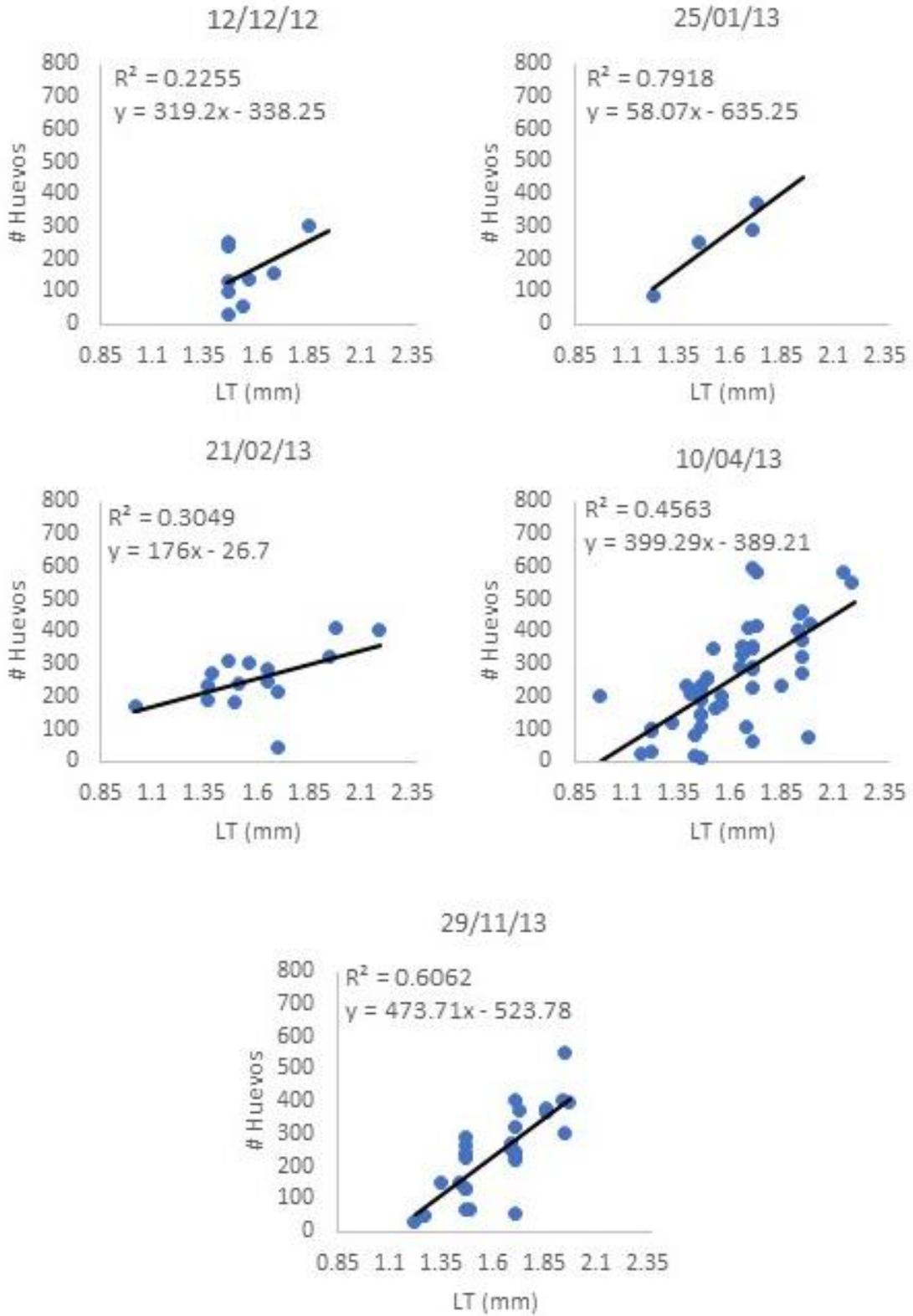


**Figura 11.** Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *Hippolyte zostericola* macho vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* en la población total.

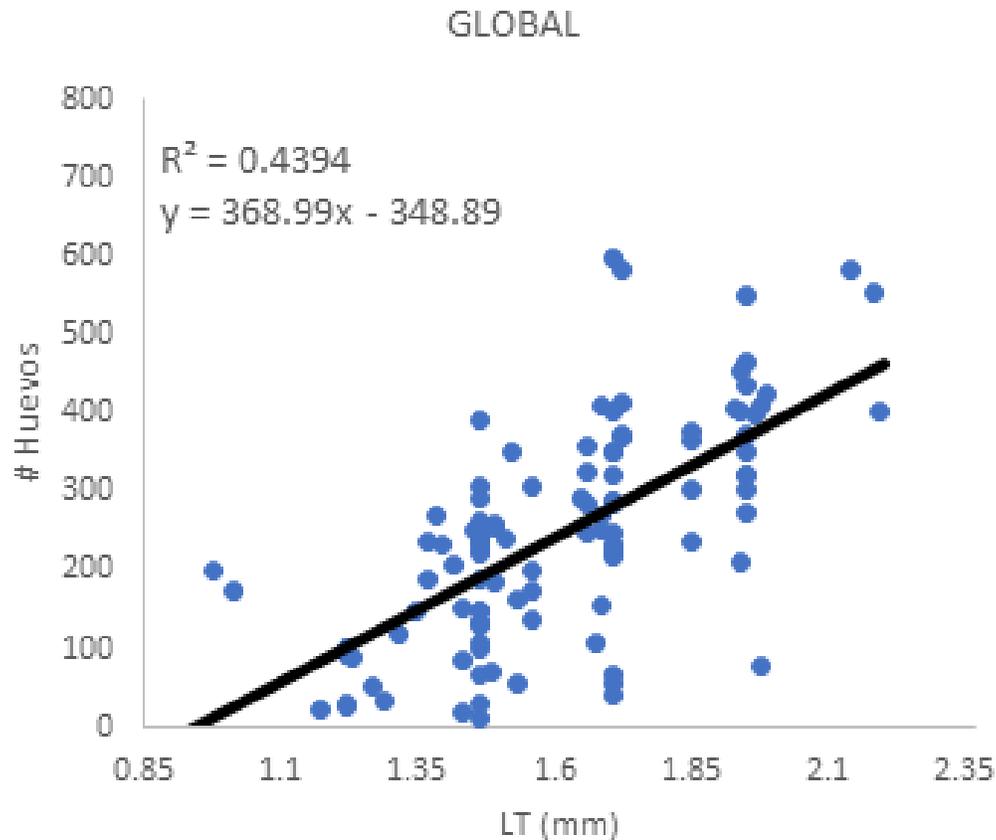
**Tabla 5.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs Número de huevos de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes macho

Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* macho vs Número de huevos de la hembra parásita de *B. abbreviata*.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coefficiente de correlación
LC (mm)	LT (mm)	12/12/12	0.4749
		25/01/13	0.8898
		21/02/13	0.5522
		10/04/13	0.6755
		29/11/13	0.7786
LC (mm)	Regresión global todos los organismos	Global	0.6629



**Figura 12.** Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* vs el Número de huevos (#Huevos) por fecha de colecta asociadas a huéspedes *Hippolyte zostericola* macho.



**Figura 13.** Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* vs el Número de huevos (#Huevos) en la población total asociadas a huéspedes *Hippolyte zostericola* macho.

### **Relación de las hembras de *Hippolyte zostericola* vs Hembras parásitas de *Bopyrina abbreviata*.**

A continuación, se puede apreciar la Tabla 5, la cual contiene las medidas registradas correspondientes a los huéspedes hembra, los parásitos hembras asociados a éstos y el número de huevos encontrados en sus cámaras branquiales. Estas medidas se encuentran clasificadas por mes de colecta y organizadas en valores mínimos, máximos y promedio obtenidos de cada una de las diferentes variables morfométricas consideradas.

**Tabla 6.** Datos de la relación de hembras de *Hippolyte zostericola* (Huésped) vs *Bopyrina abbreviata*.

Fecha	<i>H. zostericola</i>				<i>B. abbreviata</i>				Número de Huevos			
	Largo del Caparazón (LC mm)				Largo Total (LT mm)				Mínimo	Máximo	Promedio	
	N	Mínimo	Máximo	Promedio	N	Mínimo	Máximo	Promedio				
2012	Oct 26	50	1.220	2.195	1.675	50	1.210	2.195	1.656	6	472	182
	Dic 12	85	1.356	2.439	1.707	85	1.278	2.351	1.707	20	793	307
	Ene 25	69	1.073	2.293	1.672	69	1.073	2.293	1.677	20	640	276
	Feb 21	49	1.171	2.156	1.646	49	1.171	2.068	1.631	12	451	207
	Abr 10	37	1.278	2.166	1.693	37	1.268	2.146	1.689	41	543	305
	May 17	17	1.268	2.176	1.652	17	1.190	2.146	1.640	47	342	195
2013	Jun 11	8	1.288	2.146	1.660	8	1.288	2.098	1.639	79	341	187
	Jul 26	10	1.434	2.117	1.596	10	1.463	2.117	1.609	122	321	195
	Ago 22	3	1.463	1.756	1.610	3	1.512	1.756	1.620	167	204	187
	Sep 20	6	1.463	1.805	1.593	6	1.463	1.815	1.598	143	242	182
	Oct 18	7	1.415	2.117	1.672	7	1.415	2.127	1.674	121	543	236
	Nov 29	65	1.171	2.185	1.608	65	1.171	2.195	1.621	22	452	190

En la tabla 5, el valor N representa el número de organismos estudiados por fecha de colecta, tanto para las hembras de *Hippolyte zostericola* como para *Bopyrina abbreviata*. También se encuentra el valor mínimo, máximo y promedio de sus tallas (LC y LT) y el número de huevos mínimo, máximo y promedio de *B. abbreviata* encontrado en la cámara branquial de su huésped.

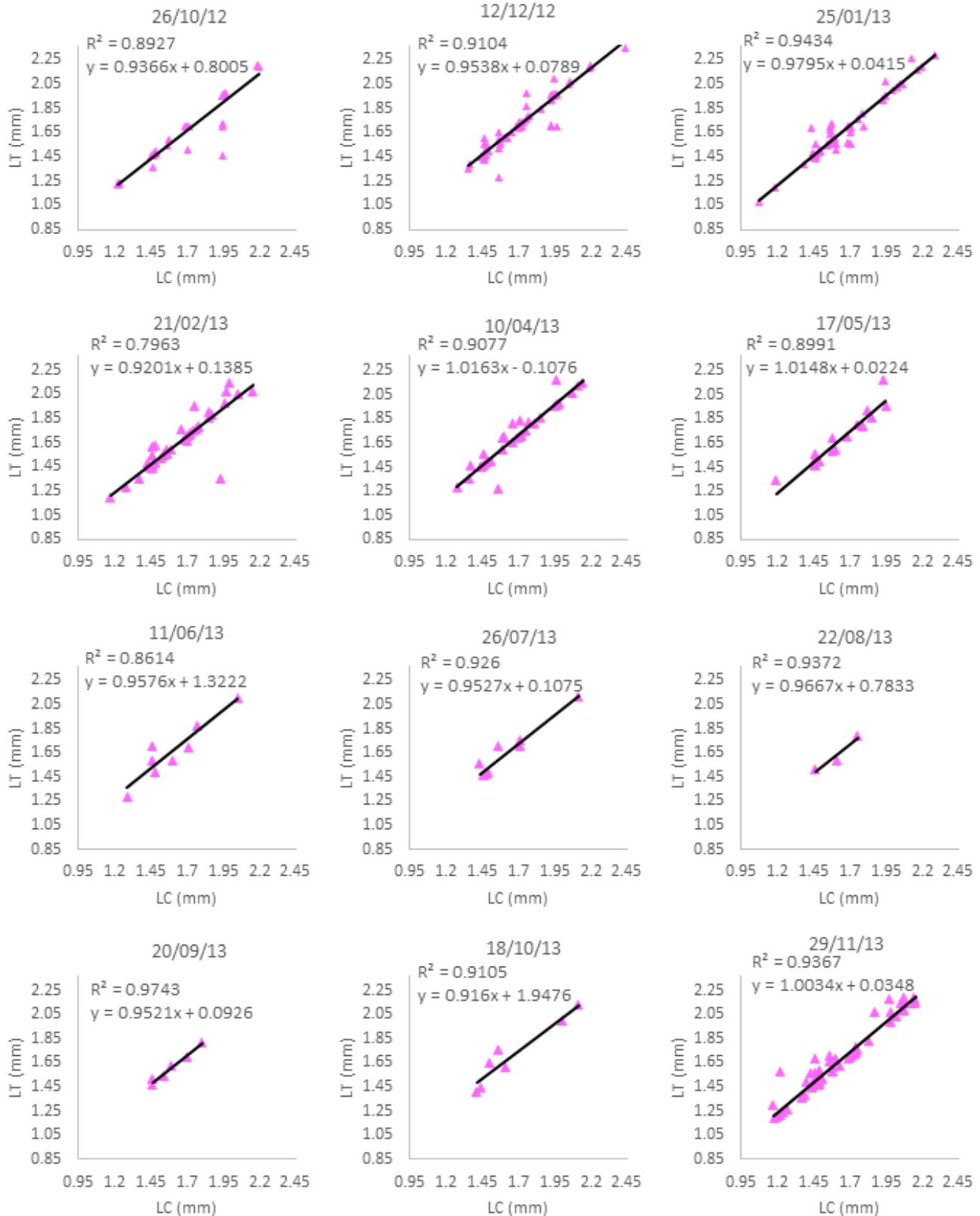
**Huéspedes hembra:**

A continuación, se encuentran las gráficas realizadas comparando algunas de las variables obtenidas para los huéspedes hembras y registradas en la base de datos.

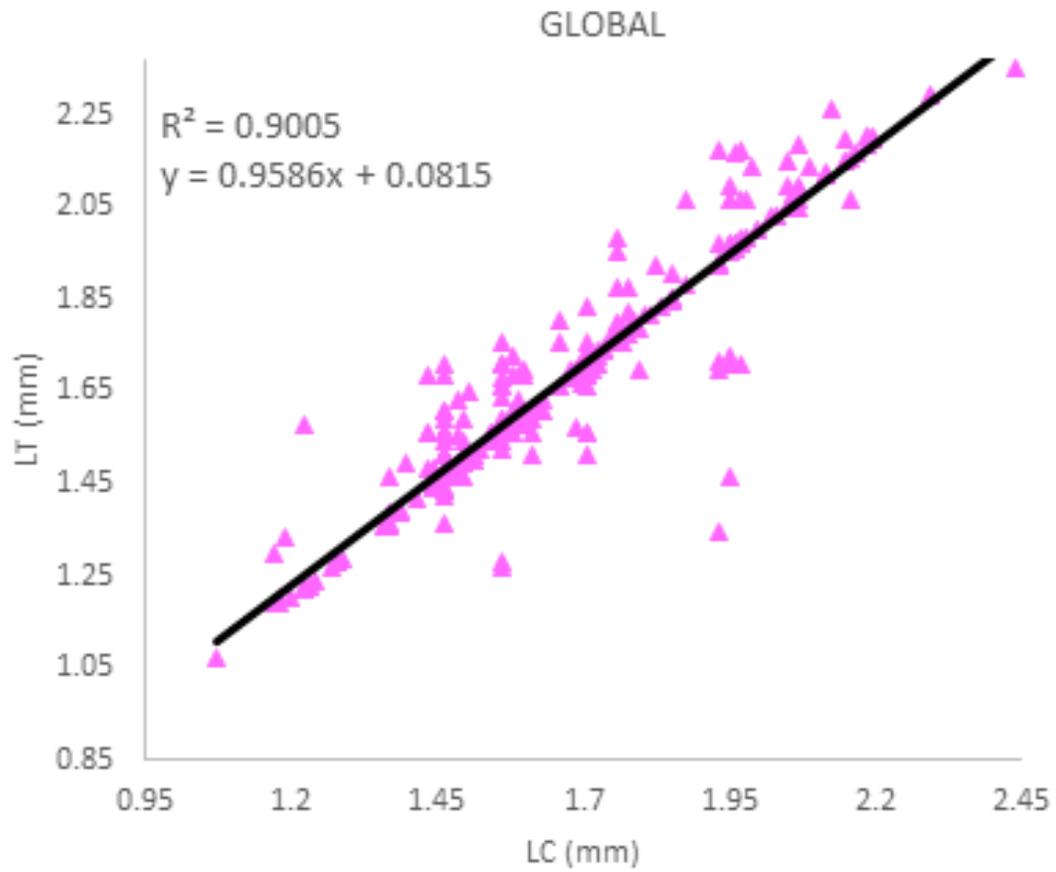
**Tabla 7.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs LT *Bopyrina abbreviata* en huéspedes hembra.

Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *B. abbreviata*.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coefficiente de correlación
LC (mm)	LT (mm)	26/10/12	0.9448
		12/12/12	0.9541
		25/01/13	0.9712
		21/02/13	0.8923
		10/04/13	0.9527
		17/05/13	0.9482
		11/06/13	0.9281
		26/07/13	0.9622
		22/08/13	0.9680
		20/09/13	0.9470
		18/10/13	0.9542
		29/11/13	0.9678
LC (mm)	Regresión global todos los organismos LT (mm)	Global	0.9489



**Figura 14.** Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *Hippolyte zostericola* hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* por fecha de colecta.



**Figura 15.** Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *Hippolyte zostericola* hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* en la población total.

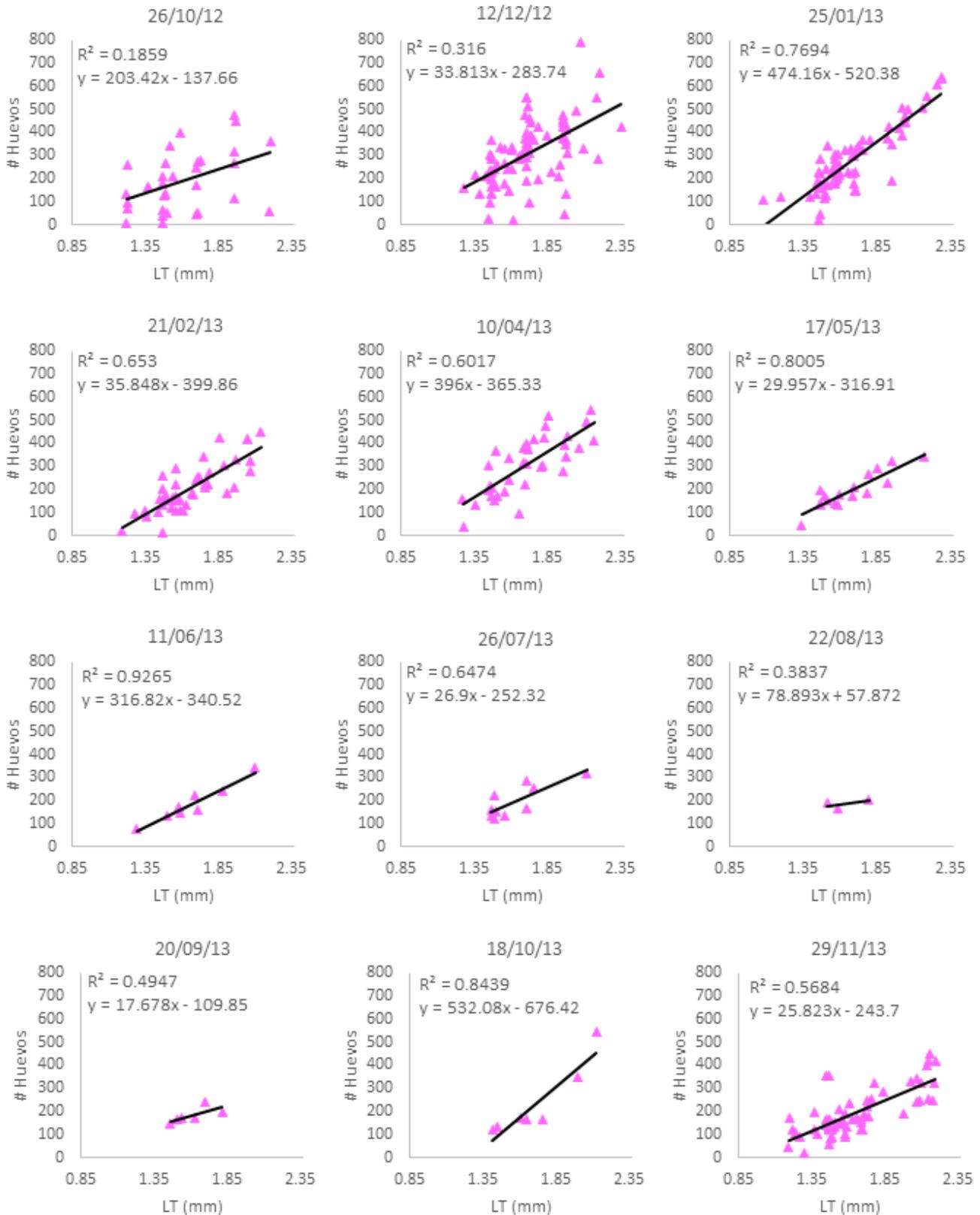
**Comparación de los datos de longitud del caparazón (lc) obtenidos en huéspedes *Hippolyte zostericola* macho (azul) y hembra (rosa) vs número de huevos de la hembra parásita *Bopyrina abbreviata*).**

Podemos observar que los coeficientes de correlación son altos en casi todas las fechas, esto se debe a que la relación talla/fecundidad se cumple no es un fenómeno estacional de las especies con las que se trabajó, sino que se cumple de manera anual.

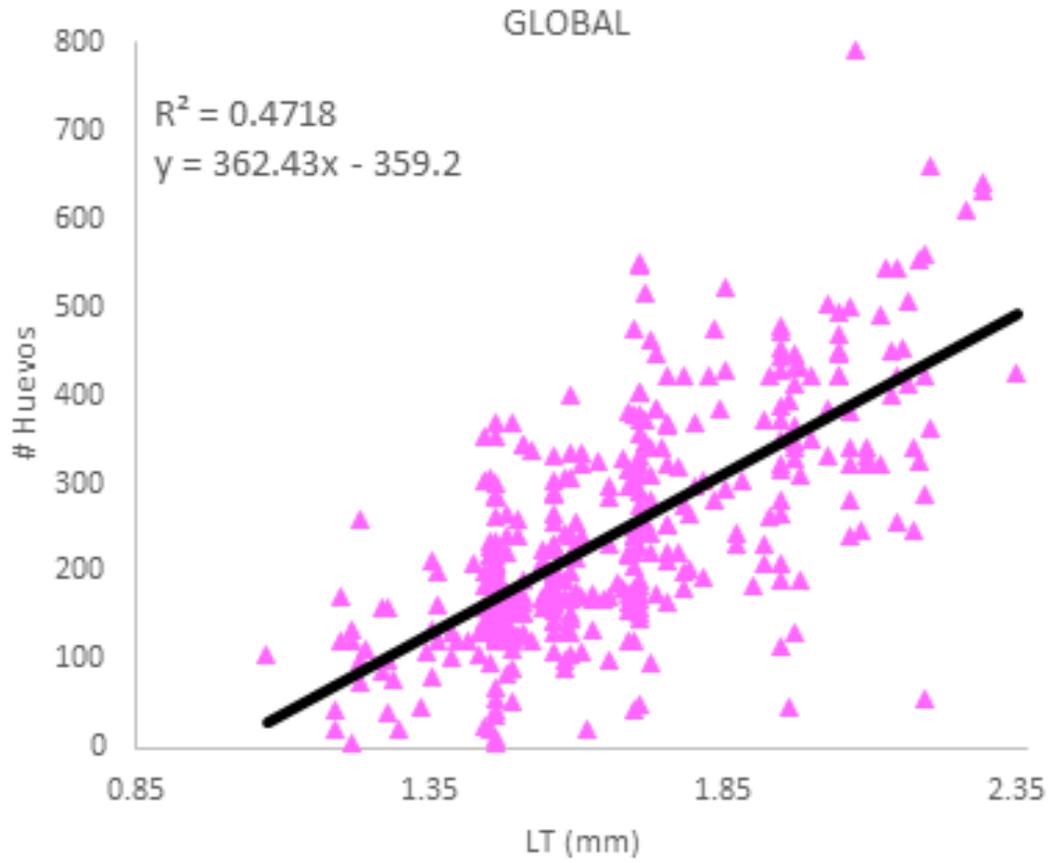
**Tabla 8.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs Número de huevos de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes hembra.

Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* hembra vs Número de huevos de la hembra parásita (LT) *B. abbreviata*.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coeficiente de correlación
LC (mm)	Número de huevos	26/10/12	0.4311
		12/12/12	0.5621
		25/01/13	0.8771
		21/02/13	0.8080
		10/04/13	0.7756
		17/05/13	0.8947
		11/06/13	0.9625
		26/07/13	0.8046
		22/08/13	0.6194
		20/09/13	0.7033
		18/10/13	0.9186
		29/11/13	0.7539
		LC (mm)	Regresión global todos los organismos LT (mm)



**Figura 16.** Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* vs el Número de huevos (#Huevos) por fecha de colecta asociadas a huéspedes *Hippolyte zostericola* hembra.



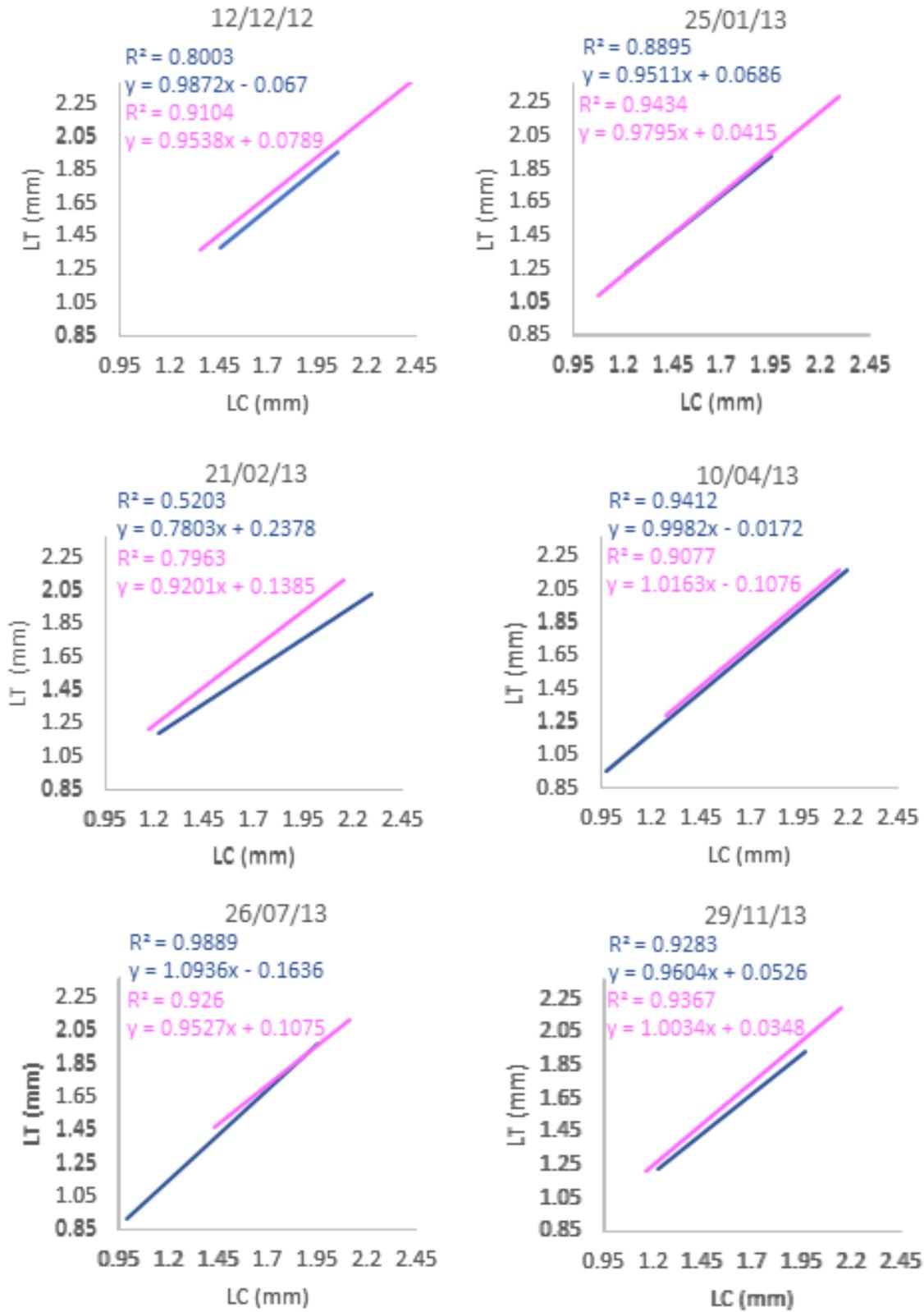
**Figura 17.** Relación de la Longitud total de la hembra parásita (LT) *Bopyrina abbreviata* vs el Número de huevos (#Huevos) en la población total asociadas a huéspedes *Hippolyte zostericola* hembra.

**Comparación de los datos de longitud del caparazón (LC) obtenidos en huéspedes *Hippolyte zostericola* macho (azul) y hembra (rosa) vs la longitud total (LT de la hembra parásita *Bopyrina abbreviata*)**

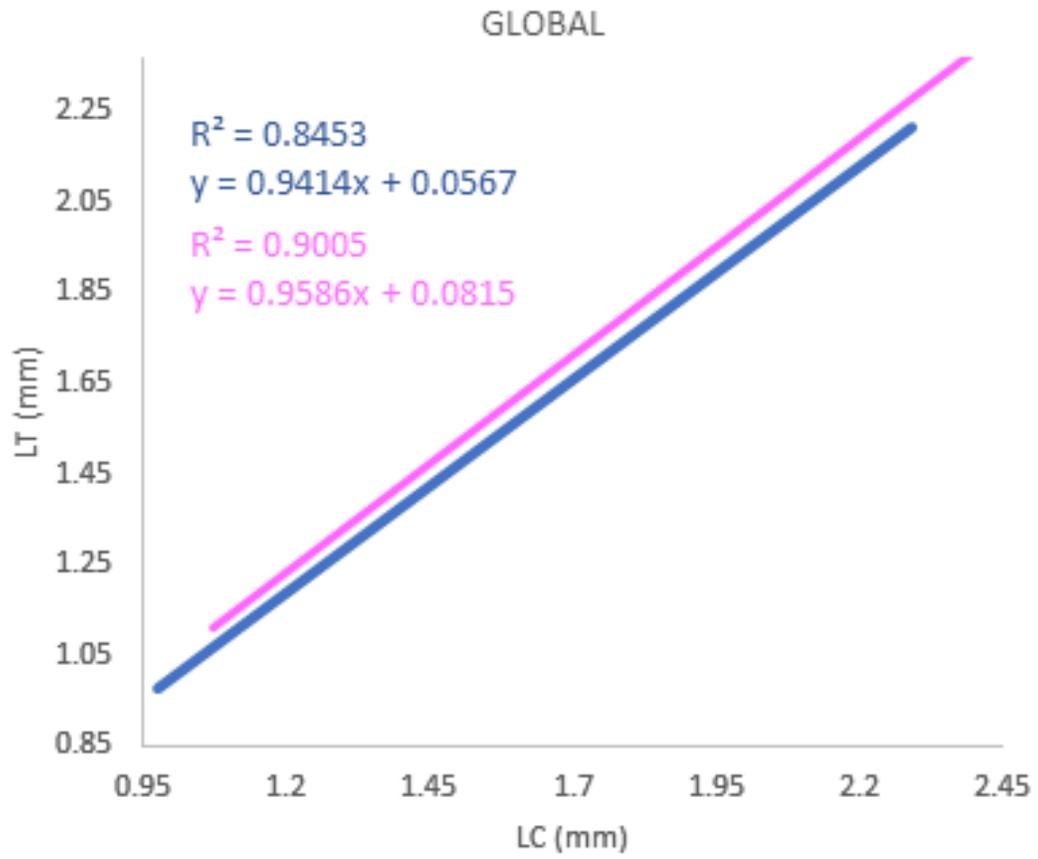
**Tabla 9.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs LT *Bopyrina abbreviata* en huéspedes hembra y machos

Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* macho y hembra vs Longitud total de la hembra parásita (LT) *B. abbreviata* en la población total.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coeficiente de correlación macho	Coeficiente de correlación hembra
		26/10/12		0.9448
		12/12/12	0.8945	0.9541
		25/01/13	0.9431	0.9712
		21/02/13	0.7213	0.8923
		10/04/13	0.9701	0.9527
LC (mm)	LT (mm)	17/05/13		0.9482
		11/06/13		0.9281
		26/07/13	0.9944	0.9622
		22/08/13		0.9680
		20/09/13		0.9470
		18/10/13		0.9542
		29/11/13	0.9635	0.9678
LC (mm)	Regresión global todos los organismos LT (mm)	Global	0.9194	0.9489



**Figura 18.** Comparación mensual entre LC de machos y hembras huésped vs LT de la hembra de *Bopyrina abbreviata*.

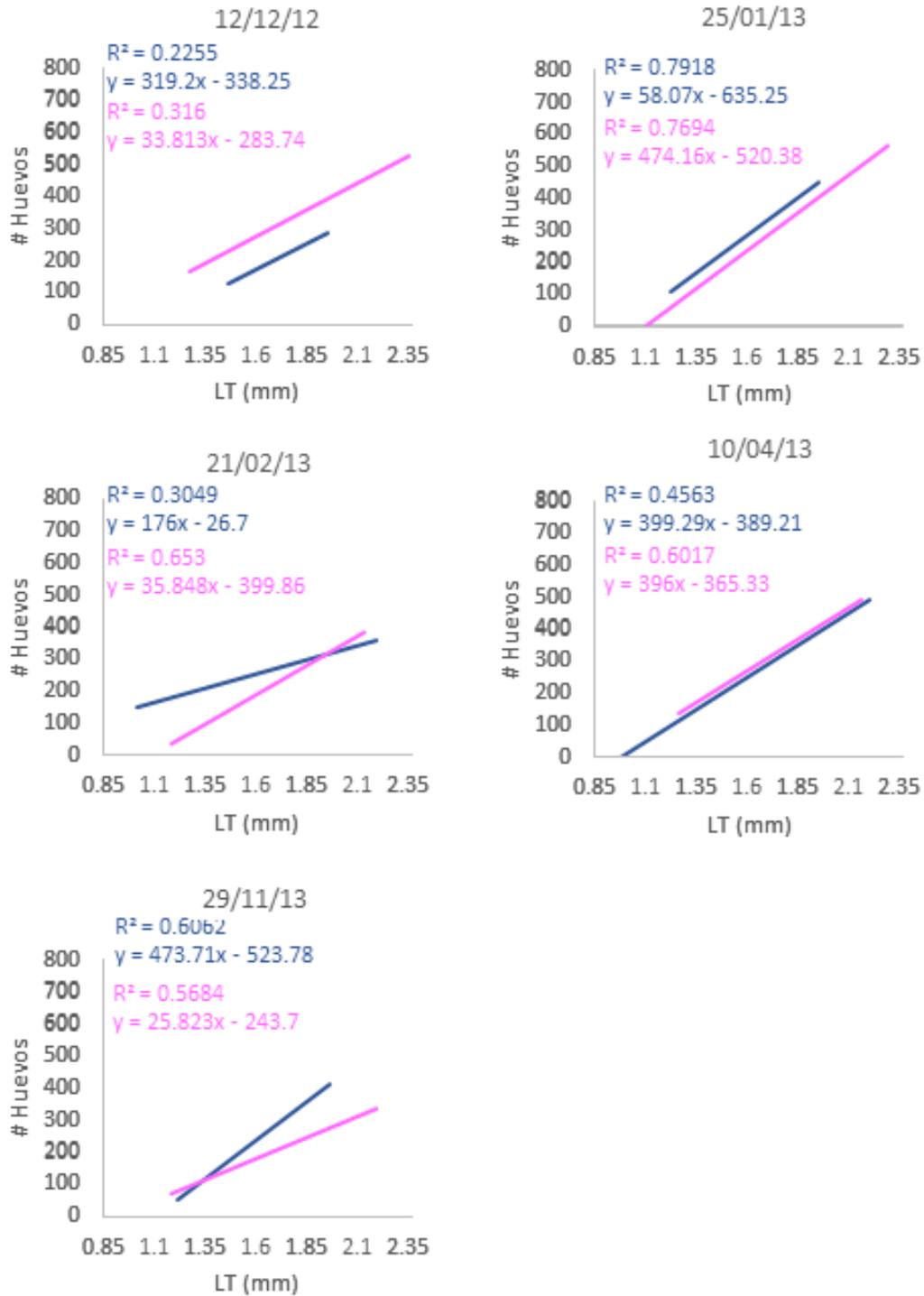


**Figura 19.** Comparación global entre LC de machos y hembras huésped vs LT de la hembra de *Bopyrina abbreviata*.

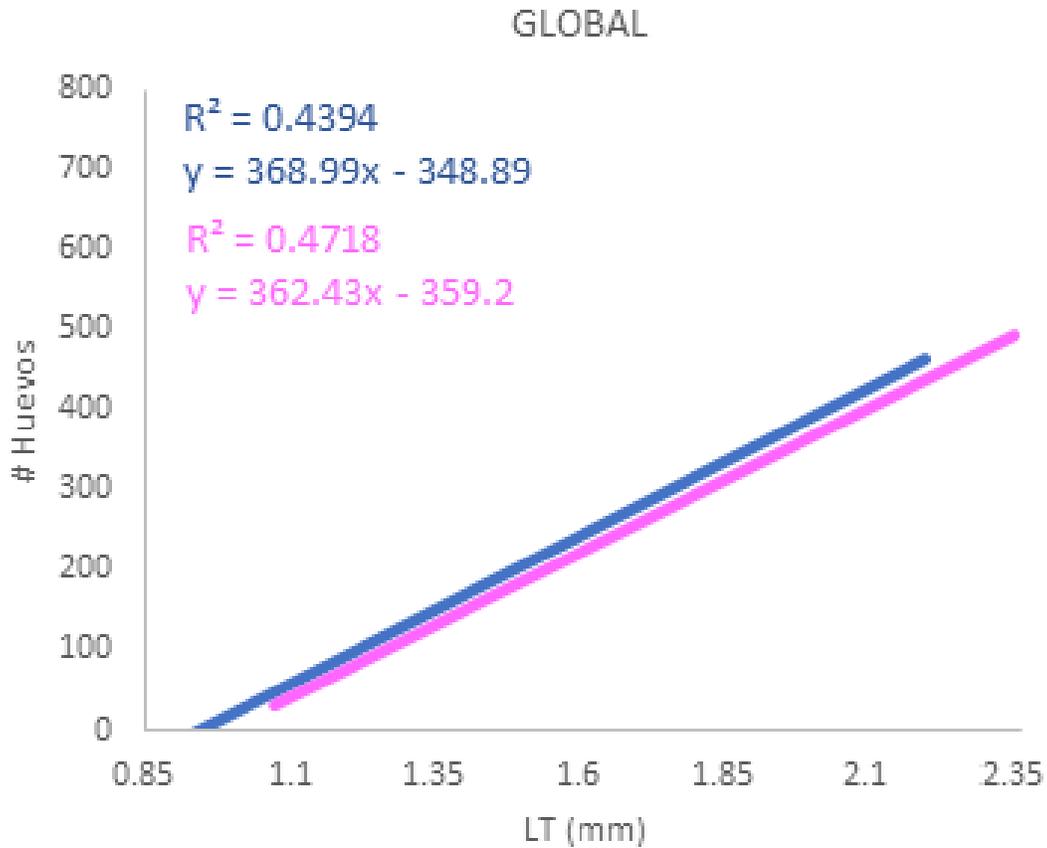
**Tabla 10.** Coeficiente de correlación mensual de la relación del LC de *Hippolyte zostericola* vs Número de huevos de *Bopyrina abbreviata* en huéspedes hembra y machos.

Relación de la Longitud del caparazón (LC) de *H. zostericola* macho y hembra vs Número de huevos de la hembra parásita (LT) *B. abbreviata* en huéspedes machos y hembras.

Variable independiente	Variable dependiente	Fecha	Coeficiente de correlación macho	Coeficiente de correlación hembra
		26/10/12	-	0.4311
		12/12/12	0.4749	0.5621
		25/01/13	0.8898	0.8771
		21/02/13	0.5522	0.8080
		10/04/13	0.6755	0.7756
LC (mm)	LT (mm)	17/05/13	-	0.8947
		11/06/13	-	0.9625
		26/07/13	-	0.8046
		22/08/13	-	0.6194
		20/09/13	-	0.7033
		18/10/13	-	0.9186
		29/11/13	0.7786	0.7539
LC (mm)	Regresión global todos los organismos LT (mm)	Global	0.6629	0.6868



**Figura 20.** Comparación mensual entre LC de machos y hembras huésped vs Número de huevos observados en los osteguitos de la hembra de *Bopyrina abbreviata*.



**Figura 21.** Comparación global entre LC de machos y hembras huésped vs Número de huevos observados en los osteguitos de la hembra de *Bopyrina abbreviata*

### Pruebas de *t* para dos muestras suponiendo varianzas iguales

#### Relación de LC del huésped (machos y hembras) vs el LT hembras parásitas

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la prueba *t* para la correlación entre el LC de ambos sexos de los huéspedes y el LT de las hembras parásitas.

**Tabla 11.** Resultados de la prueba  $t$  para dos muestras suponiendo varianzas iguales, utilizando los datos de LT de las hembras parásitas asociadas a huéspedes de mayor tamaño en ambos sexos de *Hippolyte zostericola*.

<b>Prueba <math>t</math> para dos muestras suponiendo varianzas iguales</b>		
	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
Media	19.95	20.74
Varianza	1.66	2.10
n	53	87
Varianza agrupada	1.93	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	138	
Estadístico $t$	-3.24	
P( $T \leq t$ ) una cola	0.00072	
Valor crítico de $t$ (una cola)	1.65	
P( $T \leq t$ ) dos colas	0.0014	
Valor crítico de $t$ (dos colas)	1.97	

El resultado de esta prueba de  $t$  nos da un valor menor a 0.05, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las tallas de las hembras parásitas asociadas a huéspedes hembras con tallas mayores y las hembras parásitas asociadas a huéspedes machos también con tallas mayores. Es decir, el tamaño de las hembras parásitas se ve afectado por el sexo del huésped al que estén asociadas, ya que hay una mayor probabilidad de que tengan tallas más grandes si se asocian a huéspedes hembras que a huéspedes macho.

### **Relación de LC de los huéspedes (machos y hembras) vs el número de huevos observados en los osteguitos en las hembras parásitas**

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la prueba  $t$  para la correlación entre el LC de machos y hembras huésped y el número de huevos observados en los osteguitos de las hembras parásitas.

**Tabla 12.** Resultados de la prueba  $t$  para dos muestras suponiendo varianzas iguales, utilizando los datos del número de huevos de parásitos asociados a huéspedes machos y hembras de tallas mayores de *Hippolyte zostericola*.

<b>Prueba de t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</b>		
	<b>Machos</b>	<b>Hembras</b>
Media	274.13	379.46
Varianza	31955.52	19157.10
Observaciones	38	81
Varianza agrupada	23204.46	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	117	
Estadístico $t$	-3.51	
$P(T \leq t)$ una cola	0.00031	
Valor crítico de $t$ (una cola)	1.65	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00062	
Valor crítico de $t$ (dos colas)	1.98	

El resultado de esta prueba de  $t$  también nos da un valor menor a 0.05, esto indica que hay una diferencia entre el número de huevo puesto por las hembras parásitas asociadas a los huéspedes (hembras y machos) de mayor talla. Esto se debe a que, si una hembra parásita se asocia a un huésped hembra, tendrá más espacio en la cámara branquial para poner sus huevos ya que los huéspedes hembra tienen mayor talla que los huéspedes macho.

## DISCUSIÓN

### **Relación de LC de *Hippolyte zostericola* vs LT de *Bopyrina abbreviata***

En las gráficas obtenidas se puede observar que existe una relación positiva al momento de comparar el LC de *Hippolyte zostericola* vs el LT de *Bopyrina abbreviata* (Figuras 10, 11, 14 y 15). El comportamiento en el tamaño del organismo parásito está dado por una función lineal del tamaño del organismo huésped, dicho de otra manera, la talla de las hembras de *B. abbreviata* (LT) aumenta conforme la cavidad de la cámara branquial de *H. zostericola* de incrementa, el crecimiento del parásito está dado por la disponibilidad que existe del espacio que se observa en la cámara branquial de los huéspedes; esta observación es para ambos sexos del huésped, machos y hembras de *H. zostericola*. Es decir, no importa el sexo del huésped, lo que determina el tamaño del parásito es la disponibilidad de espacio en la cámara branquial.

Esta relación se pudo comprobar de manera puntual para cada uno de los meses de colecta en donde se observaron organismos parasitados. Los valores de  $R^2$ , aun cuando fueron diferentes en todos los casos, fueron positivos. En los valores por fecha de colecta para el conjunto de los machos (Figura 10), variaron desde 0.52 en su valor más bajo en febrero del 2013 hasta 0.99 en el mes de julio del mismo año, es decir los valores de estas relaciones explican este comportamiento por fecha de colecta desde el 52% hasta el 99% de los casos. En el caso de la población total, en donde se encuentran agrupadas todos los organismos recolectados de este estudio, se obtuvo un valor de 0.85 (Figura 11).

Para el caso de las hembras, esta relación se observó con valores de  $R^2$  entre 0.80 en el mes de febrero del 2013 y 0.97 en el mes de septiembre del mismo año (Figura 14), y un valor de 0.90 para la población total (Figura 15); es decir, las variables están correlacionadas entre un 80% y un 97% para las colectas mensuales y un 90% para la población total.

La prueba de  $t$  realizada entre el LC de los huéspedes (machos y hembras) y el LT de las hembras parásitas (Tabla 10), arroja un valor de  $P = 0.00145$ , esto es, las hembras parásitas asociadas a huéspedes hembra grandes, tienen una talla mayor que las hembras parásitas asociadas a huéspedes macho grandes. Esto se debe a que, como se supone en la hipótesis, existe un dimorfismo sexual de tamaño en *Hippolyte zostericola*, donde las hembras observan una talla promedio mayor que los machos (Tabla 11).

Cabe señalar; que los valores de  $R^2$  (hembras = 0.90 vs machos = 0.85), no explican por si solos la diferencia de talla entre ambos sexos.

### **Relación del largo total (LT) de las hembras parásitas de *Bopyrina abbreviata* y el número de huevos puestos.**

En las gráficas donde se confrontan el tamaño (LT) de las hembras parásitas de *Bopyrina abbreviata* con el número de huevos encontrados entre los osteguitos (Figuras 12, 13, 16 y 17), la relación de estas variables también se da en forma de una función lineal. Esto nos indica que, a mayor tamaño de la hembra parásita de *B. abbreviata*, mayor cantidad de huevos observados entre los osteguitos, es decir, se presenta un mayor valor en su fecundidad.

La relación entre el LT de las hembras parásitas y el número de huevos observados se pudo comprobar de manera más precisa en los meses de colecta con respecto al subconjunto de los machos, esto debido a que se observó una mayor continuidad por parte de las hembras parásitas al momento de presentar huevos entre los osteguitos. Los valores de  $R^2$  también fueron distintos en los huéspedes de ambos sexos y en cada una de las fechas de colecta. Para el caso de los huéspedes machos, el valor mínimo de  $R^2$  fue de 0.22 en el mes de diciembre del 2012 y el valor máximo fue de 0.79 en el mes de enero del 2013 (Figura 12), y con un valor de 0.43 agrupando a la totalidad de la población (Figura 13). Es decir, en el caso de los machos, los valores obtenidos explican entre el 22% y el 79% por fecha de colecta y el 43% en el total de la población.

Para el caso de las hembras parásitas, el valor mínimo de  $R^2$  fue de 0.19 en el mes de octubre del 2012 y el valor más alto se obtuvo en junio del 2013 con 0.93 (Figura 16); para el caso de la totalidad de la población el valor de  $R^2$  fue de 0.47 (Figura 17), esto quiere decir que, para las hembras con los valores obtenidos, se explica la dinámica en la puesta de huevos entre un 19% y un 93% si se analiza por fecha de colecta y un 47% en la totalidad de la población.

La prueba de  $t$  realizada entre el LC de los huéspedes y el número de huevos observados en los osteguitos de las hembras parásitas (Tabla 11), el valor de  $P = 0.000622$ . Este valor, al ser menor de 0.05, rechaza la hipótesis nula, lo que nos indica que el promedio de los huevos de las hembras parásitas asociados a huéspedes hembras grandes es mayor a la media del promedio de huevos de hembras parásitas asociadas a huéspedes machos grandes. El motivo de esto es el mismo que el de la prueba de  $t$  anterior.

En la comparación de los valores de  $R^2$  del número de huevos puestos por hembra parásita por fecha de colecta y sexo de los huéspedes, se tiene que en diciembre del 2012 y febrero y abril del 2013, los valores de  $R^2$  son mayores en las hembras huésped y los valores que se observan en huéspedes macho son mayores solo en los meses de enero y noviembre del 2013.

En la comparación de la población total, los valores de  $R^2$  para las hembras parásitas asociadas a huéspedes hembras nos da un valor de 0.4718, mientras que las asociadas a huéspedes machos nos dan un valor de 0.4394. Esto quiere decir que la relación talla-fecundidad tiene valores mayores en el caso de las hembras parásitas asociadas a huéspedes hembra, lo cual se puede deber a que, al ser mayores los organismos de *Hippolyte zostericola* hembras, el tamaño de la cámara branquial donde las parásitas pueden poner sus huevos es mayor.

Los resultados obtenidos en los trabajos previamente realizados (Kinne, 1954; Jensen, 1956; Fonseca *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2001; Sokolowicz y Araujo, 2013) en organismos pertenecientes a la clase Malacostraca tienen resultados similares a los resultados obtenidos en este trabajo. Esto obedece, probablemente a que, dentro del mismo grupo taxonómico, los organismos se comportan generalmente de la misma manera, debido a que sufrieron las mismas adaptaciones evolutivas y cambios tanto en su morfología como en su biología reproductiva.

Los resultados también nos proveen información poblacional (Tabla 2 y 5), como que los meses en los que menos huevos se encontraron en huéspedes hembra fue en octubre del 2012 y para los huéspedes macho fue en abril del 2013, mientras que los meses en los que se encontró la mayor cantidad de huevos para huéspedes hembra fue en diciembre del 2012 y para los machos fue en abril del 2013.

Obtener información poblacional de las especies que habitan un ecosistema es de gran importancia, ya que con esto se puede saber si las especies han sufrido una reducción en su población, lo cual puede darse a cabo por la contaminación, cambio climático, pesca, fragmentación de ecosistema y por muchos otros motivos, tanto naturales como antrópicos.

Para lograr establecer un plan de conservación efectivo, es necesario contar con toda la información necesaria de la población en cuestión. Se deben de conocer a fondo la dinámica poblacional de las especies antes de poder implementar un método de conservación. Además, conocer cómo es el crecimiento de la población nos ayuda a entender el efecto de las actividades humanas sobre las especies. Por ejemplo, si queremos medir el efecto de una construcción,

medimos el tamaño poblacional y otros parámetros en la población de interés antes y después de la intervención.

Es importante conocer la dinámica poblacional de estas especies, ya que, constituyen uno de los principales grupos zoológicos del medio acuático, son integrantes importantes de las comunidades marinas y son un recurso valioso en la economía del ser humano, ya que frecuentemente se observan en el contenido estomacal de peces de importancia comercial (Mercado, 2017).

Si bien la ingesta de hospederos infestados por bopíridos no representa riesgo alguno para la salud humana (Paradiso *et al.*, 2004), la presencia del parásito modifica la apariencia de los hospederos, lo que puede reducir el valor comercial de los organismos infestados, debido a su apariencia física (com. personal). En consecuencia, este fenómeno origina pérdidas económicas para algunas pesquerías tanto industrializadas como artesanales (Román-Contreras, 1983).

Los isópodos juegan un papel significativo sobre las comunidades naturales de sus hospederos que, por su abundancia, pueden influir en la estructura y dinámica de los sistemas acuáticos que habitan, ya sea como eslabones clave en la trama trófica de zonas de pastos marinos, o como moldeadores del ambiente estuarino. (Torres *et al.*, 2007)

Es por todo esto que se requiere un mejor entendimiento de la biología y ecología de las diferentes especies de isópodos bopíridos, a fin de prevenir o aminorar los impactos negativos en poblaciones naturales y/o económicamente importantes; y (o que permitan una utilización más eficiente y certera de las relaciones e interacciones en la asociación parásito-hospedero como bioindicadores.

## CONCLUSIONES

### Análisis poblacional

- Las hembras de la especie *Bopyrina abbreviata* son de mayores tallas que los machos.
- La talla de la especie *Bopyrina abbreviata* se da en función lineal a la talla de su huésped, *Hippolyte zostericola*.
- El promedio del largo del caparazón (LC) de los machos huésped muestreados es de 1.629 mm.
- El promedio del LC de las hembras huésped muestreados es de 1.657 mm.
- El promedio del largo total (LT) de las hembras parásitas asociadas a huéspedes machos es de 1.593 mm.
- El promedio del (LT) de las hembras parásitas asociadas a huéspedes hembras es de 1.692 mm.

### Análisis de fecundidad

- El promedio de huevos que tienen las hembras de *Bopyrina abbreviata* asociado a huéspedes hembra es mayor al promedio de huevos que tienen las hembras de *B. abbreviata* asociados a huéspedes machos de *Hippolyte zostericola*.
- La correlación global entre el largo del caparazón de los machos huésped y el largo total de su hembra parásita da un resultado de 0.8453, lo cual nos indica que la correlación se encuentra presente para el 84.5% de la población global.
- La correlación global entre el largo del caparazón de las hembras huésped y el largo total de su hembra parásita da un resultado de 0.9005, es decir, la correlación se encuentra presente para el 90% de la población total.
- La correlación global entre el largo total de las hembras parásitas encontradas en huéspedes machos y el número de huevos de estas da un valor de 0.4394, lo cual nos indica que solo para el 43% de los casos esta correlación se cumple.

- La correlación global entre el largo total de las hembras parásitas encontradas en huéspedes hembra y el número de huevos de estas da un valor de 0.4718, lo cual nos indica que esta correlación se encuentra presente en el 47% de los casos.
- Al tener resultados positivos en el análisis que compara el tamaño de *Bopyrina abbreviata* con su fecundidad y el que compara el tamaño de *Hippolyte zostericola* con el tamaño de *B. abbreviata*, sabemos que ambas características están relacionadas entre sí y que son dependientes la una de la otra. Esto va de acuerdo con nuestra hipótesis inicial, lo cual era de esperarse, ya que lo mismo ocurre para las otras especies del mismo Phylum mencionadas previamente en los antecedentes.

## LITERATURA CITADA

- Achouri, M. S., Marques, J. C. (2003). Biology, population structure, and field-growth rates of *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) (Isopoda, Oniscidea) at Garat Nâam (Kasserine, Tunisia). *Crustaceana*. 75: 1241-1262.
- Anger, K., Moreira, G. S. (1998). Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *Journal of Crustacean Biology*. 18: 823-838.
- Bach, L., Calderon, R., Cepeda, M. F., Oczkowski, A., Olsen, S.B. y Robadue, D. (2005). Resumen del perfil de primer nivel del sitio laguna de Términos y su cuenca, México. Recuperado el 2 de junio de 2019 de: <https://www.crc.uri.edu/>
- Barba, M. E., Sánchez, M. A., Raz-Guzmán, A., Gallegos, M. E. (2000). Dieta natural y tasa de forajeo del camarón carideo *Hippolyte zostericola* Smith sobre epífitas *Thalassia testudinum* Banks et Solander ex König. *Hidrobiológica*. 10(2): 139-146.
- Barnes, H., Barnes, M., (1968). Egg numbers, metabolic efficiency of egg production and fecundity; local and regional variations in a number of common cirripedes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2: 135-153.
- Benítez, J. A., Rojas, J. L., Zárate, D. L. y García, G. G. (1991). Avances en el diagnóstico ecológico-geográfico de la llanura deltáica del Sureste de México. *Jaina Boletín Informativo*, 2(3). EPOMEX.
- Boyko C. B., Williams, J. D. (2009). Crustacean parasites as phylogenetic indicators in decapod evolution. In: Martin JW, Crandall KA, Felder DL, editors. *Crustacean Issues 18, Decapod Crustacean Phylogenetics*. Florida, USA: CRC Press. p. 197-220.
- Boschi, E. 1964. Los crustáceos decápodos Brachyura del litoral bonaerense. *Boletín del Instituto de Biología Marina*, 6: 1-99.
- Brusca, R. C., Moore. W., Shuster, S. M. (2016). *Invertebrates. Crustacea* pp. 788-810. Sunderland, Massachusetts: Sinauer.
- Carpio, A. C. (2017). 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 de

- licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Coll-Hurtado, A. (1971). *La Laguna de Términos: principales formas litorales*. Anuario de Geografía. Tomo XI, pp. 185-194. UNAM. México.
- Comisión de las Áreas Naturales Protegidas (5 de diciembre de 2019). Reserva de la Biósfera Ría Lagartos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/documentos/reserva-de-la-biosfera-ria-lagartos>
- Cruz O. R., Machado N. A. y Alba C., V. (1989). Mineralogía y distribución de los sedimentos de la laguna de Términos, Campeche. *Revista de Investigación Científica de la Universidad Autónoma de Baja California Sur*. (1): 16-21.
- David, L.T. y Kjerfve, B., (1998). Mareas y corrientes en dos entradas de Laguna de Términos, México. *Cont. Shelf Res.* 18(10): 1057-1079.
- de la Lanza-Espino, G. y Lozano-Montes, H., (1999). Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiológica*. 9(1): 15-30.
- Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (2003). Área y protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Recuperado el 17 de septiembre de 2021 de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1356RIS.pdf?language=es>
- Fiedler, G. C. (2002). The influence of social environment on sex determination in harlequin shrimp *Hymenocera picta* (Dana, 1852) (Decapoda, Gnathophyllidae), *Journal of Crustacean Biology*, 22(4): 750-761.
- Fonseca, D. B., Veloso, V. G. y Cordoso, R. S. (1999). Growth, mortality, and reproduction of *Excirolana braziliensis* (Richardson, 1912) (Isopoda, Cirolanidae) on the Praina beach, Rio de Janeiro, Brazil. 73(5): 535-545
- Hardin, G. (1993). *Living within limits: Ecology, economics and population taboos*. USA: Oxford University Press.
- Instituto Nacional de Ecología (1997). Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Retículas gráficas. Recuperado de: [https://simec.conanp.gob.mx/pdf\\_libro\\_pm/118\\_libro\\_pm.pdf](https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/118_libro_pm.pdf)

- Jensen, J. P. (1956). Biological observations on the isopod *Sphaeroma hookeri* Leach. Vidensk. Meddr dansk naturh. Foren. 117: 305-339.
- Kinne, O. (1954). Eidonomie, Anatomie und Lebenszyklus von *Sphaeroma hookeri* Leach (Isopoda). Kieler Meeresforsch. 10: 100-20.
- Labougle, J. M., J. Hernandez y M. E. Santiago, (2002). Atlas Territorial. Región de Términos. Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A.C. México.
- Laffon-Leal, J. P., Rodríguez-Santiago, M. A., Gelabert, R., Laffon-Leal, S. M., Rosales-Casian, J., Grano, M. M., Guerra-Santos, J., Cárdenas-Callirgos, J., Iannacone, J. (2019). Parasitism by epicarid isopods on its host shrimp *Hippolyte zostericola* (Caridea: Hippolytidae) under reproductive-stage. VIII COPANEO. internacional de Parasitología Neotropical (VIII COPANEO)
- Mancilla, P., M. y M. Vargas F., (1978). Estudios sobre el flujo neto de agua a través de la laguna de Términos, Campeche. Res). VI Congreso Nacional de Oceanografía. 131.
- Markham, J. C. (1974). A systematic study of parasitic bopyrid isopods in the west Indian faunal region, 15-17.
- 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, Florida Department of Natural Resources, 7-8.
- Marques, J. C., Martins, I., Teles-Ferreira, C., Cruz, S. (1994). Population dynamics, life history, and reproduction of *Cyathura carinata* (Kroyer, 1847) (Isopoda: Anthuridae) in the Mondengo estuary, Portugal, Journal of Crustacean Biology, 14(2): 258-171.
- Mercado, S. L., (2017). Análisis poblacional y de fecundidad de *Tozeuma carolinense* (Decapoda: Caridea: Hippolytidae) en tres localidades del Golfo de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Militelli, M. I., Padín, O. (2021). Estrategias reproductivas en crustáceos comerciales. Su importancia en el conocimiento y uso sustentable de los recursos pesqueros. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/consejo/estrategias-reproductivas-en-crustaceos-comerciales-su-importancia-en-el-conocimiento-y-uso>

- Montesanto, G., Musarra, G. P., Caruso, D., Lombardo, B.M. (2012). The postmarsupial development of *Porcellio siculoccidentalis* (Viglianisi, 1992), with some data on reproductive biology (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *ZooKeys*. 176: 87-101.
- Muñoz, G. (2001), Diferencias en las historias de vida de dos especies de isópodos bopíridos (Isópoda: Epicaridea) que parasitan al nape *Neotrypaea uncinata* (Milne-Edwards, 1837) (Decapoda: Thalassinidea), *Revista Chilena de Historia Natural*. 74: 755-761.
- Negreiros-Fransozo, M. L., Barba, E., Sanchez, A. J., Fransozo, Ráz-Guzmán, A. (1996). The species of Hippolyte Leach (Crustacea, Caridea, Hippolytidae) from Terminos Lagoon, Southwestern Gulf of Mexico. *Rev. Bras. Zool.* 13 (3): 539-551
- Osorio, O. A. y Ramírez R. M (1988). Estudio hidrológico desde el punto de vista físico-químico y químico de la laguna de Términos, Campeche, México. Tesis de licenciatura (mancomunada). Facultad de Química. UNAM. 193 p.
- Paradiso, M. L., Bottari, T., Marino, F., Boyko, C. B., Rinelli, P., Gianneto, S., (2004). Presence and hispathology of the parasitic isopod, *Pseudione affinis* (Epicaridea, Bopyridae) on pandalid shrimps from the central Mediterranean Sea. *Crustaceana*, 77(4): 397-405.
- Pennafirme, S., Soares-Gomez, A. (2009). Population biology and reproduction of *Kalliapseudes schubartii* Mañé-Garzón, 1949 (Peracarida, Tanaidacea) in a tropical coastal lagoon, Itaipu, Southeastern Brazil. *Crustaceana*. 82(12): 1509-1526.
- Quadros, A. F., Caubet, Y., Araujo, P. B. (2009). Life history comparison of two terrestrial isopods in relation to habitat specialization. *Acta Oecologica*. 35: 243-249.
- Ramírez, A. R., Contreras, R. R. y Olvera, S. C. (2001). Population structure and fecundity of *Anopsilana Oaxaca* (Carvacho & Haasmann, 1984) (Isopoda, Cirolanidae) of the Pacific Coast of Mexico.
- Ramirez, L. E., (2002). Fecundity and life-history strategies in marine invertebrates. In, Southward, A.J., Tyler, P.A., Young, C.M. and Fuiman, L.A. (Eds.) *Advances in Marine Biology*, Vol. 43. London, UK. Academic Press, pp. 87-170.
- Ramos, M. J., Villalobos, Z. G. (2015). Aspectos socioambientales de la región de la laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. 210 p.

- Rana, S. 2013. Essentials of ecology and environmental science (fifth edition). India: PHI learning.
- Román Contreras, R., (1983). Impacto de parasitosis causada por isópodos bopíridos sobre *Macrobrachium* spp. en las costas del Pacífico. 358-363 pp. En: FGG: Arana P.M. (ed.) Proceedings of the International Conference on Marine Resources of the Pacific. Viña del mar, Chile.
- Romero-Rodríguez, J., Román-Contreras, R. (2013), 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 laguna de términos, Campeche". Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/86499>
- Romero-Rodríguez, J., Román-Contreras, R., Cházaro-Olvera, S. & Martínez-Muñoz, M. (2016): Growth of individuals within the parasite-host association *Bopyrina abbreviata* (Isopoda, Bopyridae) and *Hippolyte zostericola* (Decapoda, Caridea), and variations in parasite morphology, Invertebrate Reproduction & Development. 60(1):39-48
- Sánchez, P. J., Beltrán, A. R., Ramírez, L. J. (2007), Crecimiento y reproducción del camarón *Atya margaritacea* (Decapoda: Atyidae) en el Río Presidio, Sinaloa, México. Revista de Biología Tropical. 56(2): 513-522.
- Scheltema, R. S. (1994). Adaptations for Reproduction Among Deep-Sea Benthic Molluscs: An Appraisal of the Existing Evidence. In Young, C., and Eckelbarger, K. (Eds.). Reproduction, larval biology, and recruitment of the deep-sea benthos (pp. 51-53). New York, USA: Columbia University Press.
- Schram, R. (1986). Crustacea. San Diego Natural History Museum. Oxford University Press. 3(7): 132-141.
- Schram, R. (1986). Crustacea. San Diego Natural History Museum. Oxford University Press. 3(7): 260-263.

- Sokolowicz, C. C., Araujo, P. B. (2013). Reproductive pattern of the Neotropical terrestrial isopod *Benthana cairensis* (Araujo & Boetler, 2008) (Isopoda: Philosciidae), *Journal of Crustacean Biology*, 32(2): 210-217.
- Soong, K., Mok, H. K. (1994). Size and maturity stage observations of the deep-sea isopod *Bathynomus doederleini* (Ortmann, 1894) (Flabellifera: Cirolanidae), in eastern Taiwan, *Journal of Crustacean Biology*, 14(1): 72-79.
- Sutton, S. L., Hassall, M., Willows, R., Davis, R. C., Grundy, A., Suderland, K. D. (1984). Life histories of terrestrial isopods: a study of intra and interspecific variation. *Symposia of the Zoological Society of London*, 53: 269-294.
- Torres, P., Penha-Lopes, G., Macia, A. y Paula, J., (2007). Population structure and egg production of the seagrass shrimp *Hippolyte kraussiana* Stimpson, 1860 (Decapoda: Hippolytidae) at Inhaca Island, Mozambique. *Invertebrate Reproduction and Development*, 50(3): 145-153.
- van de Kerk, M., Littles, C., Lorenzen, S. K., (2016). The Effect of Latitudinal Variation on Shrimp Reproductive Strategies. *PLoS ONE* 11(5):e0155266.  
doi:10.1371/journal.pone.0155266
- van Sensus, P. (1988). Reproduction of the Sandhopper, *Talorchestia capensis* (Dana) (Amphipoda, Talitridae). *Crustaceana* 55(1): 93-103
- Vázquez, R. (1995). Ecología y medio ambiente. México: Patria. 1: 31-34
- Vázquez, G. F., Dorantes, V. H., Alexander V. H. y Frausto A. C. (1988). Estudio hidrológico de las aguas costeras, frente a las bocas de la laguna de Términos, Campeche, en dos épocas climáticas diferentes. Parte I. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 15(2): 183-194.
- Vera-Herrera, F., Rojas-Galaviz, J. L., Fuentes, C. Y., Ayala-Pérez, L., Álvarez-Guillén, H. y Coronado-Molina, C. (1988). Descripción ecológica del sistema fluvio-deltáico del río Palizada. 4: 51-88. En: A. Yáñez-Arancibia, A. y J. W. Day Jr. Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: la Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México.

Yáñez-Arancibia A. y Day, J. W. (1988a). Caracterización ecológica de la laguna de Términos, un sistema lagunar-estuarino tropical en el sur del Golfo de México. p. 431-440.

Yáñez-Arancibia, A. y Day, J. W. (1988b). Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sureste del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. UNAM-OEA. 1-26.