

197.  
2e)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

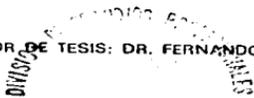
FACULTAD DE CIENCIAS

“MODIFICACIONES MORFOLOGICAS EN JAIBAS DEL GENERO *Callinectes* (BRACHYURA: PORTUNIDAE) CAUSADAS POR EL CIRRIPEDIO PARASITO *Loxothylacus texanus* (CIRRIPEDIA: RHIZOCEPHALA)”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :  
RAFAEL ROBLES REYES



DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO ALVAREZ NOGUERA



MEXICO, D. F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS

1997



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.

**PAGINACION VARIA**

**COMPLETA LA INFORMACION**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

M. en C. Virginia Abrin Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:  
"Modificaciones morfológicas en jaibas del género Callinectes  
(Brachyura: Portunidae) causadas por el cirripedio parásito  
Loxothylacus texanus (Cirripedia: Rhizocephala)"  
realizado por Rafael Robles Reyes

con número de cuenta 8856136-1 . pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dr. Fernando Alvarez Noguera

Propietario

Dr. Adolfo Gracia Gasca

Propietario

Dra. Guillermina Alcaraz Zubeldia

Suplente

Biól. José Luis Villalobos Hiriart

Suplente

Biól. Efraín Tovar Sánchez

*Fernando Alvarez Noguera*  
*Adolfo Gracia Gasca*  
*Guillermina Alcaraz Zubeldia*

FACULTAD DE CIENCIAS

UNAM

Consejo Departamental de Biología

M. EN C. ALEJANDRO MARTÍNEZ MENA



DEPARTAMENTO DE  
BIOLÓGICA

Vuelvo / quiero creer que estoy volviendo  
con mi peor y mi mejor historia  
conozco este camino de memoria  
pero igual me sorprende

vuelvo y pido perdón por la tardanza  
se debe a que hice muchos borradores  
me quedan dos o tres viejos rencores  
y solo una confianza

en qué momento consiguió la gente  
abrir de nuevo lo que no se olvida  
la madriguera linda que es la vida  
culpable o inocente

propios y ajenos vienen en mi ayuda  
preguntan las preguntas que uno sueña  
cruzo silbando por el santo y seña  
y el puente de la duda

tira y afloja entre lo que se añora  
y el fuego propio y la ceniza ajena  
y el entusiasmo alegre y la condena  
que no nos sirve ahora

nosotros mantuvimos nuestras voces  
ustedes van curando sus heridas  
empiezo a comprender las bienvenidas  
mejor que los adioses

todos estamos rotos pero enteros  
diezmados por perdones y resabios  
un poco más gastados y más sabios  
más viejos y sinceros

vuelvo / quiero creer que estoy volviendo  
con mi peor y mi mejor historia  
conozco este camino de memoria  
pero igual me sorprende

hay tanto siempre que no llega nunca  
tanta osadía tanta paz dispersa  
tanta luz que era sombra y viceversa  
y tanta vida trunca

reparto mi experiencia a domicilio  
y cada abrazo es una recompensa  
pero me queda / y no siento vergüenza /  
nostalgia del exilio

vuelvo y se distribuyen mi jornada  
las manos que recobro y las que dejo  
vuelvo a tener un rostro en el espejo  
y encuentro mi mirada

me fui menos mortal de lo que vengo  
ustedes estuvieron / yo no estuve  
por eso en este cielo hay una nube  
y es todo lo que tengo

vuelvo de buen talante y buena gana  
se fueron las amugas de mi ceño  
por fin puedo creer en lo que sueño  
estoy en mi ventana

vuelvo con la esperanza abrumadora  
y los fantasmas que lleve conmigo  
y el arrabal de todos y el amigo  
que estaba y no está ahora

vuelvo sin duelo y ha llovido tanto  
en mi ausencia en mis calles en mi mundo  
que me pierdo en los nombres y confundo  
la lluvia con el llanto

Quiero creer que estoy volviendo  
M. Benedetti

El universo galopa su errante resonancia  
allí, donde la historia del hombre ha sido escrita

M. Hernández

*A Fernando y Cristina*

*A Oliva, Luz María, Fernando, Cristina, Mariano y muy en especial a Blanca.*

*A Guillermo Guillot García y Javier Reyes*

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, A la Facultad de Ciencias y al Instituto de Biología por todas las facilidades que se me brindaron como tesista de la Colección Nacional de Crustáceos.**

**A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo que me brindó al otorgarme una beca a través del proyecto IN 2505 Impacto del parasitismo por cirripedios en las poblaciones de jaibas".**

**Al Dr. Fernando Alvarez quien dirigió este trabajo y me ha regalado su apoyo incondicional así como su inapreciable confianza.**

**Al Biol. José Luis Villalobos "el otro osito chupador" por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar este manuscrito.**

**Al Dr. Adolfo Gracia, la Dra. Guillermina Alcaraz y el Biol. Efraín Tovar por todas sus observaciones y sugerencias que enriquecieron el presenta trabajo.**

**A mis compañeros del laboratorio: Katya, Ceci, Carmen, María Elena, Paola, Yola, Tere, Margarita , Rolando y Jorge, por los momentos agradables que hemos compartido.**

**A Juan Carlos "Juanito" por su amistad y apoyo, además por la ayuda en la corrección del texto.**

**A toda la "Banda" en especial a Francisco y Felipe por su apoyo incondicional.**

**A Guillermo y Heidi por el interés que siempre mostraron en la culminación de este trabajo.**

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
Clasificación	2
Ciclo de vida	4
Efectos de los rizocéfalos en sus hospederos	6
Distribución	11
<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>13</b>
<b>AREA DE ESTUDIO</b>	<b>14</b>
<b>MATERIAL Y METODO</b>	<b>16</b>
Lugar de colecta y método	16
Tratamiento estadístico	19
<b>RESULTADOS</b>	<b>21</b>
Distribución de tallas	21
<i>Callinectes rathbunae</i>	25
<i>Callinectes sapidus</i>	40
Comparaciones entre especies	45
<b>DISCUSION</b>	<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>57</b>

## RESUMEN

A lo largo de la costa del Golfo de México se distribuyen varias especies de jaibas entre las que sobresalen, por su importancia económica, la jaiba azul, *Callinectes sapidus*, y la jaiba prieta, *C. rathbunae*. Ambas especies son parasitadas por el cirripedio rizocéfalo *Loxothylacus texanus*, que es considerado uno de los principales factores bióticos que afecta sus poblaciones. La presencia de este parásito ha sido registrada en varios trabajos, tanto en México como en Estados Unidos, basados en la presencia de la fase externa del parásito. En este trabajo se demuestra que las modificaciones abdominales en los hospederos afectados por *Loxothylacus texanus* son suficientes para determinar la presencia del parásito. Se presentan datos estadísticos que avalan la existencia de dos tipos de grados de modificación abdominal previamente registrados, abdomen redondeado y triangular, además de presentar un grado de modificación intermedia, llamado aquí abdomen semiredondeado. Se describe la relación de cada uno de los hospederos con el parásito en aspectos como distribución de tallas del hospedero, número posible de infecciones y segmentos abdominales donde se lleva a cabo la emergencia de la externa, así mismo se presenta una discusión acerca de la importancia de las infecciones múltiples en las modificaciones de los segmentos abdominales así como en el gonópodo. Por último, se hace una discusión acerca de la respuesta diferencial de los dos hospederos a la infección.

## INTRODUCCIÓN

Los rizocéfalos son percebes extremadamente especializados para la vida parásita (Glennner y Hoeg, 1995; Hoeg y Lützen, 1995). A diferencia de otros cirripedios, el estado adulto se caracteriza por carecer de segmentación, tracto digestivo y placas calcáreas presentes en otros cirripedios (O'Brien y Van Wyk, 1984; Hoeg y Lützen, 1995); sin embargo, la mayoría presenta los dos tipos larvales dioicos propios del grupo, el nauplio y la cipris (Hoeg, 1991; Alvarez *et al.*, 1996; Lázaro-Chávez *et al.*, 1995).

Aunque los rizocéfalos son parásitos específicos de crustáceos (Hoeg, 1992 b; Clare *et al.*, 1993; Glennner y Hoeg, 1995) la especificidad de hospederos no es estricta y pueden parasitar dos o más hospederos, generalmente especies emparentadas (Hoeg, 1982; Hoeg y Lützen, 1995).

Las aproximadamente 200 especies de rizocéfalos se han agrupado en 8 familias (Hoeg, 1992; Clare *et al.*, 1993), divididas en dos subórdenes, Kentrogónida y Akentrogónida (Tabla 1). El primer grupo se caracteriza por poseer un estado larval adicional, el kentrogón en hembras y el trycogón en machos, que no presenta el segundo. Esta nueva fase es la que lleva a cabo la infección en los kentrogónidos mientras que en los akentrogónidos lo realiza la larva cipris hembra (Hoeg, 1990; Hoeg y Lützen 1993; Hoeg y Lützen, 1995).

Tabla 1: Clasificación del Orden Rhizocephala\*

Suborden	Familia	Género
Kentrogónida	Peltogastridae	<i>Peltogaster</i>
		<i>Peltogastrella</i>
		<i>Briarosaccus</i>
	Lernaediscidae	<i>Septosaccus</i>
		<i>Lernaediscus</i>
	Sacculinidae	<i>Triangulus</i>
		<i>Sacculina</i>
		<i>Heterosaccus</i>
		<i>Loxothylacus</i>
		<i>Drepanorchis</i>
Akentrogenida	Clistosaccidae	<i>Clistosaccus</i>
		<i>Sylon</i>
	Mycetomorphidae	<i>Mycetomorpha</i>
	Duplorbidae	<i>Duplorbis</i>
	Chthamalophilidae	<i>Chthamalophilus</i>
		<i>Boschmaella</i>
	Thompsoniidae	<i>Thompsonia</i>
<i>Thylacoplethus</i>		
		<i>Diplothylacus</i>

\*Tomado de Hoeg y Lützen (1995)

## Ciclo de vida

El ciclo de vida de los parásitos rizocéfalos comienza cuando una larva cipris se fija a un hospedero vulnerable, preferentemente recién mudado (Walker *et al.*, 1992; O'Brien y Van Wyk, 1984; Hoeg y Lützen, 1995). El sitio de fijación difiere, según la especie de rizocéfalo, en cerdas del cuerpo y de los apéndices, en branquias o en la parte dorsal del abdomen (Ritchie y Hoeg, 1981; Hoeg, 1990; Clare *et al.*, 1993; Hoeg y Lützen, 1995), e inocula de una célula hasta una masa de células embrionarias totipotenciales. Esta masa celular se instala en algún lugar a lo largo del intestino y produce un tumor (primordio) que da lugar a un sistema de raíces que absorben nutrientes del hepatopáncreas y otros tejidos del hospedero. Lo que sucede entre la inyección de la masa celular y la formación del primordio se desconoce en la mayoría de las especies a excepción de *Loxothylacus panopei* que parásita a *Rhitropanopeus harrisi* (Glennner y Hoeg, 1995). Estos autores describen un estado intermedio vermiforme que contiene cerca de 25 células capaz de llevar a cabo movimientos autónomos. En este estado el parásito libera algunas células en la hemolinfa aproximadamente 8 a 16 horas posteriores a la infección sin que se tenga conocimiento del destino inmediato de ellas. Eventualmente, parte del endoparásito emerge a través de la cutícula del hospedero y forma un cuerpo reproductivo en forma de bolsa, conocido como externa, que se conecta a la parte interna del parásito por un delgado tallo en la base de la misma (O'Brien y Van Wyk 1984; Hoeg y Lützen, 1995). Los mecanismos citológicos que permiten la emergencia de la externa han sido poco atendidos, sin embargo, algunos autores a partir de sus observaciones comparten la creencia de que, en algunas especies, únicamente comprenden la destrucción de células epiteliales y no de la cutícula. En este sentido, el proceso de emergencia del parásito depende de la ecdisis del hospedero (Lützen, 1981a; Lützen y Jespersen, 1992; Hoeg y Lützen, 1995). Sin embargo, en especies donde el parásito solamente tiene que disolver el tegumento no-calcificado de su hospedero, la emergencia se puede llevar a cabo en el periodo de intermuda (Reinhard, 1942; Hoeg y Lützen, 1995). El surgimiento de este cuerpo reproductivo generalmente se lleva a cabo en el abdomen del hospedero, en el sitio

donde un organismo no-parasitado podría portar su masa ovígera, y se beneficia con ello ya que algunos hospederos la protegen como si realmente lo fuera (Ritchie y Hoeg, 1981; Hoeg, 1992). Además del abdomen se ha registrado la presencia de la externa en el tórax del manto del hospedero (balano) (Hoeg, 1992).

La externa permanecerá pequeña (inmadura) hasta que una larva cipris macho la fecunde por medio de la inyección, a través de una de las antenas o de un estilete, de células espermáticas primordiales que emigran a receptáculos especiales dentro de la externa, donde llevan a cabo la espermatogénesis (O'Brien y Van Wyk, 1984; Alvarez *et al.*, 1995). Cuando la externa ha madurado, contiene ovarios, testículos y una cavidad del manto que porta los embriones.

El ciclo de *Loxothylacus texanus* se cree que es similar al de *Sacculina carcini*, una especie relacionada que ha sido estudiada ampliamente y que tiene un ciclo de vida típico de los rizocéfalos kentrogónidos (Reinhard, 1950; Hochberg *et al.*, 1992). Se inicia con la liberación de larvas de la bolsa o externa que forma el parásito hembra maduro. Los rizocéfalos presentan dos etapas larvarias, nauplio y cipris. La etapa de nauplio tiene una vida promedio de 2 a 4 días habiendo probablemente dos subetapas de nauplio que se distinguen por la aparición de un mayor número de segmentos y cerdas. La siguiente etapa larvaria es la de cipris que puede durar entre 2 y 8 días también dependiendo de la temperatura y de la disponibilidad de hospederos. La competencia (estado de maduración tras el cual la larva puede sedimentarse para fijarse permanentemente) se adquiere a los dos días de la muda. En el caso de *Loxothylacus texanus*, al ser una especie parásita, la competencia equivale a volverse infectiva. El mecanismo por el cual las larvas cipris infectivas localizan al hospedero no se ha descrito. Sin embargo, para especies estuarinas, parece que la microdistribución tanto de larvas infectivas como de hospederos potenciales dentro de los estuarios coincide (Walker *et al.*, 1992; Hochberg *et al.*, 1992; Alvarez, 1993). Una vez que la larva cipris encuentra al hospedero susceptible, se fija en alguna parte suave del caparazón por medio de sus antenas, de la misma manera que otros percebes de vida libre al sustrato sólido. Al cabo de dos días la larva cipris muda a la etapa de kentrogón que es en esencia

una bolsa con un estilete que penetra el tegumento del hospedero. El kentrogon sufre una reorganización interna hasta convertirse en un paquete celular que es inyectado al hospedero por medio del estilete. El paquete celular, se presume, viaja dentro de la jaiba por medio de la hemolinfa hasta asentarse en la región torácica justo por debajo del caparazón y cerca del paquete nervioso formado por ganglios. Una vez asentado el paquete celular se multiplica hasta invadir la mayoría de los órganos de la jaiba y al llegar a cierto punto, que coincide con la muda de la jaiba, se rompe la parte interna del abdomen de la jaiba y emerge una pequeña bolsa del parásito (Alvarez *et al.*, 1995). A esta etapa del parásito se le llama externa y alojara, cuando alcance su tamaño óptimo, a los ovarios y un receptáculo seminal. La externa presenta un orificio que se conoce como la apertura del manto que conduce al receptáculo seminal. Como se mencionó, los rizocéfalos son gonocóricos, es decir tienen los sexos separados y se producen larvas macho y larvas hembra. De esta manera, larvas cipris macho serán atraídas a la externa que representa el parásito hembra y la fertilizarán penetrando el receptáculo. Aquí se cierra el ciclo cuando el parásito madura y empieza a reproducirse.

#### **Efectos de los rizocéfalos en sus hospederos**

Durante la fase interna del parásito, es decir desde el momento de la inoculación hasta el momento de la emergencia de la externa, el hospedero sufre una serie de modificaciones a nivel morfológico, fisiológico y conductual. Estos cambios incluyen la esterilización, la feminización y la disminución del crecimiento, que en muchos casos, con la aparición de la externa, se detiene totalmente (anecdosis parasítica) (O'Brien y Van Wyk, 1984; Hoeg y Lützen, 1985; Alvarez *et al.*, 1995). Las distintas especies de rizocéfalos difieren en el grado de modificaciones que producen en el hospedero, además de que estos cambios pueden variar en dos especies distintas parasitadas por el mismo rizocéfalo (Reinhard, 1956).

Entre los cambios morfológicos producidos por parásitos rizocéfalos a sus hospederos los más evidentes se observan en los machos al ser feminizados. Este proceso consiste en el ensanchamiento del abdomen del hospedero macho que aparenta ser el de una hembra. Se han realizado estudios en los que se demuestra que las relaciones alométricas del propodio quelar varían entre organismos parasitados y no-parasitados acentuando "la feminización" (O'Brien y Van Wyk, 1984; Shields y Wood, 1993).

La presencia de una red celular que está sustrayendo nutrientes del hospedero, evidentemente tiene consecuencias fisiológicas. Dentro de éstas solamente se mencionan las más evidentes: la esterilización, la reducción en el número de mudas, así como en los incrementos de muda y la anequis parasítica (Phillips y Cannon, 1978; O'Brien, 1984; Hawkes *et al.*, 1987). Además, en estudios de laboratorio se ha registrado que la mortalidad aumenta en el momento en que la externa emerge así como en el momento de la infección, cuando ésta se lleva a cabo en estado larval (megalopa) (Alvarez *et al.*, 1995).

El crecimiento de los crustáceos es discontinuo, se lleva a cabo por medio del desprendimiento periódico del exoesqueleto. En este proceso, designado como ecdisis, el esqueleto viejo es desechado quedando en su lugar uno nuevo previamente secretado por la epidermis. El nuevo esqueleto se caracteriza por su mayor tamaño además de encontrarse blando y flexible inmediatamente después de haberse desprendido de la cubierta anterior, por lo que se estira para alcanzar el tamaño aumentado del organismo y se endurece posteriormente (Barnes, 1985).

En general, los organismos afectados por rizocéfalos continúan llevando a cabo su crecimiento mientras el desarrollo del parásito es interno (Lützen, 1984; O'Brien y Van Wyk, 1984), pero en cuanto la externa emerge el proceso de crecimiento se detiene. Este efecto se conoce como anequis parasítica (Lützen, 1981a, 1981b; O'Brien y Van Wyk, 1984; O'Brien y Skinner, 1990) y en cangrejos braquiuros infectados por saculínidos es un proceso común (Reinhard, 1950). El promedio de tallas de hospederos parasitados difiere significativamente de los hospederos adultos no infectados registrados en distintos trabajos (Reinhard, 1950,

1956; O'Brien, 1984; O'Brien y Van Wyk, 1984; Alvarez *et al.*, 1995; Alvarez y Calderón, 1996) aunque Phillips y Cannon (1978) observaron que la moda de hospederos parasitados de *Portunus pelagicus* no difirió de la de los cangrejos sanos. Aquí es interesante hacer notar que algunos autores han registrado el hecho de que al separar la externa del abdomen de cangrejos parasitados, éstos pueden reiniciar su crecimiento es decir, recuperar su capacidad de mudar (Lützen, 1981b; Reinhard, 1956). Este fenómeno es muy importante ya que indica que la ecdisis realmente se detiene por efecto de la emergencia de la fase externa del parásito. Hay que señalar que no todos los rizocéfalos provocan este efecto en sus hospederos. Los parásitos pertenecientes a las familias Peltogastridae y Lernaecodiscidae no detienen el ciclo de muda en el momento en que la externa emerge (O'Brien y Van Wyk, 1984).

Se han propuesto tres hipótesis para explicar este fenómeno, sin embargo no se sustentan en su totalidad. La primera se refiere a la presencia de un cuerpo extraño por parte del parásito, representa una obstrucción física para la muda (Reinhard, 1956). La segunda y tercera son discutidas actualmente y suponen la desviación de nutrientes necesarios para que se lleve a cabo la ecdisis o bien el efecto del parásito sobre la acción hormonal (Reinhard, 1956; O'Brien y Van Wyk, 1984).

En hospederos parasitados por *Loxothylacus texanus*, al igual que otros saculinidos, la talla promedio de jaibas acarreado externas maduras es más pequeña que los cangrejos normales adultos (Reinhard, 1950; Hochberg *et al.*, 1992; Calderón 1996; Rodríguez, 1996). Esto podría explicarse si la infección de la mayoría de los cangrejos se llevó a cabo en estado juvenil y si la duración del estado interno fue corto en comparación con el largo tiempo requerido por las jaibas para alcanzar la talla adulta (Hochberg *et al.*, 1992).

Se ha separado la castración parasítica de la feminización ya que, estrictamente hablando, el primer término implica algún daño a las glándulas sexuales del hospedero, que perjudica su función (Reinhard, 1956). Por lo tanto las modificaciones morfológicas que no dañan o destruyen la gónada no deben

catalogarse como castración. Sin embargo, la relación tan estrecha entre ambos efectos induce que se traten al mismo tiempo. Así, O'Brien y Van Wyk (1984) hablan de la castración parasítica incluyendo dos eventos, la no-maduración de las gónadas del hospedero y la feminización de los machos.

Se ha observado que la mayoría de los hospederos parasitados por rizocéfalos son modificados en ambos sentidos, por una parte los machos adquieren, en distintos grados, características similares a las hembras, quelas más pequeñas y gonópodos más cortos y atrofiados. Además en los braquiuros el abdomen se ensancha tomando la forma característica de el de las hembras. Así mismo las relaciones alométricas de hembras parasitadas no cambian en alto grado y, en ambos sexos, las gónadas son atrofiadas en mayor o menor grado (Reinhard, 1950, 1956; Phillips y Cannon, 1978; Hoeg, 1982; O'Brien y Van Wyk, 1984; Shields y Wood, 1993). La única excepción se ha encontrado en los rizocéfalos del género *Tortugaster* que no castran a su hospedero e inclusive la externa emerge en la sexta somita abdominal, dejando lugar a la masa ovígera del hospedero (Hoeg y Lützen, 1995).

La feminización implica cambios morfológicos no solamente externos. Giard (1887 en Reinhard, 1956) observó que los segmentos abdominales, que generalmente se encuentran fusionados en cangrejos machos normales, se separan y adquieren libre movimiento en *Carcinus maenas* y *Portunus holsatus* confirmándose este fenómeno posteriormente. Este hecho se registró en *Callinectes sapidus* donde, además de la modificación externa, la musculatura de los machos se transforma adquiriendo una musculatura similar a la de las hembras (Reinhard 1950). El mismo autor supone que la feminización es resultado de un desequilibrio en las concentraciones de hormonas masculinas y femeninas en las jaibas, alteradas por el efecto del parásito y que resultan en las modificaciones mencionadas.

Como en otros cangrejos con dimorfismo sexual las jaibas parasitadas por *Loxothylacus texanus* sufren cambios morfológicos que culminan en el desarrollo de características semejantes a las de las hembras; el abdomen del macho se ensancha a través de un proceso conocido como feminización y pueden ser

distinguidos dos tipos de abdomen en machos feminizados, triangular y redondeado (Reinhard, 1950; Alvarez y Calderón, 1996). El ensanchamiento del abdomen se acompaña por un aumento en el número de pelos en el borde del mismo, ya que los machos normales solo tienen en los primeros cuatro segmentos y en los organismos parasitados se presentan en todos los segmentos (Reinhard, 1950, 1956).

Debido a las modificaciones que sufren los hospederos como resultado del parasitismo por cirripedios rizocéfalos, las poblaciones de hospederos de importancia comercial, como es el caso de las jaibas, tienen una serie de repercusiones a nivel poblacional. Por una parte, organismos parasitados no son removidos de la población por no alcanzar las tallas legales de captura, en este caso los organismos parasitados son estériles, sin embargo compiten con los no parasitados por alimento y espacio, lo cual puede disminuir la adecuación de estos últimos (Alvarez y Calderón, 1996). Inclusive los cangrejos parasitados podrían estar interfiriendo en la selección de pareja y por lo tanto en la fecundidad de los organismos de la parte sana de la población (Bishop y Cannon, 1979; Shields y Wood, 1993).

Para evaluar el impacto de los parásitos rizocéfalos en las poblaciones de hospederos, incluidas las jaibas del género *Callinectes*, se utiliza comúnmente la prevalencia es decir, el número de hospederos infectados con una especie parásita en particular entre el número de hospederos examinados (Margolis *et al.*, 1982). Sin embargo en el estudio de *Loxothylacus texanus* parasitando a *Callinectes rathbunae* y *C. sapidus* el efecto del parasitismo en las poblaciones de jaibas ha sido subvaluado debido a que el parásito no es visible durante la fase interna sin la ayuda de un microscopio, por lo que la forma más común de determinar su presencia se basa en la detección de la externa en el abdomen de las jaibas (Hochberg *et al.*, 1992). Este método subvalúa el efecto del parásito en las poblaciones de hospederos, por no tomar en cuenta la presencia de la fase interna del rizocéfalo, por lo que se ha sugerido la inclusión de machos feminizados en este tipo de estudios que podrían hacer más preciso éste cálculo ya que no se ha registrado hasta el momento ninguna otra causa de feminización (Alvarez, 1993;

Lázaro-Chávez *et al.*, 1996). Sin embargo en el caso de las hembras el problema quedaría por resolverse.

### **Distribución**

*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, se distribuye en la costa atlántica del continente desde Nueva Escocia, Canadá hasta el noreste de Argentina, incluyendo Bermuda y la Antillas.

*C. rathbunae* Contreras, 1930, es una especie endémica del Golfo de México (Chávez y Fernández, 1976) a partir de la boca del río Grande en Texas, EUA (Williams, 1974) hasta Laguna de Términos, México (Cedeño, 1976; en Raz Guzmán *et al.*, 1986).

*Loxothylacus texanus* se distribuye desde la Bahía Bizcaina, en Florida, hasta el Golfo de Morrosquillo, al suroeste de la desembocadura del río Magdalena en Colombia (Young y Campos, 1988; Alvarez y Blain, 1993, Hochberg *et al.*, 1992)

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Analizar de manera cuantitativa los cambios morfológicos, en las jaibas *Callinectes rathbunae* y *C. sapidus*, asociados con el parasitismo por *Loxothylacus texanus*

### Objetivos particulares

1. Demostrar que las modificaciones abdominales en el hospedero son suficientes para identificar jaibas infectadas, aún cuando la externa no esté presente.
2. Reconocer todas las formas distintas de abdomen que se pueden presentar en jaibas parasitadas provenientes de la laguna de Sontecomapan, Veracruz.
3. Determinar si el grado de modificación abdominal se encuentra relacionado con el número de externas, con la frecuencia de utilización de algún segmento abdominal al emerger la externa, con la talla del hospedero y con el grado de atrofia del gonópodo.
4. Comparar la frecuencia de emergencia de la externa del parásito en los segmentos abdominales entre sexos.
5. Determinar si hay una respuesta diferencial entre ambos hospederos al parasitismo por *L. texanus*.

## ANTECEDENTES

La relación rizocéfalo-hospedero ha sido ampliamente estudiada desde diferentes puntos de vista. La descripción de la anatomía de los estados de desarrollo interno del parásito han sido descritos para *Clistosaccus paguri* (Hoeg, 1982) y para *Sylon hippolytes* (Lützen, 1981a) entre otros, así como el desarrollo interno (Hoeg, 1991, 1992). Los efectos de los parásitos sobre sus hospederos han sido abordados con detalle (O'Brien y Van Wyk, 1984; Reinhard, 1956; Hoeg, 1982; Shields y Wood, 1993) al igual que el ciclo de vida de las familias de rizocéfalos en general por medio de amplias revisiones (Hoeg, 1992; Hoeg y Lützen, 1995). Así mismo, existen algunos trabajos que describen la ultraestructura, así como el comportamiento de las larvas para poder fijarse a su hospedero (Hoeg, 1984; Clare *et al.*, 1993; Glenner y Hoeg, 1995). Por último son raros los estudios sobre infecciones llevadas a cabo en el laboratorio (Alvarez *et al.*, 1995) que han permitido observar el tiempo generacional, tiempo de maduración de la externa y modificaciones en el número de mudas e incremento de talla como resultado del parasitismo.

Los estudios acerca del parásito *Loxothylacus texanus* son amplios e incluyen trabajos realizados tanto en Estados Unidos, como en México; entre estos resaltan los que se refieren su distribución (Young y Campos, 1988; Hochberg *et al.*, 1992; Loran *et al.*, 1993; Alvarez y Calderón, 1996), prevalencia (Wardle y Tirpak, 1991; Lázaro-Chávez *et al.*, 1996; Calderón, 1996), y relación entre talla del parásito y talla del hospedero (Reinhard, 1950; Wardle y Tirpak, 1991). Los cambios morfológicos en las jaibas parasitadas han sido registrados por varios autores (Reinhard, 1950; Hochberg *et al.*, 1992; Alvarez y Calderón, 1996), resaltando el trabajo de Reinhard (1950) por describir no solo la morfología externa, sino también la modificación de los músculos abdominales de los cangrejos macho parasitados. La utilización de los cangrejos modificados, en los estudios de impacto del parásito sobre las poblaciones de jaibas, ha sido propuesta por Lázaro-Chavez *et al.* (1996) y posteriormente adoptada por Alvarez y Calderón (1996) así como por Calderón (1996) y Rodríguez (1996).

## ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Sontecomapan se encuentra en la región de Los Tuxtlas en la cuenca que forman el volcán San Martín Tuxtla y la Sierra de Santa Martha en el estado de Veracruz, México. Se localiza entre los 18° 30' y 18° 34' N y los 94° 02' y 94° 59' W (Figura 1). La cuenca es de origen tectónico conteniendo rocas volcánicas clásticas entre las que destacan brechas, tobas basálticas y andesíticas (Ríos, 1954 en Contreras, 1993; Calderón, 1996). La extensión aproximada de la laguna es de 12 km. a lo largo y 1.5 km. de ancho con una boca permanente en el extremo norte que la comunica con el mar. El fondo es somero con una profundidad promedio de 1.5 m y una profundidad máxima de 5 m (Reséndez, 1983).

Con respecto a la hidrología, la laguna está comunicada con el mar por medio de un canal permanente, conocido como "La Barra de Sontecomapan" manteniendo una influencia marina que es acentuada en las épocas de sequía. Por otra parte el flujo de agua dulce proveniente de los ríos y arroyos que desembocan en ella ejerce una influencia que se incrementa en la época de lluvias (Reséndez, 1983). Esta doble influencia es notoria con respecto a la salinidad en la que se observa un gradiente decreciente de la barra hacia la zona sur que es variable dependiendo de la época del año (Calderón, 1996).

El tipo de clima de Sontecomapan es cálido-húmedo con régimen de lluvias de verano y parte de otoño, con influencia de monzón y un alto porcentaje de lluvia invernal. La precipitación total se encuentra entre los 3000 y 4000 mm con un máximo en septiembre de 600 mm y un mínimo en febrero y marzo de menos de 100 mm (Reséndez, 1983; Gonzalez *et al.*, 1994).

La vegetación de la laguna es típicamente de manglar. La especie característica es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) que se encuentra mezclado con otras especies como *Pachira acuática*, *Acacia cornigera*, *Muelleria frutescens*, *Pithecellobium belizense*, *Hibiscus tiliaceus*, *Randia aculeata*, *Darlingia brownei* y *Machaerium falciforme*. En la zona influenciada por la pleamar se encuentra como especie predominante el mangle negro (*Avicennia germinans*). En la zona litoral se



## MATERIAL Y MÉTODO

Los organismos utilizados en este trabajo provienen de la captura comercial que se lleva a cabo en la Laguna de Sontecomapan, Veracruz. Se incluyen ejemplares obtenidos entre 1994-1996, además se revisaron jaibas que han sido depositadas en la Colección Nacional de Crustáceos del Instituto de Biología de la UNAM en fechas anteriores. Los organismos utilizados se incluyeron en la misma al término del trabajo (Tabla 2).

A cada uno de los ejemplares se les tomaron los siguientes datos:

Lugar y fecha de colecta

Especie.- La identificación se llevó a cabo de acuerdo a Williams (1974).

- ***Callinectes sapidus***. Se reconoce por presentar en el espacio interorbital dos dientes frontales prominentes, de forma triangular, ensanchados en su base.
- ***Callinectes rathbunae***. Se distingue por que la frente presenta 4 dientes en el espacio interorbital, el par submesial bien desarrollado y alcanzando más de la mitad del largo del par lateral, de forma triangular y aguda. Usualmente el par de dientes lateral más ancho que el par submesial.

Sexo.- El sexo de cada organismo fue determinado revisando el abdomen, tanto dorsal como ventralmente (Williams, 1974; Reinhard, 1950; Alvarez y Calderón, 1996; Calderón, 1996):

- Machos. Abdomen largo y delgado en forma de "T" invertida, con los segmentos 3,4 y 5 fusionados, cubriendo dos pares de apéndices abdominales que forman el aparato copulatorio de los machos (Lámina 1a).
- Machos (parasitados). La identificación de los machos se basó principalmente en la presencia de los gonópodos, debido a las modificaciones que el abdomen presenta.
- Hembras inmaduras. Abdomen triangular, fuertemente fijado al cefalotórax, con los segmentos fusionados, que se liberan en la muda alométrica o de maduración.
- Hembras (sanas). Abdomen ampliamente redondeado, libre del caparazón, cubriendo 4 pares de apéndices abdominales largos, con pelos en la parte externa.

-Hembras (parasitadas). Abdomen ampliamente redondeado, libre del caparazón, cubriendo 4 pares de apéndices abdominales carentes de pelos en la parte externa y, si los tienen, son poco desarrollados.

Datos morfométricos.- Se obtuvieron con un vernier con precisión de 0.05 mm y un ocular con precisión de 0.01 mm. Las medidas obtenidas por este medio fueron (Figuras 2 y 3):

Ancho del caparazón, incluida la espina lateral.

Largo y ancho del telson.

Largo y ancho medio de los segmentos abdominales 3, 4, 5 y 6.

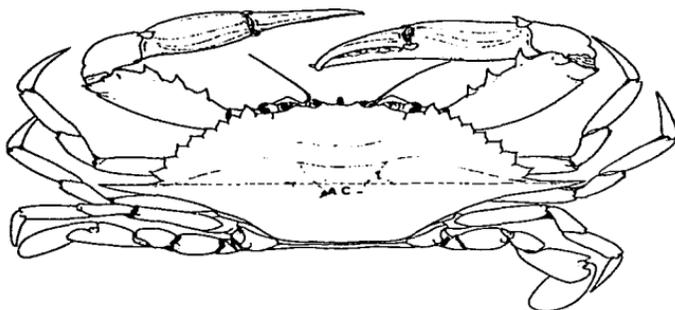
Ancho de la externa del parásito

Como datos merísticos se obtuvieron:

Ausencia o presencia del parásito.

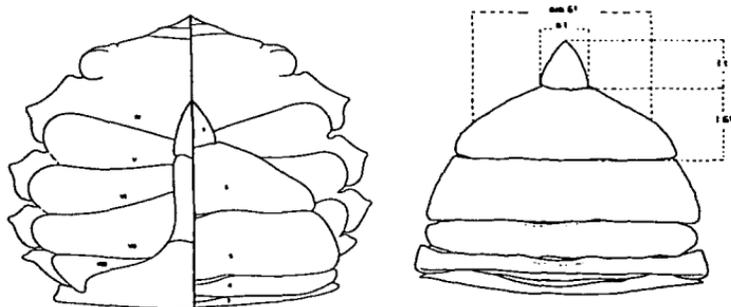
Número y localización de las externas.

En los machos además se registró el alcance del gonópodo con respecto al esternito torácico, tomándose éste como un grado subjetivo de atrofia del apéndice.



**Figura 2. Vista dorsal de una jaiba señalando el ancho del caparazón (AC)**

\*Modificado de Calderón, 1996



**Figura 3. a, vista ventral de una jaiba señalando los segmentos del cefalotórax (romanos) y del abdomen (arábigos); b, medidas obtenidas: ancho y largo del telson (at, lt), ancho medio y largo del sexto segmento (am, l).**

## . Tratamiento estadístico

1. Para demostrar que la modificaciones abdominales en el hospedero son suficientes para identificar jaibas infectadas, aún cuando la externa no esté presente los machos se separaron, dependiendo de la forma de su abdomen y de la presencia o ausencia de la externa del parásito, en normales y parasitados, mientras que las hembras fueron divididas en parasitadas y hembras sanas, maduras e inmaduras. Este tratamiento se llevó a cabo en ambas especies de hospederos.

Se dividió el largo de cada segmento abdominal entre el ancho correspondiente para obtener un índice ( $l/a$ ), que se graficó contra el ancho del caparazón (AC) para cada uno de los segmentos abdominales así como del telson.

Con el fin de comparar las tres medidas mencionadas por medio de una prueba de  $t$ , el AC de cada organismo fue dividido a su vez entre el índice  $l/a$  obteniendo el cociente  $\frac{AC}{l/a}$ . Los datos agrupados (organismos parasitados y

no-parasitados) se compararon por medio de una prueba de  $t$  de Student en los machos y hembras de ambas especies. Debido a que una de las suposiciones de la prueba de  $t$  es que las varianzas de los grupos de datos que se comparen sean iguales, estas se compararon por medio de una prueba de homocedasticidad. En el caso de igualdad de varianzas se aplicó la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad \text{donde los símbolos representan.}$$

$\bar{x}_1$  y  $\bar{x}_2$ , la media del primer y segundo grupo de datos respectivamente,

$S_1^2$  y  $S_2^2$ , la varianza de ambos grupos de datos en el mismo orden y,

$n_1$  y  $n_2$ , el tamaño de muestra de los grupos a comparar (Zar, 1984).

El par de grupos de datos con varianzas desiguales fueron comparados por medio

de la siguiente fórmula  $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$  donde los símbolos utilizados tienen las

mismas equivalencias descritas anteriormente (Zar, 1984). Estas comparaciones se llevaron a cabo en los segmentos abdominales 3-6 y en el telson.

2. Para reconocer las diferentes formas de abdomen que se pueden presentar en jaibas parasitadas macho se aplicó un Análisis de Varianza (ANDEVA) al resultado de dividir el ancho del caparazón entre el cociente l/a de cada segmento abdominal, separando los machos parasitados de *Callinectes rathbunae* en 4 grupos ordenados de manera subjetiva. Los grupos iniciales fueron machos con: abdomen semitriangular, abdomen triangular, abdomen semiredondeado y abdomen redondeado.

En caso de obtener diferencias significativas entre los grupos de machos ordenados se procedió a aplicar una prueba de Tukey y una prueba de comparación múltiple de Duncan, con el fin de encontrar cual o cuales grupos de datos diferían entre sí. Dependiendo de estas dos pruebas, pudo considerarse, la existencia de estos grados de modificación, para posteriormente observar la relación entre el tipo de abdomen y alguna otra característica morfológica.

3. Para determinar si el grado de modificación abdominal en machos de *Callinectes rathbunae* se encuentra relacionado con el número de externas, con la frecuencia de utilización de algún segmento abdominal al emerger la externa y con el grado de atrofia del gonópodo se realizaron pruebas de Chi Cuadrada ( $\chi^2$ ) o, en su caso, tablas de contingencia comparándose el resultado con tablas de distribución de  $\chi^2$ . Mientras que la relación del grado de modificación abdominal con la talla se analizó con una ANDEVA y posteriormente con las pruebas de comparación múltiple de Duncan y Tukey.

4 y 5. La comparación de la frecuencia de emergencia de la externa del parásito entre sexos y entre especies se analizó utilizando organismos que tuvieran únicamente una externa, para evitar la posible interferencia entre los parásitos presentes en un mismo organismo. Las comparaciones fueron hechas por medio de pruebas de  $\chi^2$  así como tablas de contingencia. El resultado de se comparó con tablas de distribución de  $\chi^2$ .

De igual forma, se utilizaron estas pruebas para comparar el grado de atrofia que se produce en los gonópodos de los machos entre ambas especies de hospederos, con el fin de determinar si hay una respuesta diferencial de los hospederos.

El grado de atrofia del gonópodo se refiere al esternito torácico que alcanza el apéndice copulatorio, es decir un grado de atrofia de 1 equivale a que el gonópodo llega al esternito torácico 4, un grado de atrofia 2 al esternito torácico 5, un grado de atrofia 3 al esternito 6, y así sucesivamente (Ver figura 3a). De tal forma que entre mayor es el grado de modificación del gonópodo el tamaño del mismo es menor.

## RESULTADOS

Se analizó un total de 620 jaibas, 378 de la especie *Callinectes rathbunae* y 242 de *C. sapidus*. Los organismos de *C. rathbunae* estuvieron compuestos por 28 machos sanos, 175 machos parasitados, 24 hembras inmaduras, 33 maduras y 118 parasitadas. Mientras que los de *C. sapidus* fueron 40 machos sanos, 37 machos parasitados, 52 hembras inmaduras, 67 maduras y, 46 parasitadas. En la Tabla 2 se enlista la relación de organismos parasitados colectados y utilizados en este trabajo. Los organismos sanos no se incluyen en esta tabla debido a que fueron colectados en un solo mes con el objeto de comparar con los individuos parasitados.

Las hembras inmaduras de ambas especies fueron revisadas minuciosamente de la misma forma que los machos y hembras, con la finalidad de eliminar cualquier error y no pasar por alto que podríamos encontrar alguna hembra inmadura parasitada. Todas las hembras inmaduras carecieron de algún indicio de infección por parte de *L. texanus*, por lo que en adelante no se mencionan, ya que no hay confusión de ningún tipo con este grupo de jaibas. Cabe mencionar que esta aseveración no implica que todas las jaibas inmaduras estuvieran sanas, sino que, por medio de este trabajo, no es posible diferenciar jaibas hembras inmaduras parasitadas internamente.

Las figuras 4 y 5 representan la distribución de tallas de los ejemplares parasitados revisados utilizando el ancho del caparazón incluida la espina lateral. La talla de los machos sanos de *Callinectes rathbunae* se distribuyó en un intervalo con tallas mínimas y máximas de 77.10 y 131.90 mm respectivamente, con media de 93.19 mm y moda de 85.30 mm; mientras que los machos parasitados presentaron un intervalo con tallas mínima y máxima de 48.15 y 120.65 mm, con una media de 86.67 mm y moda de 82.40 mm.

La talla de las hembras sanas de *C. rathbunae* se encontró en un intervalo con tallas mínima y máxima de 86.75 y 134.94 mm respectivamente, con una media de 110.36 mm y moda de 106.90 mm, mientras que las hembras parasitadas presentaron un intervalo con tallas mínima y máxima de 45.50 y 115.10 mm con una media 84.59 mm y moda 96.80 mm.

Por su parte los machos sanos revisados de *C. sapidus* se distribuyeron en un intervalo con tallas mínima y máxima de 79.50 y 135.60 mm respectivamente, con una media de 102.83 mm y moda 122.60 mm. Los machos parasitados se distribuyeron en un intervalo con tallas mínima y máxima respectivas de 64.20 y 112.80 mm, con media 87.82 mm y moda 76.40 mm.

La talla de las hembras maduras revisadas de *C. sapidus* se distribuyeron en un intervalo con tallas mínima y máxima respectivamente de 85.35 y 169 mm con media de 137.63 mm y moda de 152.00 mm. Las hembras parasitadas tuvieron un intervalo con tallas mínima y máxima de 68.75 y 112.75 mm, con una media de 88.76 mm y moda de 87.80 mm.

Tabla 2. Relación y caracterización de ejemplares parasitados utilizados en este estudio y fecha de colecta.

C. rathbunae		jun-85	ago-85	oct-94	nov-94	dic-94							
Mtr		1	2	4	1	1							
Msr		0		4	0	1							
Mr		0	2	3	1	6							
Hp		0	5	13	1	6							
C. rathbunae		ene-95	feb-95	mar-95	abr-95	may-95	jun-95	jul-95	ago-95	sep-95	oct-95	nov-95	dic-95
Mtr		0	0	0	4	5	4	8	6	0	0	0	0
Msr		1	0	1	1	2	1	0	2	1	0	0	0
Mre		2	1	4	6	2	5	6	6	7	0	3	0
Hp		1	0	5	5	7	7	8	5	4	0	1	0
C. rathbunae		ene-96	feb-96	mar-96	abr-96	may-96	jun-96	jul-96	ago-96	sep-96			
Mtr		0	2	7	0	2	3	3	3	2			
Msr		0	0	2	0	0	0	4	1	2			
Mre		0	14	16	0	0	2	1	5	4			
Hp		0	6	25	0	2	0	6	5	4			
C. sapidus		ene-94	feb-94	mar-94	abr-94	may-94	jun-94	jul-94	ago-94	sep-94	oct-94	nov-94	dic-94
Mtr											0	0	0
Msr											0	1	0
Mre											0	1	0
Hp											3	5	0
C. sapidus		ene-95	feb-95	mar-95	abr-95	may-95	jun-95	jul-95	ago-95	sep-95	oct-95	nov-95	dic-95
Mtr		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Msr		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Mre		1	1	3	1	0	0	0	1	5	0	0	0
Hp		3	0	4	2	3	0	0	0	1	0	4	0
C. sapidus		ene-96	feb-96	mar-96	abr-96	may-96	jun-96	jul-96	ago-96	sep-96			
Mtr		0	0	0	0	0	0	0	1	1			
Msr		0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Mre		0	3	16	0	0	0	0	0	0			
Hp		0	2	14	0	0	1	1	0	2			

Mtr=Macho forma triangular, Msr= Macho forma semiredondeada, Mre=Macho forma redondeada, Hp= Hembras parasitadas

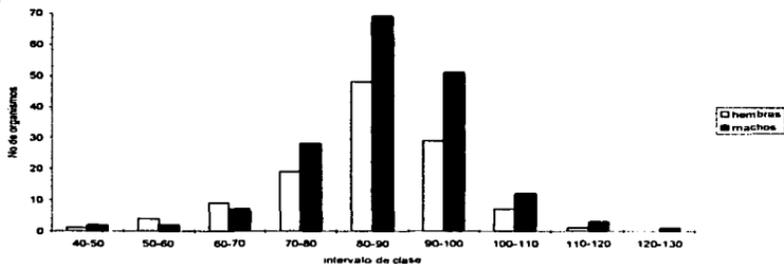


Figura 4. Distribución de tallas (AC) de jaibas parasitadas de *Callinectes rathbunae* de ambos sexos.

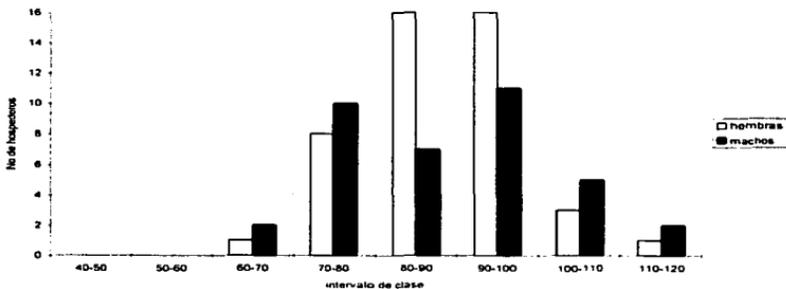


Figura 5. Distribución de tallas (AC) jaibas parasitadas de *Callinectes sapidus* de ambos sexos.

## ***Callinectes rathbunae***

### **1. Identificación de jaibas infectadas por medio de las modificaciones abdominales**

#### **Machos**

La relación entre el ancho del caparazón y el cociente largo/ancho de los segmentos abdominales 3, 4, 5, 6 y del telson se graficó. Sin embargo solamente se presentan las gráficas de los segmentos 5º y 6º abdominales debido a que las diferencias entre los dos grupos de jaibas, parasitadas y no-parasitadas, es mas notable en estos segmentos (Figuras 6 y 7). Se pueden observar dos grupos, uno de ellos corresponde a los machos sanos que tienen un cociente mayor entre ambas medidas, es decir, los machos parasitados presentan un ensanchamiento en cada uno de los segmentos, aunque es mucho más notable en los segmentos abdominales 5º y 6º. Para poder demostrar que los dos grupos de datos difieren estadísticamente, se dividió el AC de cada organismo entre el cociente l/a de cada segmento y el resultado de esta operación fue ordenado en los dos grupos a comparar, machos parasitados y machos no-parasitados. Esta operación se llevó a cabo con todos los segmentos abdominales y al comparar los dos grupos de datos por medio de una prueba de t se obtuvieron diferencias significativas entre ambos grupos en todos los segmentos. La tabla 3 presenta el resultado de estas comparaciones además de el resultado de la comparación de las varianzas.

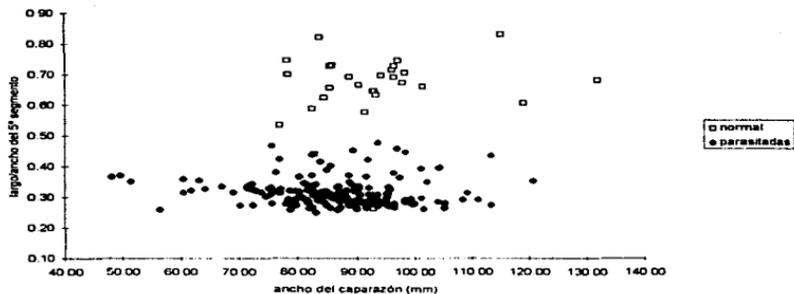


Figura 6. Relación entre el cociente largo/ancho del quinto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos de *Callinectes rathbunae*

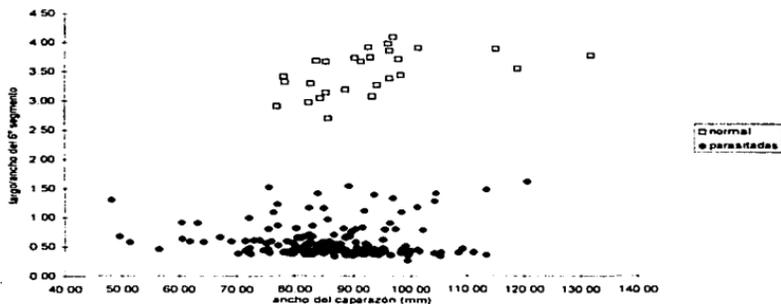


Figura 7. Relación entre el cociente largo/ancho del sexto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos de *Callinectes rathbunae*

Tabla No 3. Valores de t obtenidos al comparar las medias del cociente  $\frac{AC}{l/a}$  de los segmentos abdominales 3-6 y del telson en machos normales y parasitados, de *Callinectes rathbunae*.

	telson	6° segmento abdominal	5° segmento abdominal	4° segmento abdominal	3er segmento abdominal
gl	196	55	41	47	201
t obtenida	7.72*	15.95*	13.40*	4.51*	3.66*
n normales	28	28	28	28	28
n parasitadas	170	173	174	174	174
varianzas	iguales	desiguales	desiguales	desiguales	iguales

n, número de organismos; gl, grados de libertad; \* diferencia significativa P <0.025

### Hembras

Las relación entre el AC y el índice l/a de los segmentos abdominales de las hembras de *C. rathbunae* recibió el mismo tratamiento estadístico y se presentaron a su vez, diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de jaibas parasitadas y el de jaibas no infectadas (Tabla 4). Los dos grupos son distintos en la representación gráfica de todos los segmentos, sin embargo solamente se presentan las gráficas de los segmentos 5° y 6° por ser donde se observan las mayores diferencias (Figuras 8 y 9). Se puede observar que la proporción l/a de cada segmento es muy similar en los dos grupos, es decir, las hembras parasitadas mantienen la misma proporción entre el largo y ancho de cada segmento que las hembras sanas pero su distribución de tallas es menor.

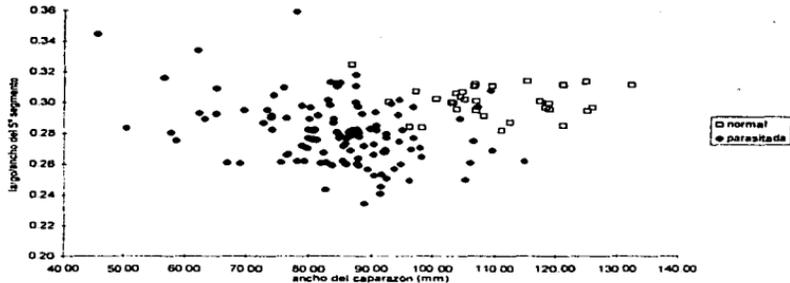


Figura 8. Relación entre el cociente largo/ancho del quinto segmento abdominal y el ancho del caparazón en hembras de *Callinectes rathbunae*

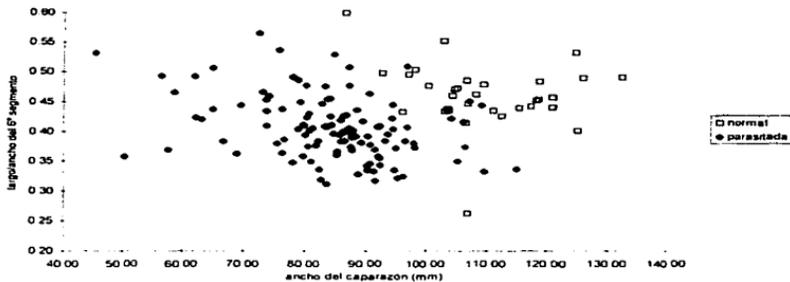


Figura 9. Relación entre el cociente largo/ancho del sexto segmento abdominal y el ancho del caparazón en hembras de *Callinectes rathbunae*

Tabla No 4. Valores de t obtenidos al comparar las medias del cociente  $\frac{AC}{a}$  en hembras parasitadas y normales, de *Callinectes rathbunae*

	telson	6° segmento abdominal	5° segmento abdominal	4° segmento abdominal	3er segmento abdominal
gl	75	149	105	149	149
t obtenida	8.25*	3.44*	6.01*	7.68*	10.05*
n normales	33	33	33	33	33
n parasitadas	118	118	118	118	118
varianzas	desiguales	iguales	desiguales	iguales	iguales

n, número de organismos; gl, grados de libertad; \* diferencia significativa  $P < 0.025$

## 2. Grados de modificación abdominal en machos de *Callinectes rathbunae*.

Al iniciar el trabajo se propusieron cuatro formas distintas de abdomen que, al parecer, se podrían presentar en los machos parasitados. Estos grupos fueron separados de acuerdo a la observación y, por lo tanto, el agrupamiento fue subjetivo. Los tipos de abdomen con los que se inició el trabajo fueron:

abdomen semitriangular (Lámina 1b), abdomen triangular (Lámina 1c), abdomen semiredondeado (Lámina 1d) y abdomen redondeado (Lámina 1e) Como se puede observar los segmentos 5° y 6° aparentan ser diferentes en las cuatro categorías propuestas, de hecho al graficar la relación entre el ancho del caparazón y el cociente largo/ ancho de cada segmento, se puede observar que se forman distintos grupos de datos (Figuras 10 y 11), y son más notables estas diferencias en los segmentos abdominales 5° y 6°.

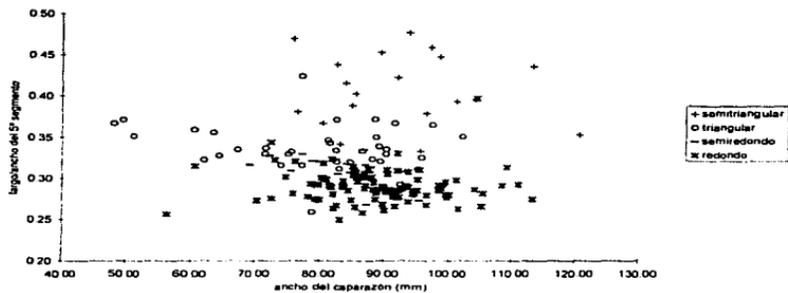


Figura 10. Relación entre el cociente largo/ancho del quinto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos parasitados de *Callinectes rathbunae*

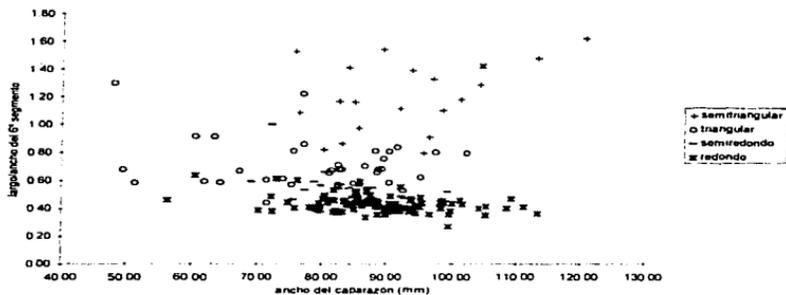


Figura 11. Relación entre el cociente largo/ancho del sexto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos parasitados de *Callinectes rathbunae*

La comparación de medias del cociente  $\frac{AC}{a}$ , entre los grupos de machos modificados, por medio de una ANDEVA en todos los segmentos abdominales y en el telson, indicó que al menos uno de los grupos de datos difería de los demás (Tabla 5) por lo que se procedió a aplicar una prueba de comparaciones múltiple de Tukey (Tabla 6). Por medio de esta prueba se diferenciaron únicamente dos tipos de abdomen, el triangular y el redondeado. Estas diferencias se presentaron en el sexto y quinto segmentos abdominales. Con base en esto las categorías semitriangular y semiredondeado se deberían haber quitado e incorporar los organismos de tales grupos a los que fueran similares con el fin de continuar con la siguiente fase del trabajo. Sin embargo, los organismos con abdomen semiredondeado, según esta prueba, no difieren de los organismos con abdomen triangular ni de los de abdomen redondeado, pero los organismos con abdomen redondeado si difieren de los de abdomen triangular. Al aplicar una segunda prueba de comparaciones múltiples, Duncan (Tabla 7), si se observaron diferencias significativas entre los tres grupos y, por lo tanto, se decidió dejar tres categorías, o tres grados de modificación, que en adelante serán con las que se hagan los tratamientos estadísticos: abdomen triangular, semiredondeado y redondeado.

Tabla No 5. Valores de F obtenidos al comparar las medias del cociente  $\frac{AC}{a}$  en machos parasitados de *Callinectes rathbunae* ordenados según el grados de modificación abdominal.

	telson	6° segmento abdominal	5° segmento abdominal	4° segmento abdominal	3er segmento abdominal
F obtenida	7.21*	90.18*	27.31*	20.63*	5.24*
n semitriangular	19	19	19	18	19
n triangular	34	36	37	38	37
n semiredondo	23	23	23	23	24
n redondeado	94	95	95	96	95

n, número de organismos; gl, grados de libertad; \* diferencia significativa  $P < 0.025$ .

Tabla No 6 Resultados de la comparación múltiple de Tukey de los diferentes tipos de abdomen por medio del cociente

$$\frac{AC}{I_a}$$

	teston		6° segmento abdominal		5° segmento abdominal		4° segmento abdominal		3er segmento abdominal	
	diferencia	Tukey	diferencia	Tukey	diferencia	Tukey	diferencia	Tukey	diferencia	Tukey
redondo vs semitriangular	10 81	18 60	130 72*	51 96	76 77*	62 58	115 37	112 22	4 33	175 77
redondo vs triangular	11 23	18 60	93 34*	51 96	69 18*	62 58	91 12	112 22	91 31	175 77
redondo vs semire-dondo	3 25	18 60	48 22	51 96	28 70	62 58	70 60	112 22	72 21	175 77
semire-dondo vs semitriangular	7 98	18 60	82 50*	51 96	48 07	62 58	44 77	112 22	67 87	175 77
semire-dondo vs triangular	7 56	18 60	45 12	51 96	40 48	62 58	20 52	112 22	19 10	175 77
triangular vs semitriangular	0 42	18 60	37 37	51 96	7 58	62 58	24 25	112 22	86 97	175 77

\* diferencia significativa P=0.05

Tabla No 7. Resultados de la comparación múltiple de Duncan de los diferentes tipos de abdomen por medio del cociente  $\frac{AC}{i/a}$

	telson		6° segmento abdominal		5° segmento abdominal		4° segmento abdominal		3er segmento abdominal	
	diferencia	Duncan	diferencia	Duncan	diferencia	Duncan	diferencia	Duncan	diferencia	Duncan
redondo vs semitriangular	10 81	15 48	130 72	43 22*	76 77*	52 07	115 37*	93 36	4 33	146 23
redondo vs triangular	11 23	15 48	93 34	43 22*	69 18*	52 07	91 12	93 36	91 31	146 23
redondo vs semiredondo	3 25	15 48	48 22	43 22*	28 70	52 07	70 60	93 36	72 21	146 23
semiredondo vs semitriangular	7 98	15 48	82 50	43 22*	48 07	52 07	44 77	93 36	67 87	146 23
semiredondo vs triangular	7 56	15 48	45 12	43 22*	40 48	52 07	20 52	93 36	19 10	146 23
triangular vs semitriangular	0 42	15 48	37 37	43 22	7 58	52 07	24 25	93 36	86 97	146 23

\* diferencia significativa P=0.05

### 3.1 Relación entre el grado de modificación abdominal y la talla del hospedero

No se observó relación entre el grado de modificación abdominal y la talla de los hospederos machos de *Callinectes rathbunae*. Las tallas de los machos se traslapan (Figura 12) y, aunque se obtiene una ANDEVA que nos indica que por los menos alguno de los grupos es distinto ( $F=3.63$ ;  $\alpha 0.05$ ,  $gl=175$ ) (Tabla 8), las comparaciones múltiples, tanto de Duncan como de Tukey, nos indican que tales diferencias no son suficientes para separar los grupos de datos (Tabla 9).

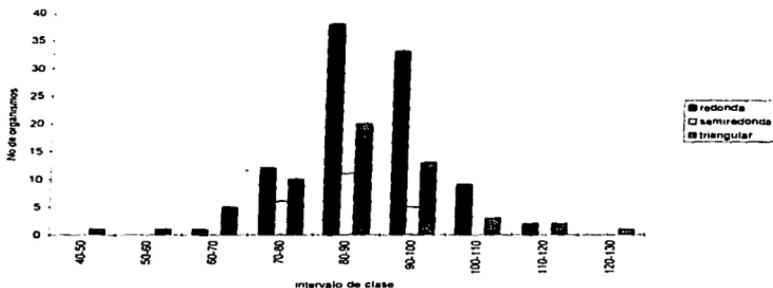


Figura 12. Distribución de tallas de machos parasitados de *Callinectes rathbunae*, ordenados según el grado de modificación abdominal

Tabla No 8. Comparación de la media de tallas de machos de *Callinectes rathbunae* dependiendo del grado de modificación abdominal.

	N	media	varianza
triangular	57	84.21	220.6
semiredonda	23	84.64	60.04
redonda	96	89.05	100.35

Tabla No 9. Prueba de comparaciones múltiples de Duncan y Prueba de Tukey

	diferencia	Tukey	Duncan
redondo vs triangular	4.84*	13.62	11.98
redondo vs semiredondo	4.41*	13.62	11.98
semiredondo vs triangular	.43*	13.62	11.98

\*Las diferencias no son estadísticamente significativas. P=0.05

### 3.2 Relación entre el grado de modificación abdominal y el número de externas

La figura 13 muestra la relación entre el grado de modificación y el número de externas que presenta el hospedero. De manera intuitiva, se podría pensarse que un mayor número de parásitos podría provocar un mayor grado de modificación abdominal, lo cual a su vez, podría proporcionar una mayor protección a las externas. Las diferencias en este caso si son significativas, ( $\chi^2=35.556$ ;  $\alpha$  0.05,  $gl=12$ ). Los machos con abdomen triangular presentan con mayor frecuencia solamente una externa al igual que los machos con abdomen semiredondeado, ambos grupos no presentan más de 3 externas. En cambio los machos con abdomen redondeado tienen mayor número de organismos con 2 externas y pueden llegar a tener hasta 6 externas.

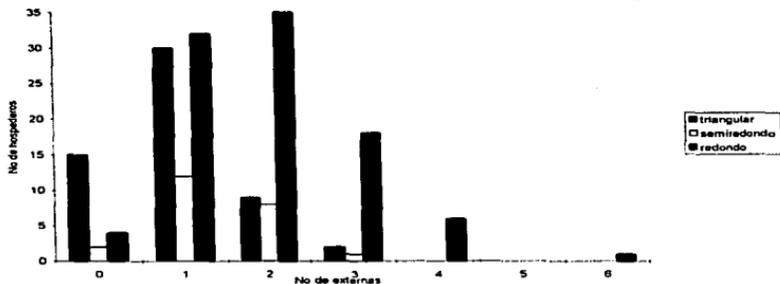


Figura 13. Número de externas que presentan los machos de *Callinectes rathbunae* de acuerdo al grado de modificación abdominal

### 3.3 Relación entre el grado de modificación abdominal y la frecuencia de utilización de algún segmento al emerger la externa.

La forma del abdomen también podría sugerir que algún segmento podría ser elegido con mayor frecuencia que otro para la emergencia de la externa, por razones de protección, aparentemente esto es lo que se muestra en la figura 14. El segmento 3 es utilizado con mayor frecuencia dentro del grupo de machos con abdomen redondeado, seguido del segmento 4. Con abdomen semiredondo, se invierte esta preferencia y con el abdomen triangular, cualquiera de los dos segmentos es utilizado, además de que en este grupo de jaibas macho parasitadas, el quinto segmento abdominal también es utilizado, lo que no sucede en los otros dos grupos. Este hecho es importante remarcarlo porque las externas en este caso se presentan invertidas, es decir la apertura del manto de la externa del rizocéfalo se dirige hacia los primeros segmentos abdominales y no hacia el telson como en

los demás casos. Las diferencias entre las frecuencias entre grupos resultó ser estadísticamente significativa ( $\chi^2=30.65$   $\alpha$  0.05,  $gl=4$ ).

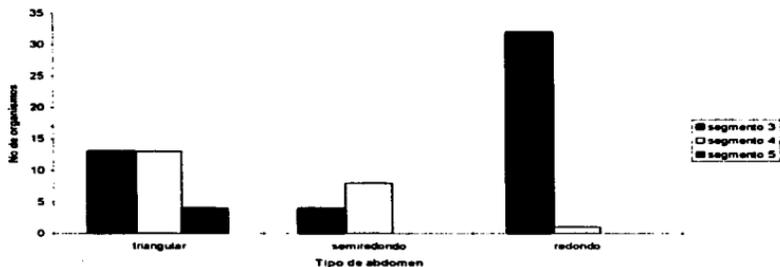


Figura 14. Frecuencia de emergencia en algún segmento abdominal dependiendo del grado de modificación en machos de *Callinectes rathbunae* con una sola externa

### 3.4 Relación entre el grado de modificación abdominal y el grado de atrofia del gonópodo

Se comparó el tipo de modificación abdominal con el grado de atrofia del gonópodo y se encontró que hay una relación, a mayor modificación abdominal, mayor modificación del gonópodo ( $\chi^2= 175.00$ ;  $\alpha$  0.05;  $gl=8$ ) (Figura 15). Una mayor frecuencia de hospederos con el abdomen triangular tienen atrofiados los gonópodos en un grado 1 (los gonópodos alcanzan el esternito torácico 4), mientras que es poco frecuente que este tipo de atrofia se presente en hospederos machos con el abdomen redondeado. De igual forma, hospederos con abdomen triangular presentan un grado de atrofia de 5 en frecuencias muy bajas (los gonópodos alcanzan el esternito torácico 8) y los hospederos con abdomen redondeado presentan la mayor frecuencia de atrofia en grado 3.

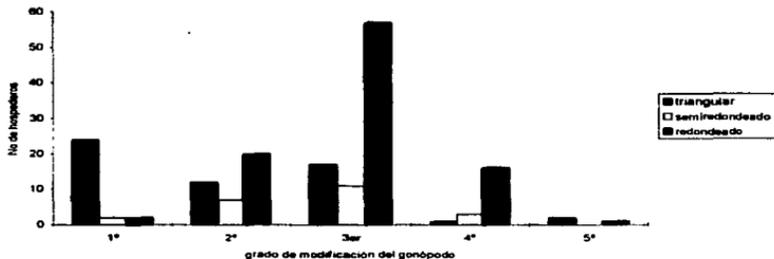


Figura 15. Grado de atrofia del gonópodo relacionado con el tipo de modificación abdominal en machos de *Callinectes rathbunae*

#### 4. Comparación de la frecuencia de emergencia de la externa del parásito en los segmentos abdominales entre sexos en *Callinectes rathbunae*

En lo que respecta a la frecuencia con que un segmento es utilizado para la emergencia de la externa se observa que, tanto en machos como en hembras, la mayor frecuencia de emergencia se lleva a cabo en el tercer segmento abdominal (Figura 16) siguiéndole el segmento 4° y 5° en ese orden. La diferencia en la frecuencia resultó ser estadísticamente significativa (hembras  $\chi^2=25.07$ ;  $\alpha$  0.05;  $gl=2$  y machos  $\chi^2=31.16$ ;  $\alpha$  0.05;  $gl=2$ ) y esta selección no depende del sexo del hospedero ( $\chi^2=0.0055$ ;  $\alpha$  0.05;  $gl=2$ ). Es importante aclarar que estas comparaciones se llevaron a cabo con jaibas que presentan una sola externa, suponiendo que la emergencia del parásito en presencia de otro podría ser influenciada por este último. Sin embargo, se registró que tanto en machos como en hembras de *Callinectes rathbunae*, la externa puede emerger en los segmentos 1 al 5° (Figura 17).

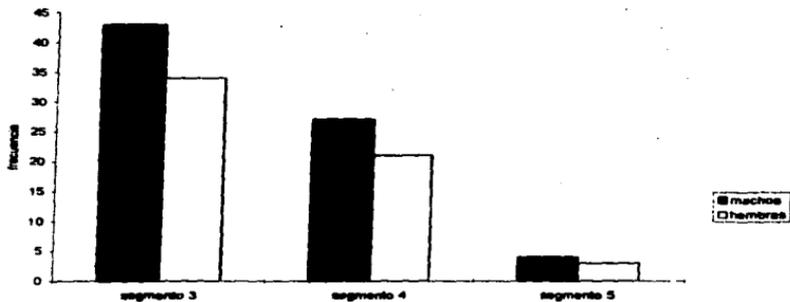


Figura 16. Frecuencia de emergencia en algún segmento abdominal en machos y hembras de *Callinectes rathbunae* con un solo parásito

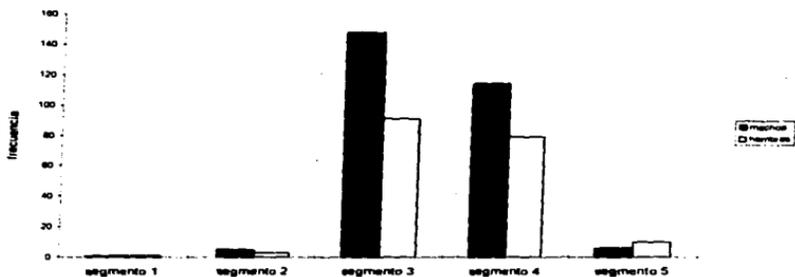


Figura 17. Segmentos donde puede emerger la externa, en machos y hembras de *Callinectes rathbunae*, tomando en cuenta infecciones múltiples

## *Callinectes sapidus*

### 1. Identificación de jaisas infectadas por medio de las modificaciones abdominales

#### Hembras

En las hembras de *Callinectes sapidus*, al igual que para las hembras de *C. rathbunae*, la proporción largo/ancho ( $l/a$ ) de cada segmento abdominal y del telson, aparenta ser similar en los dos grupos, en hembras maduras y parasitadas, y no presentó variación con respecto a la talla (AC) de los organismos. Sin embargo se observa la formación de dos grupos. Esta separación es dependiente de la talla, las hembras maduras son mas grandes que las hembras parasitadas (Figura 18 y 19). Al comparar la media de el cociente  $\frac{AC}{a}$  de ambos grupos por medio de una prueba de t las diferencias entre ambos grupos son significativas en todos los segmentos (Tabla 10). Las figuras que se presentan corresponden a la relación del índice  $l/a$  del 5° y 6° segmento abdominales y la talla.

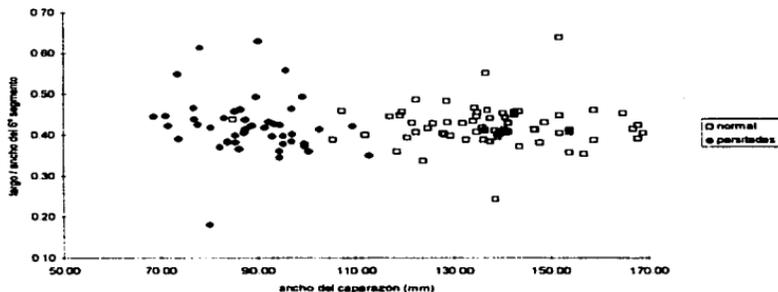


Figura 18. Relación entre el cociente largo/ancho del sexto segmento abdominal y el ancho del caparazón en hembras de *Callinectes sapidus*.

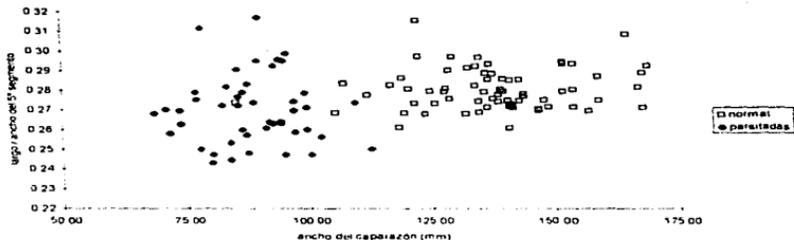


Figura 19. Relación entre el cociente largo/ancho del quinto segmento abdominal y el ancho del caparazón en hembras de *Callinectes sapidus*.

Tabla No 10. Valores de t obtenidos al comparar las medias del cociente  $\frac{AC}{l/a}$  en hembras, maduras (normales) y parasitadas, de *Callinectes sapidus*.

	telson	6º segmento abdominal	5º segmento abdominal	4º segmento abdominal	3er segmento abdominal
gl	111	111	110	111	111
t obtenida	19.12*	10.62*	17.09*	20.47*	18.51*
n normales	67	67	67	67	67
n parasitadas	46	46	46	46	46
varianzas	desiguales	iguales	desiguales	desiguales	desiguales

n, número de organismos. gl, grados de libertad. \* diferencia significativa  $P < 0.025$

### Machos

La relación entre el ancho del caparazón y el índice  $l/a$  se graficó también en los machos de *C. sapidus* y se presentan las figuras que corresponden a los segmentos 5º y 6º abdominales (Figuras 20 y 21). En éstas se observa que las proporciones cambian notablemente en casi todos los segmentos, excepto en el telson. Al comparar cociente  $\frac{AC}{l/a}$  por medio de una prueba de t, los grupos de datos, parasitados y no-parasitados, resultaron ser diferentes (Tabla 11).

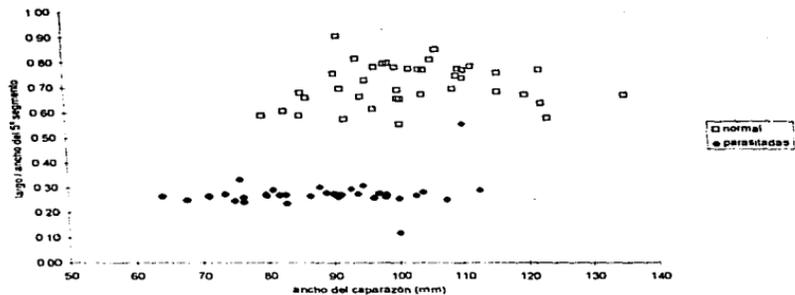


Figura 20. Relación entre el cociente largo/ancho del quinto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos de *Callinectes sapidus*.

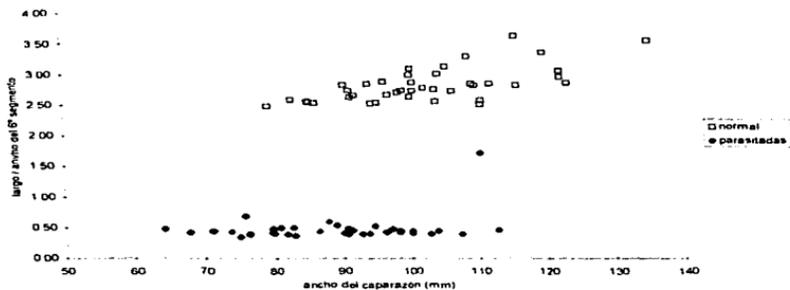


Figura 21. Relación entre el cociente largo/ancho del sexto segmento abdominal y el ancho del caparazón en machos de *Callinectes sapidus*.

Tabla No 11. Valores de t obtenidos al comparar las medias del cociente  $\frac{AC}{I}$  en machos, normales y parasitados, de *Callinectes sapidus*.

	telson	6° segmento abdominal	5° segmento abdominal	4° segmento abdominal	3er segmento abdominal
gl	59	36	40	75	70
t obtenida	6.583*	22.734*	11.129*	3.264*	5.057*
n normales	40	40	40	40	40
n parasitados	36	36	37	37	37
varianzas	desiguales	desiguales	desiguales	iguales	desiguales

n, número de organismos; gl, grados de libertad. \* diferencia significativa  $P < 0.025$

**2 y 3. Grados de modificación abdominal en machos de *Callinectes sapidus* y relación de este con la talla del hospedero, con el número de externas, con la frecuencia de utilización de algún segmento al emerger la externa y con el grado de atrofia del gonópodo**

En el caso de *Callinectes sapidus* los machos no pudieron separarse de acuerdo al grado de modificación abdominal ya que, en su mayoría, únicamente se presentaron formas redondeadas. Dentro de la muestra solamente cuatro organismos presentaron modificaciones distintas a este tipo de abdomen, por lo que las relaciones con el tipo de modificación tampoco se analizaron.

**4. Comparación de la frecuencia de emergencia de la externa del parásito en los segmentos abdominales entre sexos en *Callinectes sapidus***

En lo que se refiere a la frecuencia con que un segmento es utilizado para la emergencia de la externa, para ambos sexos el segmento más utilizado es el tercero, difiriendo estadísticamente con el resto de los somitas (machos  $\chi^2=19.75$ ;  $\alpha$  0.05; gl 2 y hembras  $\chi^2=26.56$ ;  $\alpha$  0.05; gl=2) (Figura 22), tanto en machos como en hembras, además de que el sexo del hospedero no influye en la selección ( $\chi^2= 3.47$ ;  $\alpha$  0.05; gl=2). Aquí cabe mencionar que, al igual que en *C. rathbunae*, este análisis se llevó a cabo únicamente con los hospederos que presentaron una sola externa suponiendo una probable interferencia entre los parásitos cuando hay infecciones

múltiples, no obstante se registra que las externas pueden emerger en *Callinectes sapidus* en los segmentos 2 al 5 (Figura 23).



Figura 22. Machos y hembras de *Callinectes sapidus* con un solo parásito, ordenados de acuerdo al segmento donde se presentó la externa

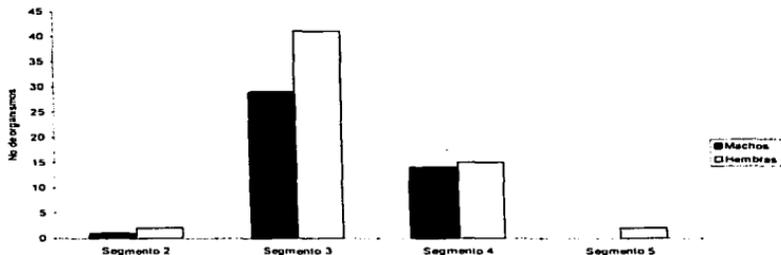


Figura 23. Segmentos abdominales donde puede llevarse a cabo la emergencia de la externa, tomando en cuenta infecciones múltiples, en machos y hembras de *Callinectes sapidus*

## 5. Comparaciones entre las dos especies

Los hospederos de *Loxothylacus texanus* posiblemente tienen una serie de respuestas diferenciales al parasitismo. Estas diferencias se presentan en el número de parásitos, la frecuencia de los distintos grados de modificación abdominal y la selección de alguno de estos segmentos abdominales para llevar a cabo la emergencia de la externa. Al mismo tiempo no difiere en la frecuencia en que se presentan los distintos grados de atrofia del gonópodo en los machos parasitados. Una mayor proporción de organismos de *Callinectes rathbunae* revisados en este trabajo presentan más de un solo parásito ( $\bar{x}$  0.45 y  $\bar{y}$  0.44) comparado con los individuos de *C. sapidus* ( $\bar{x}$  0.25 y  $\bar{y}$  0.12) (Tabla 12). *C. rathbunae* puede presentar seis externas máximo, mientras que *C. sapidus* presentó un máximo de cuatro parásitos.

Tabla 12. Número de externas que pueden presentar los organismos del género *Callinectes* parasitados, ordenados de acuerdo a la especie y sexo.

No de externas	<i>C. rathbunae</i>				<i>C. sapidus</i>			
	N° de organismos	Proporción						
0*	25	0.14	9	0.08	3	0.08	2	0.04
1	72	0.41	57	0.48	25	0.68	31	0.69
2	51	0.29	34	0.29	8	0.22	8	0.18
3	21	0.12	15	0.13	0	0.00	3	0.07
4	6	0.03	3	0.02	1	0.03	1	0.02
5	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6	1	0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00

\* organismos parasitados que no presentan externa. ♂ machos; ♀, hembras

La frecuencia con la que se presentan los distintos grados de modificación en ambas especies difiere notablemente; mientras que en *C. rathbunae* el número de organismos con los distintos grados de modificación abdominal es alto, en *C. sapidus* solamente cuatro organismos presentan un abdomen distinto al típico abdomen redondeado (Tabla 2). Cabe mencionar que en esta especie, a simple vista, también se presentan los tres tipos de abdomen: redondeado, semiredondeado y triangular.

La frecuencia con que los distintos segmentos abdominales son utilizados para llevar a cabo la emergencia de la externa también difiere entre las dos especies de hospederos ( $\chi^2 = 17.59$ ;  $\alpha$  0.05; gl 3). En ambas especies el segmento más utilizado es el tercer segmento abdominal, seguido por el cuarto segmento. Sin embargo, mientras que *C. rathbunae* utiliza el quinto segmento para la emergencia de la externa y nunca el segundo, *C. sapidus* utiliza el segundo y nunca el quinto segmento (Figura 24).

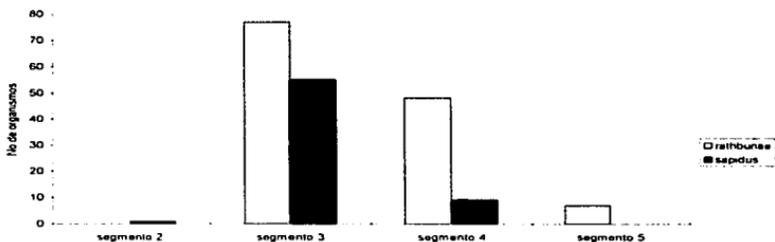


Figura 24. Frecuencia de emergencia del parásito por segmento abdominal, tomando en cuenta hospederos con un solo parásito, de ambas especies

La frecuencia con que se presentan los distintos grados de atrofia del gonópodo, en ambas especies no difiere significativamente ( $\chi^2 = 4.79$ ;  $\alpha$  0.05; gl. 4), ya que ambas especies presentan un mayor número de organismos con modificación intermedia (tercer grado) y pocos organismos con un alto grado de atrofia o sin atrofia (Figura 25). Se debe destacar que en todos los machos parasitados revisados el "pene" nunca fue encontrado insertado en el gonópodo, a diferencia de los machos sanos, en los cuales el "pene" se encuentra insertado en el apéndice.



Figura 25. Grado de atrofia del gonópodo en *Callinectes rathbunae* y *C. sapidus*.

## DISCUSIÓN

La utilización de machos feminizados en los estudios de impacto del parasitismo ha sido sugerida por Lázaro-Chávez *et al.* (1996), con el fin de obtener datos más confiables sobre la dinámica poblacional de los hospederos, debido a que la fase interna del parásito por este método de muestreo sería incluida. En el caso de los machos, como se ha registrado anteriormente (Reinhard, 1950; Lázaro-Chávez *et al.*, 1996; Alvarez y Calderón, 1996; Calderón, 1996), las diferencias entre machos sanos y machos parasitados feminizados, son notables a simple vista. Este trabajo demuestra que las modificaciones morfológicas en el abdomen, tanto de machos como de hembras, son suficientes para separar a los organismos parasitados de los que no los están, debido a que la proporción entre el ancho y el largo de los segmentos abdominales, así como del telson, es distinta cuando se comparan los organismos parasitados y los no-infectados.

Es importante remarcar el caso de las hembras parasitadas ya que la proporción entre el largo y ancho de los segmentos abdominales, no difiere con las jaibas no-parasitadas, sin embargo el promedio de tallas es diferente. Las diferencias encontradas entre los dos conjuntos de datos se debió a la distinta distribución en tallas entre ambos grupos. La talla promedio de los organismos parasitados es menor que la de los no-infectados. Esto nos indica que la muda alométrica o muda de maduración se está llevando a cabo en tallas menores en las hembras parasitadas de ambas especies, como resultado de la infección del parásito. Este fenómeno se ha registrado con anterioridad en otras especies de cangrejos parasitados por saculínidos y en organismos de *Callinectes sapidus* infectados por *L. texanus* (Reinhard, 1950, 1956; O'Brien, 1984; O'Brien y Van Wyk, 1984; Alvarez *et al.*, 1995; Alvarez y Calderón, 1996). En este sentido se considera que debido a que las diferencias entre las jaibas parasitadas y no-parasitadas son significativas, éstas deben ser usadas también para cuantificar el efecto del parásito en las poblaciones de jaibas. Para Lázaro-Chávez *et al.*, (1996) solamente se podrían incluir los machos modificados en este tipo de estudios. Sin embargo, en

este trabajo se demuestra que las hembras también difieren y no hay razón para no incluirlas, ya que no hay confusión entre las hembras modificadas por efecto del parásito y las hembras maduras, ya que el ensanchamiento del abdomen (muda alométrica) se lleva a cabo en tallas más pequeñas que en las normales y además la atrofia de los apéndices abdominales asegura la identificación de los organismos parasitados.

El aceptar la utilización de las hembras así como de los machos parasitados, en estudios de evaluación del impacto de este parásito en las poblaciones de jaibas por medio de la prevalencia, permitiría obtener datos más confiables de la prevalencia del parásito en las poblaciones de jaibas. Sin embargo queda por resolver el problema de las hembras inmaduras que, por no presentar modificaciones en la forma del abdomen ni en los pleópodos, no es posible descartar o afirmar que estén parasitadas y con ello se desconoce cual es el efecto real del parásito.

Por otra parte, el ensanchamiento del abdomen de los machos, hasta alcanzar una forma similar al de las hembras (feminización), ha sido registrado para *Callinectes sapidus* tomando en cuenta dos tipos de abdomen: el triangular y el redondeado (Reinhard, 1950; Alvarez y Calderón, 1996). De igual forma en *C. rathbunae* se han registrado estos dos tipos de abdomen (Alvarez y Calderón, 1996). En este estudio se demostró que los machos de *C. rathbunae* parasitados por *L. texanus*, presentan tres tipos de abdomen como resultado del parasitismo: triangular, semiredondeado y redondeado. En el caso de *C. sapidus* no fue posible hacer el tratamiento estadístico para diferenciar estos tres tipos de abdomen, por tener muy pocos organismos con un abdomen distinto al redondeado. Sin embargo, las modificaciones son tan evidentes como en el caso de *C. rathbunae*. En esta última especie se pudo demostrar que los tres tipos de modificación abdominal señalados son diferentes y es muy probable que haya un cuarto tipo (abdomen semitriangular), que a simple vista es notable pero que la ausencia de suficientes organismos con este tipo de modificación impide demostrar su presencia estadísticamente. De cualquier manera se registra la presencia de esta

modificación, para que sea tomada en cuenta, de ser posible, en los estudios de prevalencia.

El análisis de estas modificaciones demostró que la talla del hospedero no tiene relación con el grado de modificación abdominal en jaibas de la especie *Callinectes rathbunae*. Este resultado de manera independiente podría sugerir dos posibles hipótesis que explicarían el fenómeno:

Primera. La variabilidad en virulencia del parásito es tal que puede provocar distintos grados de modificación abdominal en su hospedero.

Segunda. La variabilidad del hospedero provoca una respuesta diferente a la infección del parásito, que se ve reflejada en los distintos grados de feminización.

Sin embargo, al comparar el grado de modificación abdominal con el número de externas, se encontró que hay una relación ( $\chi^2=35.556$ ;  $\alpha 0.05$ ,  $gl=12$ ). Esto sugiere que es el número de parásitos el que provoca la diferencia en el grado de feminización en machos parasitados de *C. rathbunae* y no la variabilidad del hospedero ni del parásito. La relación encontrada entre el grado de modificación abdominal y el grado de atrofia de los gonópodos podría confirmar este hecho.

Con respecto a las comparaciones realizadas entre sexos en ambas especies, no se encontró diferencia en la frecuencia con que los segmentos abdominales son seleccionados para la emergencia de la externa, lo cual permite afirmar que las diferencias encontradas entre ambas especies en este aspecto no dependen de variaciones intraespecíficas.

En este sentido se observó que la respuesta al parasitismo por parte de las dos especies de hospederos aparentemente es distinta: La talla mínima de las jaibas parasitadas de *C. rathbunae*, 45.5 mm, es menor que la talla mínima de *C. sapidus*, 64.20 mm, así como la amplitud del intervalo de tallas de jaibas infectadas es mayor en *C. rathbunae*, 65.15 mm, que en *C. sapidus*, 48.60 mm. De igual forma es mayor la frecuencia con la que se presentan infecciones múltiples en *C. rathbunae* que en *C. sapidus*. La utilización de los segmentos abdominales al emerger la externa es diferente entre los dos hospederos y la presencia de los tres grados de modificación es más frecuente en *C. rathbunae* que en *C. sapidus*. A este respecto Reinhard

(1956) afirma que un solo parásito que afecta a dos especies distintas, provoca diferentes efectos en los hospederos infectados, lo cual es observado en este trabajo y plantea preguntas acerca de el futuro de las poblaciones de ambas especies, en especial de *C. rathbunae*, por ser una especie endémica, que tiene una mayor prevalencia del parásito en esta laguna (Calderón, 1996; Rodríguez, 1996).

Por otro lado, sumado al impacto del parásito, la competencia interespecífica que presenta con *C. sapidus*, la competencia intraespecífica con organismos parasitados y la captura comercial indiscriminada que se efectúa en la Laguna de Sontecomapan (Calderón, 1996; Rodríguez, 1996), colocan a la población de *C. rathbunae* en peligro de desaparecer localmente a mediano o largo plazo.

## CONCLUSIONES

-Las modificaciones abdominales en *Callinectes rathbunae* y *C. sapidus* de ambos sexos, son suficientes para considerar a un organismo parasitado por el rizocéfalo *Loxothylacus texanus* aún cuando la externa del parásito no haya emergido.

-Tres tipos de abdomen pueden ser reconocidos en machos parasitados de *Callinectes rathbunae*: triangular, semiredondeado y redondeado. Además de proponer un cuarto tipo llamado semitriangular.

- El grado de modificación abdominal en los machos de *C. rathbunae* está relacionado con el número de externas, con el grado de atrofia del gonópodo y con la frecuencia de utilización de los segmentos abdominales al emerger la externa del parásito. Mientras que no hay relación con la talla del hospedero.

- La frecuencia de emergencia de la externa del parásito en los segmentos abdominales no depende del sexo en ambos hospederos.

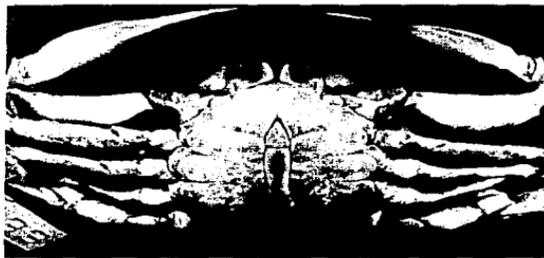
-*C. rathbunae* y *C. sapidus* responden de manera diferente a la infección del parásito *L. texanus*

## RECOMENDACIONES

Para complementar el estudio acerca del impacto del parasitismo por parte de *Loxothylacus texanus* a las especies de jaibas *Callinectes rathbunae* y *C. sapidus* falta llevar a cabo estudios acerca del reclutamiento larval de los hospederos así como del tamaño poblacional de los mismos.

Con respecto al parásito falta conocer aspectos importantes del ciclo infeccioso como éxito de infección, fecundidad, proporción sexual y tiempo generacional, además de determinar las tallas en las que las jaibas son susceptibles a ser parasitadas por el rizocéfalo.

Al obtener estos datos se podrían relacionar con los ya registrados de crecimiento y fecundidad de las jaibas y los de prevalencia, para realizar modelos que puedan predecir a corto plazo el estado de las poblaciones de jaibas.



a



b



c



d



e

Lámina 1. Vista ventral de machos de *Callinectes rathbunae*. Abdomen normal con forma de "T" invertida (a). Abdomenes feminizados: semitriangular (b); triangular (c); semiredondeado (d) y redondeado (e).



a



b



c

Lámina 2. Vista ventral de hembras de *Callinectes rathbunae*.  
Hembra parasitada (a); inmadura (b); madura (c).



a



b



c



d

**Lámina 3. Gonópodos de *Callinectes rathbunae*: macho sano (a); parasitado (b).  
Pleópodos de *C. rathbunae*: hembra madura (c); parasitada (d).**

#### LITERATURA CITADA

- Alvarez, F.**, 1993. The interaction between a parasitic barnacle, *Loxothylacus panopaei* (Cirripedia, Rhizocephala), and three of its crab host species (Brachyura, Xanthidae) along the east coast of North America. Ph. D. Dissertation, Univ. Maryland, College Park, MD, 188 pp.
- Alvarez, F. y J. Calderón**, 1996. Distribution of *Loxothylacus texanus* (Cirripedia: Rhizocephala) parasitizing crabs of the genus *Callinectes* in the southwestern Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports* 9(3): 205-210.
- Alvarez, F., A. H. Hines y M. L. Reaka-Kudla**, 1995. The effects of parasitism by barnacle *Loxothylacus panopaei* (Gissler)(Cirripedia:Rhizocephala) on growth and survival of the host crab *Rhithropanopeus harrisi* (Gould)(Brachyura: Xanthidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 192: 221-232.
- Alvarez, R. y L. M. Blain**, 1993. Registro de *Loxothylacus Boschma* 1928 (Crustacea: Cirripedia: Sacculinidae) en el suroeste del Caribe colombiano. *Actividades Biológicas* 19 (67): 39.
- Barnes, R. D.**, 1985. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana. México, 1157 pp.
- Bishop, R. K. y L. R. G. Cannon**, 1979. Morbid behaviour of the commercial sand crab *Portunus pelagicus* (L.), parasitized by *Sacculina granifera* Boschma, 1973 (Cirripedia: Rhizocephala). *J. Fish. Dis.* 2: 131-144.
- Chávez, E. A. y M.S. Fernández**, 1976. Contribución al conocimiento de la biología de la jaiba prieta (*Callinectes rathbunae*; Decapoda: Portunidae) del estado de Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 27: 273-291.
- Contreras, F.**, 1993. *Ecosistemas costeros Mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 415pp.
- Calderón, J. I.**, 1996. Crecimiento de la jaiba azul, *Callinectes sapidus*, y de la jaiba prieta, *Callinectes rathbunae*, en la Laguna de Sontecomapan,

- Veracruz. *Tesis profesional* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 66 pp.
- Clare, A. S., G. Walker y J. Hoeg, 1993. The Rhizocephala. *Environs* december 3-5.
- Glenner, H. y J. Hoeg, 1995. A new motile, multicellular stage involved in host invasion by parasitic barnacles (Rhizocephala). *Nature* 377: 147-150.
- González, G.M., 1977. Observaciones sobre un comportamiento atípico de *Ruppia maritima* L. en una laguna costera tropical. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 37: 53-66
- Hawkes, C. R. , T. R. Meyers, y T. C. Shirley, 1987. Growth of alaskan king crabs, *Paralithodes platypus*, (Brandt), parasitized by the rhizocephalan *Briarisaccus callosus* Boschma. *Crustaceana*. 52: 78-84.
- Hochberg, R. J., T. M. Bert, P. steele y S. D. Brown, 1992. Parasitization of *Loxothylacus texanus* on *Callinectes sapidus*: aspects of population biology and effects on host morphology. *Bulletin of Marine Science* 50(1): 117-132.
- Hoeg, J., 1982. The anatomy and development of the rhizocephalan barnacle *Clistosaccus paguri* Lilljeborg and relation to its host *Pagurus bernhardus* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 58: 87-125
- Hoeg, J., 1990. "Akentronid" host invasion and an entirely new type of life cycle in the rhizocephalan parasite *Clistosaccus paguri* (Tecostraca: Cirripedia). *Journal of Crustacean Biology* 10: 37-52.
- Hoeg, J., 1991. Functional and evolutionary aspects of the sexual system in the Rhizocephala (Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala) .- In R. Bauer and J. Martin, eds., *Crustacean sexual biology*, Columbia University Press, New York. pp. 208-227.
- Hoeg, J., 1992. Rhizocephala. *Microscopic Anatomy of Invertebrates* 9: 313-345.
- Hoeg, J. y J. Lützen, 1985. *Crustacea Rhizocephala*. *Marine Invertebrates of Scandinavia*, No 6, Norwegian University Press pp

- Hoeg, J. y J. Lützen**, 1993. Comparative morphology and phylogeny of the family Thompsoniidae (Cirripedia, Rhizocephala, Akentrogonida) with description of three new genera and seven new species. *Zoologica Scripta* 22: 363-386.
- Hoeg, J. y J. Lützen**, 1995. Life cycle and reproduction in the Cirripedia Rhizocephala. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 33: 427-485.
- Lázaro-Chávez, E., F. Alvarez y C. Rosas**, 1996 Records of *Loxothylacus texanus* (Cirripedia: Rhizocephala) parasitizing the blue crab *Callinectes sapidus* in Tamiahua Lagoon, México. *Journal of Crustacean Biology* 16(1): 105-110.
- Loran, A.J., R.M. Valdez y F. Escudero**, 1993. Algunos aspectos poblacionales de las jaibas *Callinectes* spp. en la Laguna de Alvarado, Veracruz. *Ciencia Pesquera* 10: 15-31.
- Lützen, J.**, 1981 a. Observations on the rhizocephalan barnacle *Sylon hippolytes* M. Sars parasitic on the prawn *Spirontocaris liljeborgi* (Danielssen). *Journal of experimental Marine Biology and Ecology* 50: 231-254.
- Lützen, J.**, 1981 b. Field studies on regeneration in *Sacculina carcini* Thompson (Crustacea: Rhizocephala) in the Isefjord, Denmark. *J. exp. mar Biol. Ecol.* 53: 241-249
- Lützen, J.**, 1984. Growth, reproduction and life span in *Sacculina carcini* Thompson (Cirripedia: Rhizocephala) in the Isefjord, Denmark. *Sarsia* 69: 61-106.
- Lützen, J. y A. Jespersen**, 1992. A study of the morphology and biology of *Thompsonia littoralis* (Crustacea: Cirripedia: Rhizocephala). *Acta zoologica* 73: 1-23.
- Margolis, L., G.W. Esch, J.C. Holmes, A.M. Kurtis y G.A. Schad**, 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an *ad hoc* committee of the American Society of Parasitologists). *J. of Parasitol.* 68(1): 131-133.

- O'Brien, J., 1984. Precocious maturity of the majid crab, *Pugettia producta*, parasitized by the rhizocephalan barnacle, *Heterosaccus californicus*. *Marine Biology* 166: 384-395.
- O'Brien, J. and D. M. Skinner, 1990. Overriding of molt-inducing stimulus of multiple limb autonomy in the mud crab *Rhithropanopeus harrisi* by parasitism with rhizocephalan. *J. Crust. Biol.* 10: 440-445.
- O'Brien, J. y P. Van Wyk, 1984. Effects of crustacean parasitic castrators (epicaridean isopods and rhizocephalan barnacles) on growth of crustacean host. In: A.M. Wenner (ed) *Crustacean Issues* 3. A.A. Balkema, Rotterdam. p 191-218.
- Okada, Y. K. y Y. Miyashita, 1935. Sacculinization in *Eriocheir japonicus* de Haan, with remarks on the occurrence of complete sex-reversal in parasitized male crabs. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.* B10: 169-208.
- Phillips, W. J. y L.R.G. Cannon, 1978. Ecological observations on the commercial sand crab, *Portunus pelagicus* (L.), and its parasite, *Sacculina granifera* Boschma, 1973 (Cirripedia: Rhizocephala). *J. Fish Dis.* 1: 137-149.
- Rathbun, M. J., 1896. The genus *Callinectes*. *Proceedings of the United States National Museum*, 18: 349-375.
- Raz Guzmán, A., A. J. Sánchez, L.A. Soto y F. Alvarez, 1986. Catalogo ilustrado de cangrejos braquiuros y anomuros de la Laguna de Términos, Campeche (Crustacea: Brachiura: Anomura) *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zool.* (2): 343-384.
- Reinhard, E.G., 1942. The endoparasitic development of *Peltogaster paguri*. *Journal of Morphology* 70: 389-402.
- Reinhard, E.G., 1950. An analysis of the effects of a sacculinid parasite on the external morphology of *Callinectes sapidus* Rathbun. *Biol. Bull.* 8: 277-288.
- Reinhard, E.G., 1956. Parasitic castration of crustacea. *Parasitology* 5 7-107.

- Reséndez, A.**, 1983. Hidrología e icti fauna de la Laguna de Zontecomapan, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 1: 385-417.
- Ritchie, L.E. y J. Hoeg**, 1981. The life history of *Lernaeodiscus porcellane* (Cirripedia:Rhizocephala) and co-evolution with its porcellanid host. *Journal of Crustacean Biology* 1: 334-347.
- Rodríguez, I.T.**, 1996. Reproducción de la jaiba azul, *Callinectes sapidus*, y la jaiba prieta, *Callinectes rathbunae*, en la laguna de Sontecomapan, Veracruz. *Tesis profesional Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México* 66pp.
- Shields, J.D. y F.E.I. Wood**, 1993. Impact of parasites on the reproduction and fecundity of the blu sand crab *Portunus pelegicus* from Moreton Bay, Australia. *Marine Ecology Progress series* 92: 159-170.
- Walker, G., A.S. Clare, D. Rittschof y D. Mensching**, 1992. Aspects of the life-cycle of *Loxothylaccus panopei* (sic) (Gissler), a sacculinid parasite of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi* (Gould): a laboratory study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 157: 181-193.
- Wardle, W.J. y A.J. Tirpak**, 1991. Occurrence and distribution of an outbreak of infection of *Loxothylacus texanus* (Rhizocephala) in blue crabs in Galveston Bay, Texas, with special reference to size and coloration of the parasite external reproductive structures. *Journal of Crustacean Biology* 11:553-560.
- Williams, A. B.**, 1974. The swimming crab of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fishery Bulletin* 72(3): 685-798.
- Young, P.S. y N.H. Campos**, 1988. Cirripedia(Crustacea) de la zona intermareal e infralitoral de la región de Santa Marta, Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín* 18: 153-164.
- Zar, J.H.**, 1984. *Biostatistical Analysis* 2ª ed. Prentice-Hall Nueva Jersey