



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EXPRESIÓN DE FIDELIDAD AL SITIO Y ACLIMATACIÓN
DEL CAMARÓN SIMBIONTE
Periclimenes pedersoni Y SUS HOSPEDEROS *Condylactis
Gigantea* Y *Bartholomea annulata*.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

Graciela Santamaría López

DIRECTORA: Dra. Maite Mascaró Miquelajauregui



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F., Noviembre, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales



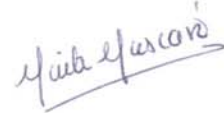


Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Expresión de fidelidad al sitio y aclimatación del camarón simbiote Periclimenes pedersoni y sus
hospederos Condylactis gigantea y Bartholomea annulata.**

realizado por **Santamaría López Graciela** con número de cuenta **0-9823207-3** quien ha decidido titularse mediante la opción de **tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario	Dr. Carlos Rafael Cordero Macedo	
Propietario	Dr. Pablo Hernández Alcántara	
Propietario Tutor	Dra. Maite Mascaró Miquelajauregui	
Suplente	M. en C. Ana Margarita Hermoso Salazar	
Suplente	M. en C. Miguel Angel Moreno García	

Atentamente,

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU ”

Ciudad Universitaria, D. F., a 20 de octubre de 2008

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

HOJA DE DATOS DEL JURADO

<p>1. Datos del alumno. Santamaría López Graciela 56 74 21 96 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias Bilología 098232073</p>
<p>2. Datos del tutor Dr. Maite Mascaró Miquelajauregui</p>
<p>3. Datos del sinodal 1. Dr. Carlos Cordero Macedo</p>
<p>4. Datos del sinodal 2. Dr. Pablo Hernández Alcántara</p>
<p>5. Datos del sinodal 3. M. en C. Ana Margarita Hermoso Salazar</p>
<p>6. Datos del sinodal 4. M. en C. Miguel Ángel Moreno García</p>
<p>7. Datos del trabajo escrito.</p> <p>Expresión de fidelidad al sitio y aclimatación del camarón simbiote <i>Periclimenes pedersoni</i> y sus hospederos <i>Condylactis gigantea</i> y <i>Bartholomea annulata</i>.</p> <p>Fidelidad al sitio 55p. 2008</p>

**DEDICO ESTA TESIS A GRACIELA LÓPEZ REYES QUE ME HA APOYADO
MUCHISIMO. TE QUIERO MUCHO MAMÁ**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por las enseñanzas tanto académicas como formación de espíritu. Agradezco a la Facultad de Ciencias de la UNAM, por todos los momentos gratos de mi estancia a lo largo de la carrera, por las cosas que uno aprende en esta escuela. Agradezco a la formación que recibí durante mi estancia en la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM, Sisal, Yucatán. Agradezco a los siguientes técnicos académicos: M. en C. Maribel Badillo Alemán, M. en C. Alfredo Gallardo Torres, Ing. Acuac. Luis Enrique Hidalgo Arcos, Ing. Acuac. Elidoro Hernández Hernández, Ing. Acuic. Miguel Arévalo, así como a los siguientes estudiantes: Pedro Westendarp Ortega, Alejandra Irasema Campos Salgado, Andres Altamira, Silvia Hinojosa, Carlos Maldonado y Lizbeth Rodriguez Pestaña. Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto PAPIIT IN216506, cuya responsable es la Dra. Maite Mascaró Miquelajauregui.

Agradezco por las fotografías a los autores Manuel Ocegüera, Miguel Cuellar. Dibujos Angélica Rico. Simulación Joaquín Díaz.

Agradezco a mi familia que siempre ha estado apoyándome en todos mis proyectos. A mi Mama quien ha hecho que mis sueños se conviertan en realidad. A mi Papa por sus buenos consejos y apoyo. A mi tía Linda por enseñarse lo bello del mar.

A mis amigos Lintzy, Marianita, Fernanda, Hugo (Chino), Roberto (Oso), David, Daniel, Pedro Segura, Luis, Ramces, Pedro Estrella, por todas las aventuras, alegrías, tristezas, travesuras y buenos consejos.

A mis amigos sisaleños Honorio (loncho), Salvador (Primo), Emilio, Jaime (cholo), Sarita, Sofi, Ángel Miguel Cruz por su apoyo en los mejores y peores momentos.

A mi familia sisaleña Don David y Mama Deysi quienes me apoyaron con cariño en mi estancia en Sisal.

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
SIMBIONTE Y SUS ANÉMONAS HOSPEDERAS	7
ASOCIACIONES SIMBIÓTICAS	13
ACLIMATACIÓN	15
ESPECIFICIDAD AL HOSPEDERO.....	17
COMPORTAMIENTO DE FIDELIDAD	19
OBJETIVOS	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS PARTICULARES	22
HIPÓTESIS.....	22
MATERIALES Y MÉTODO	23
ORIGEN Y MANTENIMIENTO DE LOS ORGANISMOS EXPERIMENTALES	23
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
EXPERIMENTOS PARA EVALUAR LA FIDELIDAD AL HOSPEDERO	25
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
RESULTADOS.....	31
EXPERIMENTO DE FIDELIDAD A LA ANÉMONA HOSPEDERA BARTHOLOMEA ANNULATA.....	31
EXPERIMENTO DE FIDELIDAD A LA ANÉMONA HOSPEDERA CONDYLACTIS GIGANTEA.....	33
DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
APÉNDICE 1	53
APÉNDICE 2	54
RESUMEN DE TABLAS Y FIGURAS.....	55

RESUMEN

El comportamiento de fidelidad de un huésped se basa en la permanencia o retorno a un hospedero conocido previamente y al cual ya se ha aclimatado. El camarón *Periclimenes pedersoni* se ha visto asociado mediante la aclimatación a individuos anémona de la especie *Condylactis gigantea* y a individuos anémona de la especie *Bartholomea annulata*. El objetivo de este estudio fue determinar si *P. pedersoni* exhibe una conducta de fidelidad a los individuos hospederos mediante la aclimatación selectiva tanto a las anémonas de la especie *C. gigantea* como a las anémonas de la especie *B. annulata*. Se colectaron a estas tres especies en las costas de Quintana Roo en el Caribe Mexicano. Se hizo un tratamiento experimental donde se le dio opciones a elegir *P. pedersoni*; en un extremo un individuo anémona conocido y en el otro extremo del acuario un individuo anémona totalmente desconocido. Este se comparó con dos tratamientos control; elección entre dos individuos anémonas conocidos y elección entre dos individuos anémona desconocidos. El análisis de datos se llevó a cabo con el estadístico X^2 mediante tablas de contingencia asimétricas con el método de máxima verosimilitud. Los resultados mostraron que *P. pedersoni* no exhibió una preferencia por retornar a individuos con los que previamente se había aclimatado; por lo que no mostró un comportamiento de fidelidad a los individuos hospederos de las especies *Condylactis gigantea* y *Bartholomea annulata*. *Periclimenes pedersoni* a pesar de seleccionar individuos anémonas no exhibe una conducta de fidelidad a los individuos hospederos.

Introducción

Los ecosistemas arrecifales contienen una gran diversidad de organismos que son ahora atractivos para el mercado de la acuariofilia. Del cual se extraen organismos poco comunes en los acuarios, como son los crustáceos ornamentales (Piña, 2000; Calado *et al.*, 2003). Dentro de los crustáceos, parecen aun más atractivos los decapados aquellos que muestran asociaciones simbióticas. Algunos de los que han tenido una mayor demanda *Stenopus hispidus*, *Lysmata rathbunae*, que se asocian a *Aiptasia padilla*; *L. debelius*, *L. ambionensis* asociado a *S. scutellatus* (Lin, 2001); *Alpheus armatus* con *Bartholomea annulata* (Fautin *et al.*, 1995; Jonsson, 1998); *Periclimenes anthophilus* con *Condilactis gigantea*; *Periclimenes brevicarpalis* con *Entacmea quadricolor* (Fautin *et al.*, 1995); así como *Periclimenes pedersoni* y *Periclimens yucatanicus* asociados a *Bartholomea annulata* y a *Condylactis gigantea* (Lin, 2001).

Simbionte y sus anémonas hospederas

Este carideo simbionte, *Periclimenes pedersoni* (Chace, 1958) por lo general es observado en los tentáculos o disco oral de las anémonas (Mahnken, 1972). Las cuales habitan áreas protegidas del arrecife, entre el coral y la arena, particularmente cerca de puntos prominentes o entre las cabezas de coral (Mahnken, 1972). Se distribuye desde el Cabo Lookout en Carolina del Norte hasta Belice, con registros en Florida (Chace, 1972), Bahamas, Indias Occidentales, Donaire y Quintana Roo, a profundidades de 1- 17 m (Nizinski 2003; Markham *et al.*, 1990). Una investigación hecha por Wicksten (1995) en Cayo Largo, Florida y en Bonaire las Antillas Irlandesas; muestra que por lo general *Periclimenes pedersoni* es más abundante que *P. yucatanicus*; se encontraron hasta 13 *P. pedersoni* en un mismo individuo anémona.

Khan et al., (2004) hizo una investigación con algunas especies de carideos, donde menciona que los camarones se distribuyen localmente en su anémona hospedera, de acuerdo a sus prácticas de alimentación y existe una preferencia por anémonas con tentáculos largos. Mahnken (1972) observa que por lo general *P. pedersoni* se ubica en el disco oral y en tentáculos de *B. annulata*. Según Herrnkind et al., (1976) *P. pedersoni* generalmente se encuentra sobre el substrato a unos pocos centímetros de la anémona, este camarón exhibe movimientos de zigzag cuando se aproxima a su anémona hospedera.

Periclimenes pedersoni (ver Figura 1 y Apéndice 1) es conspicuo y se caracteriza por tener diferentes marcas con blanco azul o líneas púrpura-violeta a lo largo del cuerpo, marcas similares en la mayoría de los quelípedos. Manchas púrpuras en los maxilípedos, así como otros pereiópodos y también manchas en antenas en color blanco y púrpura. Las líneas blancas y antenas son raramente visibles a distancia. Tanto su coloración como ciertos atributos de comportamiento (formación de estaciones de limpieza, despliegues visuales para atraer a los peces a limpiar, tomar posición en el fondo para la limpieza, interacción con otras especies de limpiadores, comensalismo con los peces limpiados. (Wicksten, 1998) también son característicos de otros organismos limpiadores del arrecife (Gwaltney y Brooks, 1994).

Periclimenes pedersoni presenta dimorfismo sexual, el cual es menos aparente en los individuos más pequeños. Es una especie de ontogenia gonócrica, los machos son más pequeños en comparación con las hembras (Bauer, 2004). La larva zoea es pelágica y presenta una adición gradual de apéndices durante el crecimiento larval (desarrollo anamórfico). En la muda metamórfica de zoea a postlarva, se vuelve bentónica y comienza a parecerse a un adulto. Las postlarva nadan en línea recta, durante la etapa post larval generalmente se alimentan de plancton (Bauer, 2004).

Las especies de camarones limpiadores son bien conocidas por su coloración conspicua y comportamiento, la cual advierte su presencia a los peces potenciales para ser limpiados. *Periclimenes pedersoni* (Figura 1) es un caridéo limpiador de parásitos de peces (Williams y Bunkley- Williams, 2000; Spotte, 1996) que se ubica en la proximidad de su anémona hospedera, donde casi siempre, agregados con otros de su misma especie, forman una estación de limpieza de peces de los grupos *Serranidae*, *Scaridae*, *Chromis*, *Acanthurus*, *Clepticus* (Wicksten, 1998). Este es un beneficio necesario para la salud de los peces del arrecife, jugando un papel importante en los sistemas arrecifales (Limbaugh *et al.*, 1961; Zhang *et al.*, 1998). En esta interacción aparentemente se beneficia tanto al camarón como el pez, ya que el camarón limpia los ectoparásitos y el tejido muerto del pez, aunado a que el camarón puede alimentarse del mucus de las paredes del pez (Bauer, 2004).



Figura 1. *Periclimenes pedersoni* asociado a *Bartholomea annulata*

Ante la controversia de una probable sinonimia de *Periclimenes pedersoni* y *Periclimenes anthophilus* se buscan diferencias mediante las asociaciones simbióticas. Spotte *et al.*, (1991), menciona que no hay una especificidad por parte de los camarones al elegir anémonas hospederas, pues a ambos se les ha encontrado tanto en *Condylactis gigantea* como en *Bartholomea annulata*;

concluye que se trata de la misma especie. Spotte (1999) refiere que las diferencias pueden deberse a la distribución geográfica de los organismos, que a su vez esté relacionada con las circunstancias ecológicas en las que se encuentren dichos individuos o bien pueden existir diferencias genéticas, las cuales aun no se han determinado (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de registros de asociaciones a anémonas hospederas para *P. anthophilus* y *P. pedersoni*.

Especie	Hospederos	Referencia	Localización
<i>P. pedersoni</i> *	<i>B. annulata</i> , <i>C. gigantea</i> , <i>Anthipathes pennacea</i> (coral)	Limbaugh, Pederson y Chace, 1961; Chace, 1972; Mahnken, 1972; Herrnkind, 1976; Williams, 1984; Mihalik 1989; Gwaltney and Brooks, 1994; Wicksten, 1995; Williams y Bunkley- Williams, 2000.	Atlántico Occidental, Bonaire, Antillas Netherlands, Cayo Largo, Florida, USA, Islas Virgenes, Isla Antigua, Islas Bahamas, Puerto Rico, Región de Santa Marta, Colombia, Indias Occidentales Bonaire, Antillas Holandesas.
<i>P. anthophilus</i>	<i>C. gigantea</i> , <i>Anthipathes gracilis</i> (coral). <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><i>B. annulata</i></div>	Chance, 1972; Williams, 1894; Levine and Blanchard, 1980; Nizinski, 1989; Crawford, 1992; Spotte et al., 1995. <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Criales, 1984</div>	Bermuda, Región de Santa Marta, Colombia, Turku E Islas Caicos (noreste del Oeste de India) y este de Honduras (Caribe oeste). <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Región de Santa Marta, Colombia.</div>

* Ha *P. pedersoni* se le ha registrado en otras regiones y con distintos hospederos, ver mas adelante Tabla 2

Periclimenes pedersoni frecuentemente se encuentra asociado a *B. annulata* (Gwaltney and Brooks, 1994), aunque también se ha visto presente en *C. gigantea* (Mihalik, 1989 en Rodríguez, 2007). *Periclimenes pedersoni* ha sido encontrado en asociación con múltiples hospederos, sin embargo, muchos registros de este carideo han sido en *C. gigantea* y *B. annulata* (ver Tabla 1, 2 y Figura 4). *Condylactis gigantea* (ver Apéndice 1) es una anémona con un disco basal circular de contorno irregular, bien desarrollado y fuertemente adherido al substrato. El disco basal puede tener de 3 a 6 cm de diámetro, es de color rosado claro u oscuro, columna lisa y cilíndrica. Los tentáculos son largos, cilíndricos, gruesos en la base, afinándose hacia su extremo distal y pueden contraerse mas no se retraen completamente. La coloración (ver Figura 2) puede ser desde pardo claro con matices blanquecinos y los extremos de color verde, rosado o púrpura (Varela, 2001). Habita en el arrecife,

bajo las piedras o invertida, fija a solapas o techos de cuevas, fondos rocosos (Varela, 2001; Herrera y Betancourt, 2002). Se ha observado a profundidades desde 1 m hasta los 15 m (Varela, 2001); su distribución en el bentos puede estar limitada por la intensidad de luz (Nizinski, 1989). Se distribuyen en Bahamas, Bermudas, Barbados, Curazao, Haití, Jamaica, Puerto Rico, St. Thomas, Tortugas (Varela, 2001) y República Dominicana (Herrera y Betancourt, 2002).



Figura 2, *Condylactis gigantea*

Por otro lado, *Bartholomea annulata* (ver Apéndice 1) es una anémona con un disco pedal liso de 1.5 a 2 cm de diámetro se adhiere fuertemente al substrato, de contorno irregular y de color blanco con manchas de color pardo (ver Figura 3). Los tentáculos son numerosos y marginales, no retractiles y su pared es fina, casi transparente con numerosos anillos de color blanco, gruesos e incompletos (Varela, 2001). Es sensible a súbitos cambios en la intensidad de la luz (Clarke, 1955). Habita generalmente en fondos arenosos, fangosos y rocosos, corales muertos o en conchas vacías (Herrera y Betancourt, 2002). Puede ser encontrada a profundidades por debajo de la línea de marea hasta antes de los 23 m. Se distribuye en el Gran Caribe, Bermudas, Bahamas, Puerto Rico, Jamaica, St Thomas, Guadalupe, Barbados y Curazao (Varela, 2001). Generalmente se asocia a diferentes organismos como mysidaceos, cangrejos, peces y camarones (Bruce, 1976).



Figura 3. *Periclimenes pedersoni* asociados a *B. annulata*.

Goy (1990) encontró larvas con un asentamiento exitoso al ser expuestas a *C. gigantea*, pero las larvas de *P. pedersoni* muestran una alta supervivencia si se exponen a residuos de piel de *B. annulata*. Mebs et al., (1996) registró que *Periclimenes*, al igual que otros crustáceos, que viven en asociación con anémonas (*Mithraculus*, *Neopetrolisthes*, *Stenorhynchus*) son resistentes a las toxinas citolíticas de las anémonas. En los tentáculos de las anémonas se localiza veneno, a manera de organelos especializados intracelulares llamados nematocistos, los cuales son proteínas tóxicas como citolisinas, fosfolipasas, e inhibidores de proteínas, que pueden bloquear y modular los canales de Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺) (Monastyrnaya et al., 2002). Estas tienen la función que les permite ya sea atrapar una presa o repeler a los depredadores (Tejuca et al., 1996; Santamaría et al., 2002; Monastyrnaya et al., 2002). Este veneno afecta los fosfolípidos de las membranas biológicas formando poros o canales (Tejuca et al., 1996). Investigaciones hechas por Mebs et al., (1996) muestran que los filamentos gill de los crustáceos (*Periclimenes*, *Mithraculus*, *Neopetrolisthes*, *Stenorhynchus*) están resguardados al ser expuestos a las toxinas citolíticas, indicando que hay una capa de protección en el exoesqueleto de estos crustáceos. Los filamentos gill son una capa epitelial

localizada bajo la cutícula, la cual es importante para el intercambio de gases, transporte de iones y agua (Linda, 1983).

Asociaciones simbióticas

La adopción de un hábito de vida simbiótico representa una de las adaptaciones ambientales más importantes entre los crustáceos marinos (Baeza, 2007). Simbiosis se refiere a interacciones ecológicas entre organismos que llevan una vida juntos (Margulis, 1991). En particular, la competencia interespecífica que puede jugar un papel determinante en la distribución de los organismos; y así ser considerada como un mecanismo importante, aunque no universal, capaz de explicar la evolución de la simbiosis en este y otros grupos de invertebrados marinos (Baeza, 2007). Es así que el comportamiento de fidelidad a un hospedero puede influir en los patrones de distribución de los organismos y en la competencia por espacio.

Algunas de estas interacciones ecológicas pueden ser comensalistas, donde sólo uno obtiene un beneficio, por ejemplo: *Periclimenes brevicarpalis* que come los tentáculos de su anémona *Entacmaea quadricolor* (Fautin *et al.*, 1995). Otras pueden ser mutualistas, donde ambas especies obtienen beneficios (Hoolbrook y Schmitt, 2005), otro ejemplo: el camarón chasqueador *Alpheus armatus* y su anémona hospedera *Bartholomea annulata* (Jonson, 1998). Las simbiosis mutualistas pueden proveer y recibir una gran variedad de beneficios, incluyendo de alimento o recursos nutricionales, transporte de propágulos reproductivos, sitios de reproducción o alimentación y protección de sus competidores o depredadores (Hoolbrook y Schmitt, 2005). Otro ejemplo de mutualismo es el simbiote *P. pedersoni* que obtiene beneficios de protección, alimento y posición en estaciones de limpieza de sus anémonas hospederas, en tanto que las mismas excretas del camarón contribuyen al aumento de amonio en el ambiente externo de la anémona. El amonio

estimula a las zooxantelas simbiotes de la propia anémona hospedera aumentando la disponibilidad de energía (Spotte, 1996). Este camarón también contribuye a la limpieza del exceso de moco y comida que regurgitan las anémonas (Rodríguez, 2007).

Se ha observado que los simbiotes (ya sea peces o camarones) en las anémonas sirven como protección, tal que, impiden que los depredadores se las coman; así éstas pueden crecer aún más que aquellas que no tienen a estos simbiotes (Porat y Furman, 2004; Hoolbrook y Schmitt, 2005).

Tabla 2. Asociaciones de *P. pedersoni* con otras especies (modificada a partir de Rodríguez, 2007)

Grupo Taxonómico	Especie hospedera	Distribución por localidad	Referencia
Anémonas	<i>Bartholomea annulata</i> LeSueur, 1817	Bahamas	Chace (1958, 1972)
		Bahamas, Islas Vírgenes, Oeste de Florida, British West Indies	Limbaugh et al., (1961); Feder (1966)
		Islas Virgenes	Mahnken, 1972
		Grand Bahama	Herrnkind et al., (1976)
		Bahía Santa Marta, Colombia	Criales y Corredor (1977); Criales (1984)
		Canal de Isla Joven, Isla de San Vicente en Antillas menores	Criales y Corredor (1977)
		Florida Keys	Mihalik (1989)
		Caicos Islands, Bermuda	Spotte et al., (1991)
		West Summerland Key, Florida Key Largo, Florida; Bonaire, Antillas Holandesas	Gwaltney y Brooks (1994); Wicksten (1995)
		Majahual, Playa del Carmen, Tulum, Cozumel, Punta Allen, Quintana Roo México	Campos- Salgado et al., (2006)
		Bajo de Diez, Yucatán México	N. Simoes, com. Pers
	<i>Condylactis gigantea</i> Weinland, 1891	Canal de Isla Joven, Isla de San Vicente en Antillas Menores	Criales y Corredor (1977)
		Grand Bahama	Stanton (1977)
		Caicos Islands, Bermuda	Spotte et al., (1991)
		Florida Keys	Mihalik (1989)
		Key Largo, Florida; Bonaire, Antillas Holandesas	Wicksten (1995)
	<i>Aiptasia pallida</i> Verril, 1864	Bahía Santa Marta, Colombia	Criales (1984)
		Bajo de Diez, Yucatán México	N. Simoes, com. Pers.
	<i>Bunodosoma granuliferum</i> LeSueur, 1817	Bahía Santa Marta, Colombia	Criales (1984)

	<i>Lebrunia danae</i> Duchassaing y Michelotti, 1866	Bahía Santa Marta, Colombia	Criales y Corredor (1977); Criales (1984)
		Grand Bahama	Herrnkind (1976); Stanton (1977)
		Caicos Islands, Bermuda	Spotte et al., (1991)
	<i>Heteractis lucida</i> Duchassaing Michelotti, 1866	Canal de Isla Joven, Isla de San Vicente, Antillas Menores	Criales y Corredor (1977)
Medusas	<i>Cassiopeia xamachana</i> Bigelow, 1982	Bahía Santa Marta, Colombia	Criales (1984)
Ceriantos	<i>Cerianthus</i> sp	Bahía Santa Marta, Colombia	Criales (1984)
	<i>Richordea florida</i> Duchassaing y Michelotti, 1960	Arrecife Media Luna, La Parguera en Puerto Rico	Williams y Bunkley- Williams (2000)
		Arrecifes de Sian Kaan en Quintana Roo, México	Campos- Salgado et al., (2006)
Corales	<i>Discosoma sanctithomae</i> Duchassaing y Michelotti, 1860	Arrecife South Perry en Lee Stocking Island en Bahamas	Williams y Bunkley- Williams (2000)
	<i>Anthipathes pennacea</i> Pallas 1766	Bonaire, Antillas Holandesas	Spotte (1996)
Moluscos	<i>Lima scabra</i> Shumacher, 1817	Lee Stocking Island, Bahamas	Spotte (1996); Williams y Bunkley- Williams (2000)

Aclimatación

El proceso de aclimatación ha sido ampliamente estudiado en los peces anemonales (Fautin, 1986, 1991, *et al.*, 1995; Mariscal, 1970; Schlichte, 1976) y ha sido definido como el mecanismo mediante el cual el huésped adquiere la protección de los nematocistos del hospedero por la alteración del mucus de la piel (Mariscal, 1970). Sin embargo, Schlichter (1976) cree que el pez es recubierto del moco durante el proceso de aclimatación, que le permite mimetizarse, estimulando químicamente la

detección de la anémona. Este proceso es similar en la interacción camarón- anémona (Levine y Blanchard, 1980; Crawford, 1992; Rodríguez, 2007)

Levine y Blanchard (1980) mencionan que los camarones tiene un contacto inicial con su hospedero, el cual presenta una fuerte contracción y exhibe una fuerte adhesión de los tentáculos a las patas, cola y cefalotórax del carideo. El piquete es definido con la acción de espirocistos y nematocistos adheridos al exoesqueleto como resultado en la captura del camarón. El carideo realiza movimientos rápidos rompiendo la adhesión de los tentáculos y brincando fuera de la anémona, comportamiento similar al observado en los peces anemonales (Mariscal, 1969). El camarón exhibe comportamiento de limpieza (“grooming behaviour”) del moco de la anémona hospedera a lo largo de su cuerpo, (Crawford, 1992; Rodríguez, 2007). Durante este proceso de aclimatación las anémonas hospederas también presentan respuestas a los contactos del camarón, las cuales conforme avanza el tiempo son cada vez de menor intensidad (Rodríguez, 2007). La asociación puede ser o no química (Fautin, 1991) o bien a través de señales táctiles con las cuales se puede buscar y seleccionar a un hospedero; como lo hacen algunos peces anemonales que localizan visualmente a su hospedero (Fautin *et al.*, 1995).

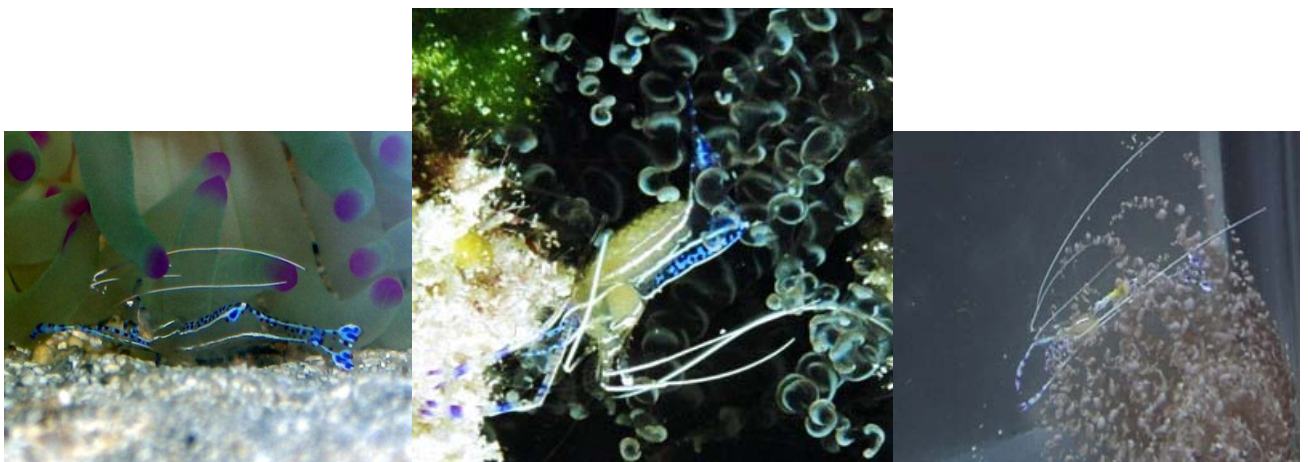


Figura 4. Se observa a *P. pedersoni* totalmente aclimatado a sus anémonas hospederas.

Rodríguez (2007) describe tres fases del proceso de aclimatación en *Periclimenes pedersoni*; la primera fase consiste en una conducta exploratoria y de limpieza, donde el camarón puede obtener moco de la anémona suspendido en áreas circundantes, pero que se caracteriza por la ausencia de contacto físico entre los dos simbios. La segunda fase se observan numerosos contactos físicos con respuestas tanto del huésped como del hospedero. En la tercera fase se establece contacto permanente, de tal forma que el camarón puede transitar libremente por diferentes zonas de la anémona hospedera. A la adquisición de protección final mediante este proceso de [aclimatación](#) se le ha calculado en tiempos de 2 horas 40 minutos (Crawford, 1992) hasta en un lapso de 24 horas (Rodríguez, 2007). Un camarón puede perder su protección al ser suavemente limpiado el integumento (Crawford, 1992) o bien separar al camarón de su hospedero durante 15 días, hasta que este pierda toda protección ante los nematocistos (Rodríguez, 2007). En investigaciones realizadas por Rodríguez (2007) se observa que el proceso de aclimatación de *P. pedersoni* a anémonas hospederas (Figura 4) tanto a *C. gigantea* como a *B. annulata* son similares.

Especificidad al hospedero

El grado de especificidad en la relación simbiótica entre camarones y anémonas varía dependiendo de las especies y la zona de distribución geográfica (Bauer, 2004). La especificidad de los camarones implica que son potencialmente capaces de distinguir a sus hospederos (Bruce, 1976 en Guo *et al.*, 1996; Khan *et al.*, 2003) y asociarse a aquellas especies para las cuales tiene un mecanismo de protección. Dentro del género *Periclimenes* hay diferentes niveles de especificidad y las diferencias pueden estar mediadas por la forma de utilizar el hábitat (Mahnken, 1972). Se piensa que las especies que son limpiadoras de peces, generalmente, son poco específicas ya que buscan posiciones

favorables entre anémonas de diferentes especies para establecer estaciones de limpieza (Limbaugh *et al.*, 1961; Mahnken, 1972; Stanton, 1977; Levine and Blanchard, 1980; Nizinski, 1989).

Cuando se observa la asociación de una especie a un hábitat en particular a menudo se supone que éste es su preferido, es decir que el individuo esta seleccionando activamente el hábitat y rechaza otros que también están disponibles (Allainé *et al.*, 1994). Sin embargo, se ha mencionado que la especificidad puede estar mediada por la presencia de una conducta selectiva de preferencia (Rodríguez, 2007), o bien por el resultado de las propiedades físicas, químicas (Forbes *et al.*, 2005) y fisiológicas del sistema huésped-hospedero–arrecife en sus diferentes escalas. Por ejemplo, la distribución y abundancia de las larvas planctónicas y su acceso a las anémonas hospederas, capacidad de detección de estímulos químicos, vulnerabilidad a las toxinas de anémonas no frecuentemente hospederas, etc. Olabarria *et al.*, (2002) subrayan que para confirmar una preferencia activa, se requiere de un comportamiento diferente ante las alternativas posibles, cuando estas se encuentran juntas o cuando se encuentran separadas. Así, un comportamiento de preferencia no puede ser demostrado únicamente tomando en cuenta los patrones de distribución en el campo, se requiere de controles adecuados para corroborar hipótesis de preferencia o selección activa (Underwood *et al.*, 2004; Chapman, 2000).

En un estudio sobre especificidad de *P. pedersoni*, (Rodríguez, 2007) no se encontraron evidencias de una preferencia activa de este camarón por la anémona *B. annulata*, por lo que la asociación más frecuente con ésta anémona (que con *C. gigantea*) en el Caribe Mexicano no es el resultado de una selección activa. Mahnken (1972) por su parte sugiere que *P. pedersoni* se asocia a menudo con *B. annulata* por el color oscuro de la anémona que hace contrastar al camarón mas conspicuo y fácil de localizar para el pez. Otros autores (Gwaltney y Brooks, 1994) han mencionado que *P. pedersoni* puede identificar anémonas principalmente sobre la base de color y/o localización, atributos

independientes de las características originales de protección que brinda el hospedero. Asimismo, Mihalik (1989 en Rodríguez, 2007) observó que *P. pedersoni* se asocia frecuentemente con anémonas que no han estado habitadas antes en el campo, lo cual implica que la preferencia del hospedero por el camarón puede ser fuertemente influenciada por experiencias previas con anémonas hospederas. Dado que experimentos de laboratorio (Gwaltney y Brooks, 1994) han mostrado que las preferencias pueden ser modificadas a través del condicionamiento a hospederos alternativos, se ha establecido que la preferencia se muestra como una función transitoria de la experiencia.

En un sistema camarón-anémona alto en especificidad (camarones que sólo se asocian a ciertas especies de anémonas), la asociación diferencial entre un huésped y su hospedero puede ser el resultado de la inhabilidad del huésped en adquirir la protección de otras especies de anémona durante la aclimatación, ya que se esperaría que diferentes especies de anémonas presenten distintas variedades de sustancias tóxicas en sus nematocistos (Levine y Blanchard, 1980). Sin embargo, este no parece ser el caso de *P. pedersoni* con dos de sus anémonas hospederas, ya que logra aclimatarse a *C. gigantea* múltiples veces en condiciones de laboratorio (Rodríguez, 2007) tanto que ha sido registrado como huésped de esta anémona en algunas zonas de su distribución geográfica (Tabla 1).

Comportamiento de fidelidad

La adquisición de protección ante los nematocistos de una anémona hospedera puede ser un factor determinante en la selección activa de un individuo hospedero, discriminando entre un contacto previo y uno totalmente nuevo. Si un camarón aclimatado a un individuo anémona es separado de ella y posteriormente la prefiere entre otras opciones de individuos, entonces se puede decir que presentaría una conducta de fidelidad al individuo anémona.

La fidelidad al sitio y/o al hospedero alude a un organismo que permanece o tiene predisposición de regresar a un lugar que previamente había ocupado (Manhnken, 1972; Green y Fisher, 1977; Williams y Bunkley Williams, 2000; Jacob *et al.*, 2001; Salo y Rosengren, 2001; Matthiopoulos *et al.*, 2005), ya sea por ser su lugar natal (en cuyo caso hablemos de “filopatría”; Pomeroy *et al.*, 2000; Matthiopoulos *et al.* 2005; Acevedo *et al.*, 2006), o bien, por que éste sea un lugar que le brinde alimento, protección de depredadores y mayor éxito reproductivo (Williams y Bunkley Williams, 2000; Salo y Rosengren, 2001; Matthiopoulos, 2005; Acevedo *et al.*, 2006). La fidelidad tiene un valor adaptativo que implica tanto costos como beneficios (Jakob *et al.*, 2001; Aragon, 2003). Este comportamiento se presenta al permanecer en individuos hospederos cuando existen los factores de protección, alimento y reproducción en el mismo hospedero. El beneficio de permanecer es mayor, sobretodo si el costo de cambiar de hospedero es grande. Bajo esa circunstancia, se esperaría que los simbioses muestren alta fidelidad. Para el camarón, los costos de estar fuera de un hospedero son la vulnerabilidad ante depredadores, el estrés que esto puede producir, el no tener buenas posiciones en estaciones de limpieza y la probabilidad de encontrar una pareja reproductiva provocaría un comportamiento de fidelidad al permanecer en un hospedero. Los factores extrínsecos como presión por depredación, estrés; así como los factores intrínsecos como lo son el sexo, el estadio del camarón, así como el tamaño del hospedero determinan el balance entre el costo beneficio de moverse entre hospederos (Thiel *et al.*, 2003).

En los camarones carideos se ha registrado la permanencia en anémonas hospederas que ante una situación de contracción de tentáculos de su hospedero, tienen la capacidad de moverse rápidamente a una anémona adyacente (Chace, 1958; Manhnken, 1972; Spotte *et al.*, 1995), pero que retornan a una anémona de su preferencia, cuando ella está disponible (Williams y Bunkley- Williams , 2000). Existen camarones del género *Periclimenes* que pasan una parte considerable de su vida en un

mismo individuo hospedero como *Periclimenes brevicarpalis* asociado a *E. quadricolor* (Kropp, 1987; Fautin *et al.*, 1995), a lo que llamaríamos fidelidad a un hospedero. Dados estos antecedentes *P. pedersoni* podría presentar un comportamiento similar y exhibir fidelidad a un individuo hospedero con el cual ya se ha aclimatado previamente.

El estudio de comportamiento de fidelidad a un hospedero, mostrara que un organismo es capaz de hacer una selección entre opciones de individuos hospederos. Aunado al conocimiento como parte de la historia natural de *Periclimenes pedersoni*, contribuir al conocimiento de sus relaciones ecológicas y patrones de distribución con sus hospederos en el Caribe Mexicano. Esta información podrá ser de utilidad en la conservación de estas especies.

Objetivos

Objetivo general

Determinar si *Periclimenes pedersoni* Chace, 1958 exhibe una conducta de fidelidad al individuo hospedero mediante la aclimatación selectiva a dos de sus anémonas hospederas: *Bartholomea annulata* (LeSueur, 1817) y *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860).

Objetivos particulares

- Determinar si *P. pedersoni* exhibe una conducta de fidelidad al individuo hospedero ante una anémona *B. annulata* con la que ha estado asociado previamente.
- Determinar si *P. pedersoni* exhibe una conducta de fidelidad al individuo hospedero ante una anémona *C. gigantea* con la que ha estado asociado previamente.

Hipótesis

Periclimenes pedersoni preferirá aclimatarse a individuos anémona (tanto de *B. annulata* como de *C. gigantea*) con los que ha estado asociado previamente y rechazará aquellos con los que nunca ha estado asociado, exhibiendo así una conducta de fidelidad al hospedero.

Materiales y Método

Origen y mantenimiento de los organismos experimentales

Los camarones carideos *P. pedersoni*, y sus anémonas hospederas *B. annulata* y *C. gigantea* fueron capturados mediante buceo científico con equipo SCUBA en las zonas arrecifales comprendidas entre Puerto Morelos y Mahahual, Quintana Roo, México. Las localidades de captura se eligieron con base en los estudios de distribución y abundancia de estos organismos realizados por Simoes et al. (datos no publicados), y los permisos pertinentes fueron tramitados previamente ante SEMARNAT por medio de la CONANP.

Los camarones fueron capturados con la ayuda de redes de malla fina, en tanto que las anémonas fueron extraídas manualmente, cuidando de minimizar los daños provocados al arrecife. Los organismos fueron colocados individualmente en frascos de plástico perforados, dentro de una hielera con agua de mar y aireación constante, con la finalidad de mantenerlos a una temperatura no mayor a 28°C. La identificación taxonómica de los camarones se realizó con base en Chace (1958), en tanto que la de las anémonas se hizo con base en Varela (2001) y Fautin (2005). La densidad poblacional fue definida de acuerdo a los posibles organismos con los que se podía trabajar sin afectar, con las colectas a la población de los arrecifes.

Durante las colectas, a cada individuo se le asignó un código de observación, correspondiente a la localización precisa en el momento de captura; la especie e individuo anémona con la que cada camarón se encontraba; y las características de la agregación de carideos de una misma o diversas especies. Así se obtuvo un registro detallado y preciso de la identificación individual de cada combinación de camarón y anémona capturados.

Al llegar al laboratorio, los camarones fueron colocados en acuarios individuales de fibra de vidrio (30 x 20 x 20 cm) en un sistema de recirculación cerrado. Las anémonas por su parte, fueron colocadas también individualmente en otro sistema de recirculación (en acuarios de 28 x 18 x 23 cm), de tal forma, que se evitara cualquier reconocimiento químico entre huéspedes y hospederos previos a los experimentos. Los organismos experimentales fueron mantenidos en el laboratorio durante un periodo máximo de 10 meses.

El agua marina de ambos sistemas se mantuvo en una salinidad de 35 ± 1 ‰, temperatura de 25 ± 1 °C (controlados por medio de enfriadores y calentadores de titanio), y un foto período de 12 h luz: 12 h oscuridad con luz artificial. En el sistema que contenía a las anémonas, se usaron lámparas de actinia de fuerte intensidad (aproximadamente de 10,000 Kelvin) en una combinación de luz blanca y azul, simulando las longitudes de onda en condiciones naturales. Esto se hizo con la finalidad de fomentar la fotosíntesis de las zooxantelas simbiotes de las anémonas. Se realizaron recambios parciales del agua del reservorio, para mantener una concentración aproximada de amonio ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3^+$) en 0 mg l^{-1} ; nitratos (NO_3^-) en 5 mg l^{-1} ; nitritos (NO_2^-) en 0 mg l^{-1} ; fosfatos (PO_4^{3-}) en 0.1 mg l^{-1} ; pH de 8.5; alcalinidad 181 ppm. Para precipitar metales se agrego EDTA ($1 \text{ g } 100 \text{ l}_{\text{H}_2\text{O}}^{-1}$) posterior a los recambios parciales de agua. El flujo en los acuarios de las anémonas fue medido con una probeta y cronómetro, el cual se mantuvo alrededor de 18 ml seg^{-1} . Durante el mantenimiento, los camarones fueron alimentados con una dieta rica en proteínas, a base de oligoquetos y nauplios de *Artemia* spp. ofrecidos *ad libitum* tres veces al día, en tanto que a las anémonas se les proporcionaron estos nauplios cada tercer día. Debido a la fragilidad de *B. annulata*, se adicionó una concha vacía de caracol, con la finalidad de que estos individuos pudieran ser transportados entre los acuarios experimentales sin dañar el pie de las anémonas.

Diseño experimental

Experimentos para evaluar la fidelidad al hospedero

Para corroborar la hipótesis de que *P. pedersoni* exhibe una conducta de fidelidad al hospedero *B. annulata*, cada camarón (n total = 60) fue presentado aleatoriamente con uno de tres tratamientos (n por tratamiento = 20): i) tratamiento con opción (CO): una *B. annulata* con la que había estado asociado en el pasado, pero a la cual ya no estaba aclimatado (anémona conocida), y una *B. annulata* con la que nunca había estado asociado (anémona desconocida); ii) tratamiento sin opción 1 (SO1): dos *B. annulata* conocidas ; y iii) tratamiento sin opción 2 (SO2): dos *B. annulata* desconocidas. Los tratamientos SO fueron incluidos en el diseño experimental con la finalidad de comparar los resultados de las elecciones individuales de los camarones con aquellas del tratamiento CO, y así corroborar la presencia de una selección activa basada en la preferencia de *P. pedersoni* por anémonas con las que había estado asociado en el pasado, pero cuya condición fisiológica de aclimatación ya no persistía. El experimento para corroborar la hipótesis de fidelidad al hospedero con *C. gigantea* se realizó por separado, usando el mismo procedimiento y el mismo número de observaciones en cada uno de los tratamientos anteriormente descritos.

Con la finalidad de asegurar independencia entre y dentro de los diferentes tratamientos, cada camarón utilizado participó únicamente una vez en cada corrida experimental. En todos los casos que involucraban anémonas desconocidas se observó cuidadosamente que los camarones utilizados provinieran de localidades de colecta diferentes de aquéllas de las anémonas. En el caso de los tratamientos con anémonas conocidas, y para asegurar una asociación simbiótica previa, se permitió la aclimatación de cada camarón con la anémona respectiva hasta que se verificara un proceso de aclimatación exitoso (de 7 a 24 horas de interacción). Durante el experimento con *C. gigantea* ocasionalmente se obligó al camarón a establecer los primeros contactos con las anémonas,

aproximándolos suavemente con la ayuda de un agente externo. Este procedimiento fue necesario ya que los camarones muchas veces se mostraban renuentes a acercarse inicialmente a las anémonas, o bien demoraban mucho tiempo en hacerlo. Posterior a la aclimatación, todos los camarones fueron sometidos a un proceso de desaclimatación, que consistente en la separación física de huésped y hospedero, colocándolos en sistemas de recirculación totalmente independientes durante un periodo 15 o más días (Rodríguez, 2007). Este periodo fue el propuesto por Rodríguez (2007) como el tiempo mínimo en que pierde el camarón protección ante los nematocistos de la anémona; el cual incluye un periodo de muda. Por lo que este tiempo de desaclimatación se toma como base para poner a prueba la memoria que pudiese tener el camarón y recordar si estuvo aclimatado previamente a algún individuo anémona.

El dispositivo experimental consistió en acuarios de vidrio transparente de 20 litros de capacidad (50 cm de largo x 20 cm ancho x 20 cm alto) con agua de mar en las mismas condiciones de los acuarios en las que los organismos habían sido mantenidos desde su captura. En cada prueba se colocaron dos anémonas (de acuerdo con el tratamiento correspondiente) en los extremos del acuario, manteniendo una manguera con aireación. Después de 30 minutos se retiraba la aireación, y se introducía el camarón en el centro del acuario, en una posición equidistante a ambas anémonas. Cada hora se registró la ubicación del camarón en el acuario, así como su comportamiento en el proceso de aclimatación. Al cabo de 7 h (tiempo mínimo en que se registró la aclimatación de un camarón a una anémona durante experimentos previos de aclimatación), se determinó si el camarón se encontraba aclimatado a alguna o ninguna de las anémonas presentadas. Se consideró un evento de aclimatación a la anémona cuando un camarón permanecía sobre, entre o debajo de los tentáculos (disco basal) de las anémonas, o bien, a una distancia < 3 cm de la porción distal de los tentáculos, durante una hora. Los criterios temporales, de localización y permanencia de los camarones durante la aclimatación se basaron en trabajos realizados por Stanton (1977), Mahnken (1972) y Rodríguez (2007). Durante

cada uno de los experimentos de selección se utilizaron camarones de entre 2 - 3 cm de tamaño en etapa adulta y las anémonas aproximadamente similares en tamaño de entre 5 - 9 cm de diámetro de tentáculo a tentáculo.

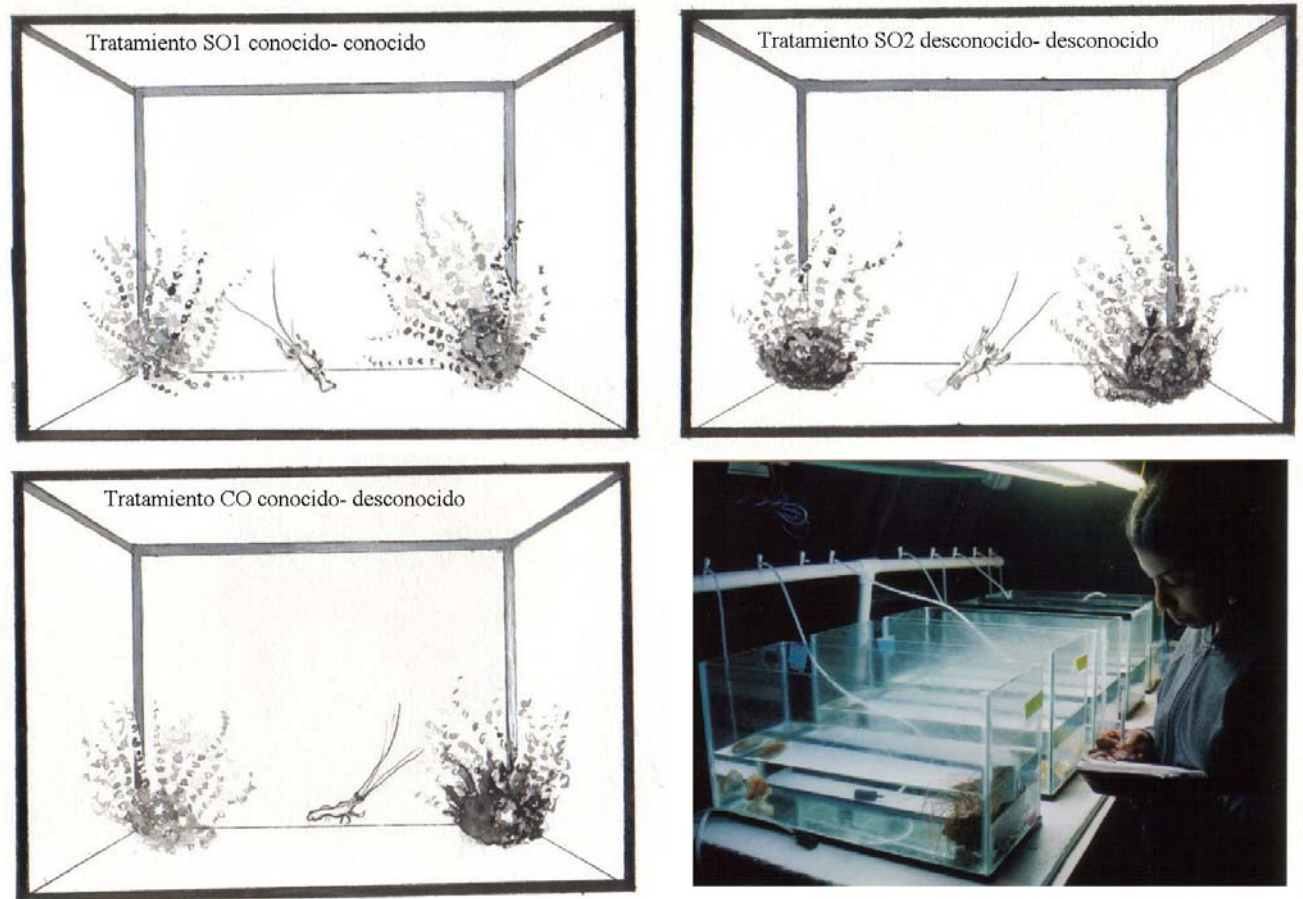


Figura 5. Diseño experimental. Arriba izquierda tratamiento SO1 donde ambas anémonas son conocidas. Arriba derecha tratamiento SO2 donde ambas anémonas son desconocidas. Abajo izquierda tratamiento CO donde hay una anémona conocida y una desconocida. Abajo derecha fotografía representativa del dispositivo experimental.

Análisis estadístico

Para comprobar que *P. pedersoni* exhibe una conducta de preferencia por anémonas *B. annulata* y *C. gigantea* conocidas (fidelidad al hospedero), era necesario que la diferencia en las frecuencias de selección de anémonas conocidas y desconocidas en los tratamientos CO fuese mayor que dicha diferencia en los tratamientos SO. Esto también puede ser expresado como:

$$H_{\text{exp}}: \frac{q_1}{P_1} > \frac{q_2}{P_2}$$

donde p_1 y p_2 son la proporción de camarones que eligieron aclimatarse a anémonas conocidas y desconocidas en los tratamientos SO, respectivamente, y q_1 y q_2 son la proporción de camarones que eligieron aclimatarse a anémonas conocidas y desconocidas en el tratamiento CO, respectivamente. La formulación de la hipótesis experimental en este sentido define a hipótesis nula como las frecuencias de selección de anémonas conocidas y desconocidas en los tratamientos CO fuesen iguales a las diferencias en los tratamientos SO. Expresado:

$$H_0: \frac{q_1}{P_1} = \frac{q_2}{P_2}$$

Para comprobar la hipótesis experimental, los datos fueron analizados con tablas de contingencia, de acuerdo a lo propuesto por Underwood y Clarke (2005). Este procedimiento estadístico estima las frecuencias esperadas mediante el método de máxima verosimilitud, el cual utiliza diseños asimétricos en las tablas de contingencia (Tabla 1). Los autores aseguran que dicho procedimiento permite operar estadísticamente en un valor de alfa próximo al estipulado (0.05), y mantiene la probabilidad del error tipo I en dicho valor.

Tabla 3. Tabla de contingencia asimétrica para el análisis estadístico de los resultados de los experimentos de selección de *P. pedersoni* por anémonas conocidas y desconocidas de *B. annulata* y *C. gigantea*. Tratamientos sin opción (SO1, anémona conocida + anémona conocida; SO2, anémona desconocida + anémona desconocida): m_1, m_2 son el número de camarones que eligieron aclimatarse a anémonas conocidas y desconocidas, y M_1 y M_2 son el número total de camarones utilizados en cada tratamiento, respectivamente. Tratamiento con opción (CO, anémona conocida + anémona desconocida): n_1, n_2 son el número de camarones que eligieron aclimatarse a anémonas conocidas y desconocidas, respectivamente, y N es el número total de camarones utilizados en este tratamiento.

Tratamientos	Camarones que eligieron aclimatarse a anémonas		Camarones que eligieron no aclimatarse	Total
	Conocidas	Desconocidas		
SO1	m_1	-----	$1 - m_1$	M_1
SO2	-----	m_2	$1 - m_2$	M_2
CO	n_1	n_2	$1 - n_1 - n_2$	N

La verosimilitud de obtener los valores estimados de las frecuencias de elección es:

$$L(p_1, p_2, \theta | m_1, m_2, n_1, n_2) \propto p_1^{m_1} p_2^{m_2} \\ \times (1 - p_1 - p_2)^{(M - m_1 - m_2)} (\theta p_1)^{n_1} (\theta p_2)^{n_2} \\ \times (1 - \theta p_1 - \theta p_2)^{(N - n_1 - n_2)}$$

donde L es la verosimilitud, p_1, p_2 y θ son parámetros desconocidos, y m, n, M y N corresponden a las frecuencias observadas y números totales de ensayos durante los experimentos de selección (Tabla 3). Después de obtener logaritmos, diferenciar y resolver las diferenciales, resultan ecuaciones de máxima verosimilitud, a partir de las cuales es posible derivar la estimativa del parámetro \hat{P}_1 :

$$a\hat{p}_1^3 + b\hat{p}_1^2 + c\hat{p}_1 + d = 0$$

donde,

$$a = (M_1 + M_2)(M_1 - n_2)$$

$$b = m_1 n_2 + m_2 n_1 + M_1(M_1 - M_2) + M_1(n_1 + n_2 + m_2 - 2m_1) + M_2(2n_2 - m_1)$$

$$c = -(m_1 n_1 + m_1 n_2 + 2m_2 n_1 + m_1 m_2 - m_1^2 + M_1(2m_1 + m_2 + n_1) + M_2(n_2 - m_1))$$

$$d = (m_1 + m_2)(m_1 + n_1)$$

y que puede resolverse a partir de $\hat{p}_{1(0)} = m_1 / M_1$ como el valor inicial, utilizando

$$\hat{p}_{1(1)} = \hat{p}_{1(0)} - (a(\hat{p}_{1(0)}^3) + b(\hat{p}_{1(0)}^2) + c(\hat{p}_{1(0)}) + d) / (3a(\hat{p}_{1(0)}^2) + 2b(\hat{p}_{1(0)}) + c)$$

Los otros parámetros pueden estimarse como

$$\hat{p}_2 = \frac{m_1 - M_1 \hat{p}_1 + m_2(1 - \hat{p}_1)}{m_1 - M_1 \hat{p}_1 + M_2(1 - \hat{p}_1)}$$

$$\hat{\theta} = \frac{\hat{p}_1(n_1 + n_2)}{\hat{p}_1(\hat{p}_1 + \hat{p}_2)N}$$

y a partir de éstos, estimar

$$\hat{q}_1 = \hat{p}_1 \hat{\theta}$$

$$\hat{q}_2 = \hat{p}_2 \hat{\theta}$$

Dado que en los tratamientos sin opción, las dos alternativas son iguales, se sumaron las frecuencias de selección de ambas alternativas (anémona del lado izquierda + anémona del lado derecho) para ser incluidas en el modelo estadístico. El análisis estadístico se aplicó a los resultados obtenidos con cada especie de anémona por separado.

Una vez calculadas las frecuencias esperadas, se obtuvo el estadístico X^2 con v grados de libertad como (número de celdas en la fila 1: 2 - 1) + (número de celdas en la fila 2: 2 - 1) + (número de celdas en la fila 3: 3 - 1) - número de parámetros estimados bajo la H_0 (ver tabla 3). Dado que se estimaron 3 parámetros (p_1, p_2 y θ), este último término es 3, y $v = 1$ en ambos experimentos.

Resultados

En promedio 2.4 ± 1.05 camarones mudaban por día. Durante su cautiverio, en el laboratorio murieron 17 *P. pedersoni* de un total de 85. Las muertes de las anémonas estuvieron asociadas a una alteración morfológica observable (perdida de firmeza en los tentáculos y contracción en los mismos tentáculos así como en las puntas, aunado a un cambio de coloración en el pie, incluso en ocasiones con el tubo digestivo expuesto), presentándose en 14 de *C. gigantea* de un total de 28, y en 15 de *B. annulata* de un total de 34 individuos colectados.

Experimento de fidelidad a la anémona hospedera Bartholomea annulata.

De un total de 60 observaciones, 40 camarones (66.7 %) se aclimataron a alguna de las anémonas con las que se encontraban en el acuario, mientras que los 20 (33.3%) restantes no se aclimataron a ninguna de las anémonas presentes. A pesar de que los resultados muestran que, al contrario de lo planteado por nuestra hipótesis, en el tratamiento CO los camarones eligieron más frecuentemente a la anémona desconocida (Figura 5), el análisis estadístico demostró que la diferencia en las frecuencias de aclimatación durante el tratamiento CO fue similar a aquella en los tratamientos SO (Tabla 4), denotando una ausencia de diferencias significativas ($X^2 = 0.42$; $p = 0.52$). La frecuencia de camarones que no se aclimataron a ninguna de las anémonas ofrecidas fue similar en todos los tratamientos (35 %, 30 %, y 35 %, tratamientos SO1, SO2, y CO, respectivamente; Figura 5).

Tabla 4. Número de camarones *P. pedersoni* que eligieron aclimatarse a una anémona *B. annulata* conocida o desconocida, y que eligieron no aclimatarse a ninguna de las opciones presentadas en cada tratamiento durante los experimentos de expresión de fidelidad al hospedero. Tratamientos: SO1, dos anémonas conocidas; SO2, dos anémonas desconocidas; CO, una anémona conocida y una desconocida. Entre paréntesis se muestran las frecuencias esperadas de camarones correspondientes a cada tratamiento, estimados a partir del algoritmo de máxima verosimilitud. También se muestra el valor de X^2 obtenido; ns, no significativo.

Tratamientos	Eligieron alguna anémona		No eligieron ninguna anémona	Total	X^2
	Conocida	Desconocida			
SO1	13 (12.59)	-----	7 (7.40)	20	0.42; ns
SO2	-----	14 (14.30)	6 (5.69)	20	
CO	5 (6.08)	8 (6.91)	7 (7)	20	
Total	18	22	20	60	

Así, los resultados de la expresión de fidelidad en el experimento con *B. annulata* indican que, *P. pedersoni* no prefiere (i. e. no selecciona activamente) a los individuos anémonas con los que ha estado asociado en el pasado.

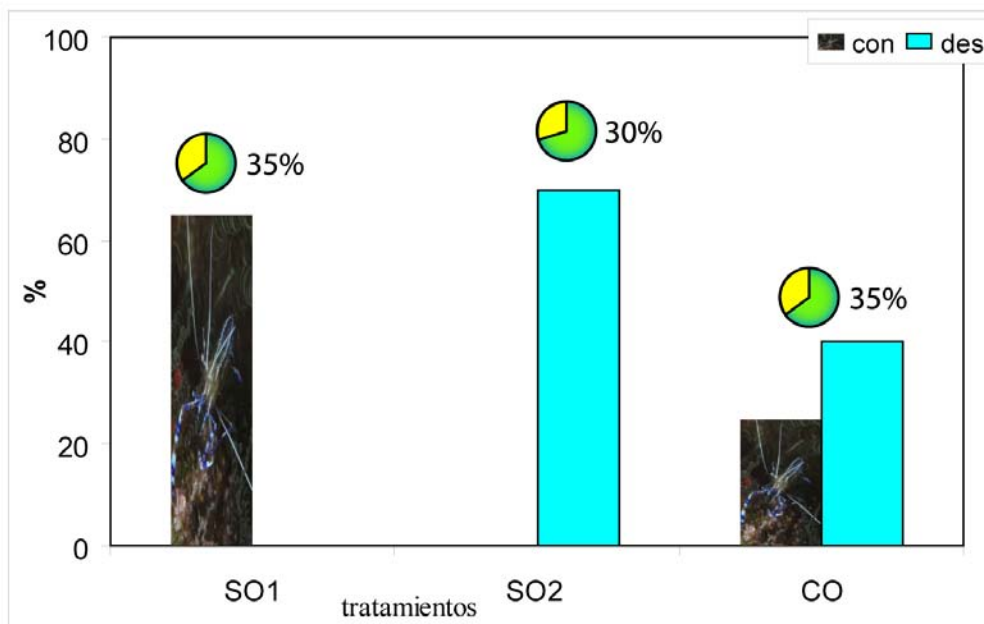


Figura 6. Frecuencia relativa (%) del total ($n = 20$) de camarones *P. pedersoni* en cada tratamiento que eligieron aclimatarse a una anémona *B. annulata* conocida (con) y desconocida (des) presentadas durante los experimentos de expresión de fidelidad al hospedero. Tratamientos: SO1, dos anémonas conocidas; SO2, dos anémonas desconocidas; CO, una anémona conocida y una desconocida. Los porcentajes de los gráficos de pie en amarillo sobre las barras se refieren al porcentaje de camarones que eligieron no aclimatarse a ninguna de las opciones presentadas en cada tratamiento.

Experimento de fidelidad a la anémona hospedera *Condylactis gigantea*.

El 71.2 % de los camarones se aclimataron a alguna de las dos *C. gigantea* con las que se encontraban en el acuario, mientras que el 28.8 % restante no se aclimataron a ninguna de las anémonas ofrecidas. Como se esperaba de acuerdo a nuestra hipótesis, *P. pedersoni* se aclimató más frecuentemente a la anémona conocida que a la desconocida durante el tratamiento CO (Figura 6). Sin embargo, dicha diferencia fue estadísticamente similar a aquella observada durante los tratamientos SO (Tabla 5), indicando una ausencia de diferencias significativas ($X^2 = 0.42$; $p = 0.51$). Cabe hacer notar que en el caso de *C. gigantea*, el porcentaje de camarones que no se aclimataron a ninguna anémona varió entre tratamientos, con 20%, 55% y 10% en los tratamientos SO1 (conocidas), SO2 (desconocidas) y CO, respectivamente (Figura 6).

Tabla 5. Número de camarones *P. pedersoni* que eligieron aclimatarse a una anémona *C. gigantea* conocida o desconocida, y que eligieron no aclimatarse a ninguna de las opciones presentadas en cada tratamiento durante los experimentos de expresión de fidelidad al hospedero. Tratamientos: SO1, dos anémonas conocidas; SO2, dos anémonas desconocidas; CO, una anémona conocida y una desconocida. Entre paréntesis se muestran los números de camarones correspondientes a cada tratamiento, estimados a partir del algoritmo de máxima verosimilitud. También se muestra el valor de X^2 obtenido; ns, no significativo.

Tratamientos	Eligieron alguna anémona		No eligieron ninguna anémona	Total	X^2
	Conocida	Desconocida			
SO1	16 (15.74)	-----	4 (4.25)	20	0.42; ns
SO2	-----	9 (9.61)	11 (10.38)	20	
CO	10 (11.17)	8 (6.82)	2 (2)	20	
Total	26	17	17	60	

Así, los resultados de la expresión de fidelidad en el experimento con *C. gigantea* indican que *P. pedersoni* no prefiere (i.e. no selecciona activamente) a los individuos anémonas con los que ha estado asociado en el pasado.

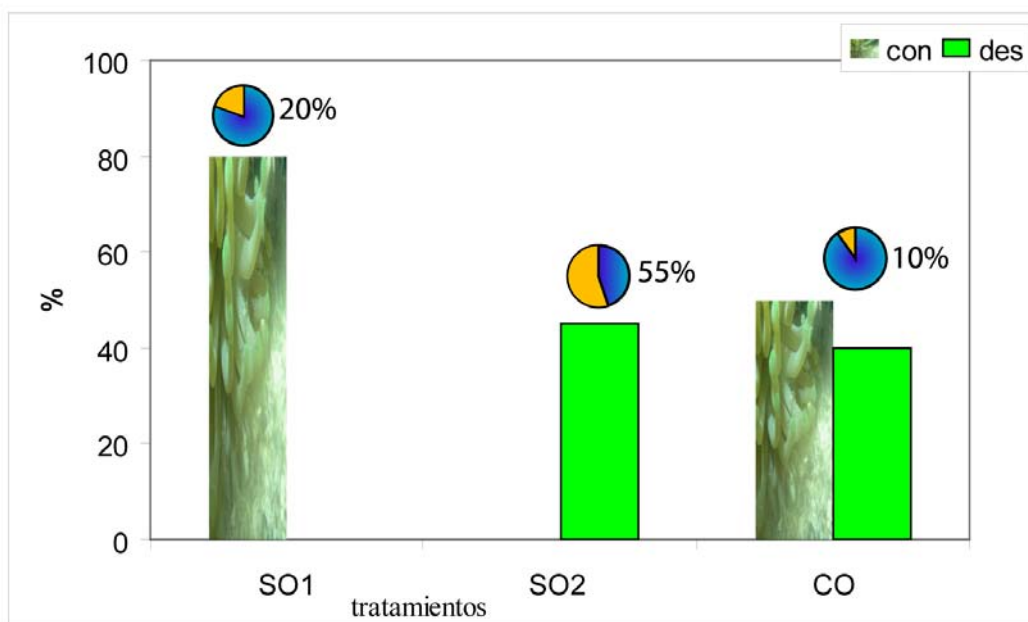


Figura 7. Frecuencia relativa (%) del total (n = 20) de camarones *P. pedersoni* en cada tratamiento que eligieron aclimatarse a una anémona *C. gigantea* conocida (con) y desconocida (des) presentadas durante los experimentos de expresión de fidelidad al hospedero. Tratamientos: SO1, dos anémonas conocidas; SO2, dos anémonas desconocidas; CO, una anémona conocida y una desconocida. Los porcentajes en naranja de los gráficos de pie sobre las barras se refieren al porcentaje de camarones que eligieron no aclimatarse a ninguna de las opciones presentadas en cada tratamiento.

A partir de los resultados de ambos experimentos se hace una comparación de la conducta de fidelidad de *P. pedersoni*, que expresa a los individuos de la especie *B. annulata* y la expresión de fidelidad a individuos de la especie *C. gigantea*.

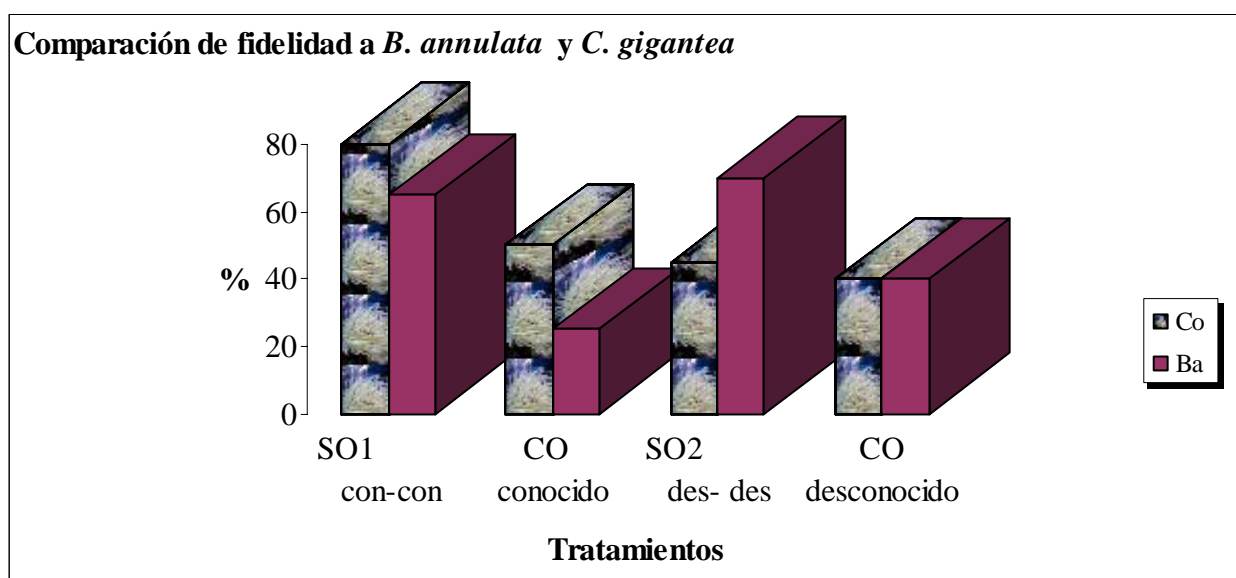


Figura 8. Comparación de frecuencias relativas de selección entre ambos experimentos de fidelidad por tratamiento. En morado se observa experimento I fidelidad de *P. pedersoni* a *B. annulata* y por otro lado con negro y figuras experimento II de fidelidad de *P. pedersoni* a *C. gigantea*.

Discusión

Los resultados de los experimentos con ambas especies de anémona mostraron que cuando es posible elegir entre un individuo hospedero conocido y uno desconocido, *P. pedersoni* no exhibe una preferencia por los individuos con los que previamente había tenido una experiencia de aclimatación (Tablas 4 y 5). Estos resultados indican que la asociación a los dos tipos de individuos (conocidos y desconocidos) tanto en el experimento con *B. annulata* como con *C. gigantea*, no es el resultado de una preferencia activa. Por lo tanto nuestros resultados no apoyan la hipótesis de que en *P. pedersoni* existe una conducta de fidelidad al individuo hospedero cuando ha estado separado de él durante 15 o más días.

El porcentaje de camarones que optaron por aclimatarse a alguna de las anémonas *B. annulata* presentes en el acuario fue similar en los tratamientos (SO1= 65, SO2= 70 y CO = 65%; Figura 6), indicando que *P. pedersoni* opta por aclimatarse a *B. annulata*, sin importar si se encontraba o no frente a una situación de opción, y sin importar si los individuos disponibles eran anémonas conocidas o desconocidas. Por el contrario, *P. pedersoni* optó por aclimatarse a las *C. gigantea* menos veces cuando éstas eran únicamente individuos desconocidos (SO2: 45%; Figura 7) que cuando al menos un individuo era conocido (SO1: 80%; CO: 90%).

El periodo de tiempo necesario para que un camarón se vea desprovisto de la protección contra los nematocistos de la anémona ha sido llamado periodo de desaclimatación (Levine and Blanchard, 1980; Crawford, 1992; Fautin *et al.*, 1995; Rodríguez, 2007). Levine y Blanchard (1980) mencionan que el aislar tanto a *P. rathbunae* de *S. heliantus* como a *P. anthophilus* de *C. gigantea* por 24 horas es tiempo suficiente para que pierdan su protección. Por otro lado, Crawford (1992) menciona que 24 horas es un tiempo suficiente para la desaclimatación, pero finalmente en su metodología da un

tiempo aun mas largo de tres días con 12 horas hasta siete días de aislamiento, como comprobación de la desaclimatación refiere que al poner en contacto nuevamente a *P. anthophilus* con *C. gigantea* ésta presenta una contracción fuerte mostrando la perdida de protección. De igual manera, Rodríguez (2007) comprueba que al poner en contacto a un camarón desaclimatado (durante 15 días) con su hospedero, este induce una alta reacción ante la interacción con la anémona. Por lo que la autora refiere un tiempo no mayor de 15 días de aislamiento para la perdida de protección de *P. pedersoni* ante los nematocistos de *B. annulata* y *C. gigantea*.

La desaclimatación, también esta relacionada con los ciclos de muda de cada especie, aunque Crawford (1992) menciona que el estadio de muda no influye en el proceso de aclimatación, ya que previo a la ecdisis las sustancias químicas involucradas son secretadas en la nueva cutícula. La extensión del periodo de aislamiento caracterizado por la nula interacción química entre las nuevas cutículas del camarón y los nematocistos de la anémona, por su parte, si es relevante para la pérdida de protección. En otras palabras, es posible que un camarón que ha perdido toda protección ante los nematocistos de un individuo hospedero, no exhiba fidelidad por haber perdido el mecanismo de reconocimiento, de naturaleza más bien bioquímica a nivel celular o de tejidos, de la anémona hospedera con la que estuvo aclimatada, pero con la cual tenía al menos 15 días de haber sido separada.

La comparación entre la conducta desplegada frente *B. annulata* y *C. gigantea* sugiere que la ausencia de diferencias significativas en el experimento I está dada porque *P. pedersoni* no prefiere (ni rechaza) a ninguno de los dos tipos de individuos que se le dieron a escoger. En tanto que la ausencia de diferencias significativas en el experimento II está dada principalmente porque más de la mitad de los camarones no se aclimataron a *C. gigantea* desconocidas en el tratamiento sin opción (Tabla 4), y permanecieron en los acuarios sin aclimatarse. Entonces, *P. pedersoni* presenta una

conducta diferente frente a individuos *C. gigantea* desconocidos que *B. annulata* desconocidos, y por lo tanto, si tiene la capacidad para distinguir individuos de éstas dos especies con los que nunca ha estado aclimatado en el pasado. *Periclimenes pedersoni* distingue entre individuos de una especie y otra (Figura 8).

La capacidad de reconocimiento de individuos de los decapados se da mediante los siguientes mecanismos a) contacto sensorial directo, ya sea por visión, estímulos táctiles o de manera química; b) siguiendo rastros o señales, que pueden ser olfatorias o auditivas, u c) orientación, sustentada en el almacenamiento de información o memoria (Wickler y Seibt, 1970; Linsenmair y Linsenmair, 1971; Khoo, 1974; Johnson, 1977; Vaninini y Stefano, 1995; Vanden *et al.*, 1998).

Los camarones utilizados en estos experimentos habían sido separados de sus anémonas hospederas por un mínimo de 15 días. Es posible que la memoria de éste carideo tenga un periodo menor a 15 días, de tal manera que habiendo pasado un lapso de tiempo igual o mayor al de su capacidad máxima de retención, los *P. pedersoni* no hayan sido capaces de reconocer la imagen del hospedero con el que habían estado asociados previamente.

Aun cuando si se puede mostrar la capacidad de distinguir mediante la acción de aclimatarse o no aun hospedero probable. *Periclimenes pedersoni* es capaz de distinguir entre individuos anémona de diferente especie, y es posible que dicha capacidad esté relacionada con la identificación de estímulos visuales y/o químicos a nivel de especie. Como se muestran en el figura 7 donde *P. pedersoni* elige no aclimatarse a individuos anémona de la especie *C. gigantea*. Otro crustáceo que han mostrado esta capacidad de identificar es *Synalpheus stimpsoni* reconoce por estímulos olfativos a su crinoideo hospedero *Comaster multifidus* (Vanden *et al.*, 1998). Implícitamente las características del hospedero pueden influir en la selección como lo son la disponibilidad,

abundancia, tamaño, toxicidad de la anémona (Magnussen *et al.*, 1998; Magnussen *et al.*, 2003) e inclusive con que especies de anémonas han interactuado en su pasado. Las anémonas utilizadas en los experimentos fueron colectadas en Quintana Roo y se busco que los individuos de localidades distintas así como fuesen de tamaños similares al momento de la experimentación, aunque el nivel de toxicidad puede variar de acuerdo con la especie.

Según Tebbich *et al.*, (2002) las interacciones que se repiten con un individuo en particular son las que pueden ser archivadas y posteriormente evocadas como una expresión de fidelidad a un sitio, o bien como reconocimiento individual. En el tratamiento “anémona conocida” del presente trabajo, los camarones fueron expuestos en una única ocasión a las anémonas hospederas, y es posible que la falta de exposiciones repetidas sean la causa que explica la falta de preferencia observada. Con estos resultados, sin embargo, no se puede confirmar que *P. pedersoni* sea totalmente incapaz de identificar o reconocer a un individuo anémona con las que ha estado y no ha estado asociado en el pasado, ni que dicha incapacidad explique la ausencia de una preferencia para asociarse a cualesquier tipo de hospedero.

Una vez descartado el mecanismo de preferencia, Rodríguez (2007) explica que las asociaciones observadas en el campo pueden estar dadas por factores ecológicos que actúen de manera individual o en conjunto, entre ellas, las características demográficas de las poblaciones tanto de camarones como de anémonas hospederas (tasas de nacimiento o reclutamiento, tasas de migración); o bien, la abundancia de hospederos y la presencia de competidores potenciales de la misma u otra especie.

Aún cuando en el laboratorio se ha confirmado la ausencia de selección activa o preferencia entre adultos de *P. pedersoni*, es posible que la selección exista antes del asentamiento post larval y en etapa juvenil temprana. Rodríguez (2007) menciona que la presencia de una conducta selectiva debe

estar relacionada con la movilidad del individuo, a través de un aumento en la probabilidad de encontrar diversas alternativas. Es posible que dicha conducta no sea factible para los camarones adultos, cuya movilidad después del asentamiento larval está limitada espacialmente, pero si lo sea en las fases de post larva y juvenil. La selección de especie de anémona hospedera durante la etapa el asentamiento larval podría determinar su comportamiento de asociación en la etapa adulta (Williams y Bunkley- Williams, 2000). Bruce (1976) propone que *P. pedersoni* elige a su anémonas hospederas durante el asentamiento larval. En el presente estudio, el primer contacto entre los camarones experimentales y las anémonas ocurrió en la etapa adulta, por lo que se puede especular que quizás sea necesaria la asociación al hospedero durante el asentamiento larval para que el camarón adulto exhiba una conducta de fidelidad al hospedero. Al respecto de esto, Davis et al., (2004) explica que la experiencia en el hábitat natal debe ser considerada un recurso potencial de variación en la preferencia de hábitat desplegada cuando se selecciona después de la dispersión. Sería interesante realizar experimentos para poner a prueba la hipótesis que condiciona la expresión de fidelidad al hospedero con la experiencia individual de asociación simbiótica durante la etapa de asentamiento larval.

Si bien se ha mostrado que hay carideos que exhiben conductas de fidelidad a individuos hospederos existen otros crustáceos que se mueven frecuentemente entre diferentes individuos hospederos de la misma especie, como el cangrejo *Phymanthea pluvia* con su anémona hospedera *Phymactis clematis* (Patton et al., 1985; Thiel et al., 2003). Por lo que probablemente *P. pedersoni* es parte de este grupo de crustáceos que tienen como estrategia de supervivencia el movimiento entre distintos individuos anémona de una misma especie; aclimatándose indistintamente a individuos tanto conocidos como desconocidos (ver figura 6).

De tal forma que si *P. pedersoni* fuese un organismo generalista de hospederos y si existe, la disponibilidad de hospederos con los que pudiese relacionarse, este carideo aprovecharía las oportunidades de desplazamiento entre estos y los beneficios de cada uno; como lo hace el macho del camarón pistola el cual puede mantener una pareja sexual extra en anémonas vecinas y cuando la presión de depredación es muy alta, reducir sus movimientos entre anémonas (Knowlton, 1980; Correa y Thiel, 2003); ya que al parecer, cambiar de hábitat o variar el nicho puede facilitar las interacciones con otros organismos, como la simbiosis, de tal manera que las poblaciones de organismos pueden diversificarse o especializarse rápidamente (Bolnick *et al.*, 2003) dando mayores oportunidades de supervivencia. Entonces, la selección diversificadora y una fuerte fidelidad a un hospedero promovería un rápido aislamiento reproductivo y finalmente una divergencia de especies (Munday *et al.*, 2004).

En el caso de los camarones limpiadores uno de los beneficios del movimiento entre individuos puede estar relacionado con una buena ubicación en las estaciones de limpieza donde los peces arriban (Limbaugh *et al.*, 1961; Mahnken, 1972; Stanton, 1977; Levine y Blanchard, 1980; Nizinski, 1989). Un comportamiento de supervivencia donde el camarón se asocia a cualquier individuo hospedero que esté disponible y que le pueda proporcionar los beneficios necesarios de la simbiosis, sin importar si es o no un individuo con el que ha estado asociado en el pasado, podría resultar ventajoso. En este caso la ausencia de una preferencia por el hospedero conocido le proporcionaría al camarón mayor versatilidad para cambiar de hospedero conforme arriben los peces para ser limpiados, y así asegurar los beneficios de obtención de alimento. Hay reportes de que *P. pedersoni* se asocia a anémonas ubicadas en las áreas arrecifales externas, donde el tráfico de peces es mayor (Gwaltney y Brooks, 1994), y que es de esperar que los camarones compitan por ciertas áreas dentro de la anémona que permiten un acceso facilitado a los peces que se acercan para ser limpiados (Mahnken, 1972).

Los costos de la fidelidad a un hospedero pueden estar relacionados con la localización del hospedero y el factor de tiempo de exposición a los depredadores, así como las características del mismo hospedero, como son la especie, el tamaño y la distancia entre otros hospederos (Thiel *et al.*, 2003). Con un incremento en la vulnerabilidad del camarón si su hospedero muere; con un incremento en la dificultad para ser localizado por los peces que buscan ser limpiados; y con la pérdida de la inversión de energía al momento de la aclimatación, ya que ésta se perdería, necesitando una nueva inversión en otro individuo hospedero. Si moverse entre hospederos es más riesgoso que mantenerse en uno mismo, quizás el riesgo de ser fiel desaparece y junto con él aparece la ventaja de permanecer o regresar a un hospedero conocido. En este contexto, los costos energéticos de la aclimatación *di novo* a un individuo hospedero, así como los riesgos de enfrentar un embate, desplegar una conducta agonista, e incluso un combate con otros camarones limpiadores de la misma o de diferente especie no serían dispensados. Al respecto, en una serie de experimentos en el campo sobre la conducta agonista en *P. pedersoni* se encontró que el tamaño y el estado reproductivo de los *P. pedersoni* contrincantes, pero no su procedencia (si ambos individuos eran visitantes en una *B. annulta*, o uno era local y otro visitante), eran los atributos significativamente asociados a la presencia de combates (Westendarp *et al.*, 2007).

Diversas investigaciones han mostrado que la fidelidad presenta una temporalidad, y si el periodo de tiempo está delimitado por factores ecológicos como la distribución y la abundancia de las anémonas hospederas, las opciones de especies y tamaños de cada una de las presentes (Beer, 1959; Gherardi y Vannini, 1992; Ramm, 1980; Crane, 1975 en Vannini y Stefano, 1995); así como ciclos reproductivos de cada organismo (Thiel y Baeza, 2001; Thiel *et al.*, 2003; Correa y Thiel, 2003; Dirnwöber y Herler, 2007). Los experimentos del presente trabajo realizados son la abstracción en

un instante de la vida que tendrían en el campo *P. pedersoni* con sus anémonas hospederas lo cual puede influir en la temporalidad para la expresión de la fidelidad.

Estudios previos registran diferencias consistentes en la asociación de *P. pedersoni* a las distintas especies de anémonas hospederas (Crales 1984; Herrnkind *et al.*, 1976; Stanton 1977; Spotte *et al.*, 1991). Así mismo, *P. pedersoni* presenta patrones en su asociación a anémonas que dependen de la zona geográfica dónde se encuentran (Tabla 2), y que se traducen en diferencias en la distribución y abundancia de especies de hospederos posibles.

Existen fuertes críticas a los experimentos sobre conducta que se realizan bajo condiciones altamente controladas de laboratorio (Chapman, 2000), ya que muchos de los factores que inciden en el despliegue de patrones conductuales desaparecen cuando los organismos no se encuentran en un medio natural. La presencia de un observador puede modificar la conducta de los individuos en cautiverio (MacFarlane y King, 2002; Parsons y Eggleston, 2006) haciendo que desaparezcan o aparezcan patrones conductuales que son un artificio de las condiciones relativamente estresadas en las que ocurren los experimentos. Es posible que *P. pedersoni* sí presente rasgos conductuales de fidelidad al hospedero, pero que éstos hayan sido enmascarados por las condiciones de cautiverio.

En un estudio sobre las bases que explican el patrón de asociación de *P. pedersoni* a sus anémonas hospederas en el Caribe Mexicano, Rodríguez (2007) encontró que la conducta de selección activa no explicaba la mayor frecuencia de asociación a una especie con respecto a otra al comparar a *B. annulata* con *C. gigantea*. Diversos autores que relacionan la asociación de camarones del género *Periclimenes* con sus hospederos encontradas en el campo, con las preferencias de carácter conductual encontradas en laboratorio, utilizan diseños experimentales que incurren en la falta de independencia estadística entre tratamientos, ya que el aumento en la frecuencia de elección de una

de las alternativas necesariamente implica la disminución en la contraria (e.g. Gwaltney y Brooks, 1994; Guo *et al.*, 1996; Khan *et al.*, 2003). Con respecto a este diseño experimental otros autores (Liszka y Underwood, 1990; Barbeau y Scheibiling, 1994; Crowe y Underwood, 1998; Chapman, 2000; Underwood *et al.*, 2004; Rodríguez, 2007) mencionan que para poner a prueba la hipótesis sobre selección activa o preferencia, se hace necesario utilizar herramientas estadísticas que operan cercanas al valor de alfa establecido, el diseño experimental debe incluir tratamientos control que permitan dicha independencia.

Al igual que en Rodríguez (2007), el diseño experimental del presente estudio incluye tratamientos control que permiten la independencia estadística. En la investigación antes citada, la autora encontró que la aclimatación de *P. pedersoni* en estadio juvenil tardío y adulto a *B. annulata* y *C. gigantea* es similar, puesto que este carideo es capaz de aclimatarse ambas especies, y lo hace siguiendo un patrón conductual muy similar. En ambas especies la aclimatación consistía en tres fases consecutivas con la culminación de la protección y la ausencia de respuestas. La adquisición de protección ocurrió en un intervalo de 24 horas; dentro del cual *P. pedersoni* exhibía una conducta de limpieza (grooming behaviour) al hacer contacto con ambas especies de anémonas. No obstante, la selección activa con mayor frecuencia por *B. annulata* no está dada por una conducta de preferencia (Rodríguez, 2007). La ausencia de preferencia por un individuo hospedero conocido ante la opción entre conocido y desconocido en laboratorio (Tabla 4 y 5), congruentes con los resultados de Rodríguez (2007) donde *P. pedersoni* no presenta una conducta de selección activa o preferencia, ni por especie ni por individuo.

Dado que durante los experimentos se registró como “selección” únicamente los casos en que los camarones hubiesen concluido la aclimatación a una de las anémonas disponibles en el acuario, es posible que alguno de los registros de “no elección” correspondan a tentativas abortadas de

aclimatación. Estos casos, sin embargo, representarían situaciones en las que el camarón intenta asociarse, pero no logra completar el proceso de aclimatación. Es decir, se explican a través de las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema bajo estudio (no a partir de la conducta selectiva del camarón), y deberían ser similares tanto para situaciones de opción como de no opción. En tanto que fueron similares las condiciones durante el experimento con *B. annulata*, no lo fueron en el experimento con *C. gigantea*. En este sentido, los resultados del presente trabajo constituyen evidencias a favor de lo propuesto por Rodríguez (2007) quien sugiere que *C. gigantea* no constituye una verdadera alternativa de hospedero para *P. pedersoni* en el Caribe Mexicano.

Tanto los resultados de Rodríguez (2007) como los resultados del presente trabajo parecen indicar que *P. pedersoni* no despliega una conducta selectiva en lo que a especificidad, territorialidad o fidelidad al hospedero se refiere. De tal manera que, la preferencia no es el mecanismo mediante el cual se expliquen los patrones de asociación de *P. pedersoni* adultos y sus hospederos en la zona de distribución del Caribe Mexicano.

Esta investigación aporta, por un lado, la capacidad de aclimatación selectiva. Y por otro lado el conocimiento sobre la ausencia de fidelidad de *P. pedersoni* a individuos hospederos de la misma especie. Aunque no se puede asegurar que este sea un comportamiento generalizado en condiciones naturales. Los resultados muestran que este camarón es un organismo que puede adaptarse a diferentes hospederos, y dicha conducta permite entender la distribución e historia de vida de este camarón en su asociación con sus hospederos en los arrecifes. Dicha información ayudará a la localización de poblaciones que permitan su adecuada protección.

CONCLUSIONES

- a) *Periclimenes pedersoni* no es fiel a los individuos hospederos de las especie de *Condylactis gigantea* y *Bartholomea annulata*.
- b) *Periclimenes pedersoni* no es un organismo fiel a un individuo hospedero, por tanto, es posible que su distribución en campo se observe como un organismo generalista de hospederos distintos dentro de la misma especie.

Recomendaciones

Incluir en posteriores diseños experimentales factores ecológicos como depredación, competencia, etc. De tal manera que, si la fidelidad es una conducta que se presenta en ciertas circunstancias ecológicas, como peligro ante depredación y ante necesidades reproductivas o alimenticias; pueda ser evaluada. Por otro lado se podrían hacer nuevos experimentos donde se pusiera a *P. pedersoni* en situación de extrema hambre, dándole a elegir entre las opciones de un individuo hospedero conocido y uno desconocido. O bien en estadio reproductivo con un individuo hospedero con posibilidad de pareja y la otra opción de un hospedero sin ésta. Con factores por separado o en combinación hacer nuevas investigaciones para poner a prueba la hipótesis de que la fidelidad es una conducta que se presenta sólo en ciertas circunstancias ecológicas o temporales.

Bibliografía

Acevedo J. A., Aguayo L. A. y Pastene L. A., 2006. Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. *Revista de Biología Marina y Oceanica* 41(1): 11-19.

Allainé D., I. Rodríguez., M. L. B., Ramousse R., 1994. Habitat preferences of alpine marmots *Marmota marmota*. *Canadian Journal of Zoology*. 72: 2193-2198.

Aragon A. H. 2003. Un ejemplo de orientación, reconocimiento y fidelidad al sitio. Tesis maestría en Ciencias, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Baeza J. A., 2007. The origins of symbiosis as a lifestyle in marine crabs (genus *Petrolisthes*) from the eastern Pacific: Does interspecific competition play a role? *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(1): 7-21.

Barbeau, M. A. y Sheibling R. E., 1994. Behavioural mechanisms of prey size selection by sea star (*Asterias vulgaris* Verril) and crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) (Gimelin). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 180: 103-136.

Bauer, R. T., 2004. "Remarkable Shrimp: Adaptations and Natural History of the Carideans". University of Oklahoma. 282 pp.

Beer C. G., 1959. Notes on the Behaviour of Two Estuarine Crab Species. *Transactions of the Royal Society of New Zealand*. (86) 3, 4: 197- 203.

Bolnick D. I., Svanback R., Fordyce J. A., Yang L. H., Davis J. M., Hulsey C. D. and Forister M. L., 2003. The ecology of individuals: Incidence and implications of individual specialization. *Am. Nat.* (161): 1-28.

Bruce, A. J. 1976b. Shrimps and prawns of coral reefs, whit special references to commensalisms In: *Biology and geology of coral reefs*, edited by O. A. Jones and R. Endeon. Academic Press, N. York. 38-94 pp.

Calado R., Lin J., Rhyne A. L, Araújo R., and Narciso L., 2003. *Marine ornamental Decapods- popular, pricey, and poorly studied*. *Journal of Crustacean Biology*. 23 (4): 963-973.

Chace F. A. Jr., 1958. A new shrimp of the genus *periclimenes* from the wet indies. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 71: 125-132.

Chace F. A., 1972. The Shrimps of the Smithsonian- Bredin Caribbean Expeditions with a Summary of the West Indian Shallow- water Species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 98.

Chapman, M. G. 2000. Poor desing of behavioural experiments gets poor results: examples from intertidal habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250: 77-95.

Clarke Wm. D. 1955. A New Species of the Genus *Heteromysis* (Crustacea, Mysidacea) from the Bahama Island, Commensal with a Sea- Anemone. American Museum Novitates. March 25, 1916: 1-13.

Correa C. y Thiel M., 2003. Mating systems in caridean shrimp (Decapoda: Caridea) and their evolutionary consequences for sexual dimorphism and reproductive biology. Rev. Chil. Hist. Nat. 76: 187-203.

Crane J., 1975. Fiddler crabs of the world. Princeton University Press, 736 pp

Crawford James A., 1992. Acclimatación of the shrimp *Periclimenes Anthophilus*, to the Giant sea anemone, *Condilactis Gigantea*. Bulletin of Marine Science. 50 (2): 331-141.

Criales M. M., 1984. Shrimps associated with coelenterates echinoderms and molluscs in the Santa Marta region, Colombia. Journal of Crustacean Biology 4 (2): 307-317.

Crowe P. T., Underwood A. J., 1998. Testing behavioural “preference” for suitable microhabitat. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 225:1-11.

Davis J. M. y Judy A. S., 2004. The effect of natal experience on habitat preferences. Trends in Ecology y Evolution. (19) 8: 411- 416.

Dirnwöber M., Herler J., 2007. Microhabitat specialisation and ecological consequences for coral gobies of the genus *Gobidon* in the Gulf of Aqaba, northern Red Sea. Marine Ecology Progress Series. (342): 265-275.

Fautin D. G. 1986. Why do anemone fishes inhabit only some host actinians? Environmental Biology of Fishes. (15) 3: 171-180.

Fautin D. G., 1991. The anemonefish symbiosis: what is know and what is not. Simbiosis. 10: 23-46.

Fautin D. G., Chau-Chih Guo y Jiang-Shiou H., 1995. Costs and benefits of the symbiosis between the anemoneshrimp *Periclimenes brevicarpalis* and its host *Entacmaea quadricolor*. Marine Ecology Progress Series. 129: 77-84.

Fautin, D. G. 2005. www.tolweb.org

Forbes A. A., Fisher J., Feder J. L., 2005. Habitat avoidance: overlooking an importancia aspect of host- specific mating and sympatric speciation? Evolution Int. J. Org. Evolution. Jul: 59 (7): 1552-9.

Gherardi, F. y M. Vannini, 1992. Hermit crabs in a mangrove swamp: clustering dynamics in *Clibanarius laevimanus*. Mar. Behav. Physiol. Vol. 21, pp 85-104.

Goy, J. W. (1990). Components of reproductive effort and delay of larval metamorphosis in tropical marine shrimp (Crustacea: Decapoda: Caridea and Stenopodidea). Texas A. y University. College Station, Texas, 177. pp

Green J. M. and Fisher R., 1977. *A field study of homing and orientation to the home site in Ulvaria subbifurcata (Pisces: Stichaeidae)*. Canadian Journal Zoology. 55: 1551- 1556.

Guo, C. C., J. S. Hwang, D. G. Fautin., 1996. Host selection by shrimps symbiotic with sea anemone: a field survey and experimental laboratory analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 202: 165-176.

Gwaltney, C. L. and Brooks W. R. (1994). Host specificity of the anemoneshrimp *Periclimenes pedersoni* and *P. yucatanicus* in the Florida Keys. *Symbiosis* 16: 83-93.

Herrera- Moreno, A. y Betancourt L. 2002. Especies de anémonas (Coelenterata: Actinaria: Corallimorpharia, Zoanthidea y Ceriantharia) conocidas para la Hipaniola. *Revista Ciencia y Sociedad*. Universidad INTEC, Santo Domingo, (27) 3: 439-453.

Herrnkind William, Stanton G., and Conklin E., 1976. *Initial characterization of the commensal complex associated with the anemone, Lebrunia Danae, at Grand Bahama*. Bulletin of Marine Science. 26 (1): 65- 71.

Hoolbrook. S. J., Schmitt R. J., 2005. Growth, reproduction and survival of a tropical sea anemone (Actinaria: benefits of hosting anemonefish). *Coral Reef* 24: 67-73

Jakob E. M., Porter H. A. and Uetz G. W. 2001. Site fidelity and the costs of movement among territories: an example from colonial web- building spiders. *Can. J. Zool.* 79: 2094- 2100.

Johnson V. R., 1977. Individual recognition in the bane shrimp *Stenopus Hispidus* (Olivier). *Anim. Behav.* 25: 418-428.

Jonsson L. 21 October 1998. Symbiotic associations between two anthozoans and crustaceans in the Koster fiord area. Master Thesis in Marine Zoology, Department of Marine Ecology, Göteborg University.

Khan R. N., Becker J. H. A., Andrea L., Crowther and Ian D. Lawn., 2003. *Sea anemone host selection by the symbiotic saddled cleaner shrimp Periclimenes holthuisi*. *Marine and Freshwater Research* 54: 653- 656.

Khan R. N.; Becker J. H. A.; Crowther A. L. and Lawn I. D., 2004. Saptial distribution of symbiotic shrimps (*Periclimenes holthuisi*, *P. brevicarpalis*, *Thor amboinensis*) on the sea anemone *Stichodactyla haddoni*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 84: 201-203.

Knowlton N., 1980. Sexual selection and dimorphism in two demes of a symbiotic, pair-bonding snapping shrimp. *Evolution* 34(1): 161-173.

Khoo H. W., 1974. Sensory basis of homing in the intertidal fish *Oligocottus maculosus* Girard. *Can. J. Zool.* 52: 1023-1029.

Kropp R. K., 1987. Descriptions of some endolithic habitats for snapping shrimp (Alpheidae) in Micronesia. *Bulletin of marine Science*.

Levine, D. M. y Blanchard, O. J., 1980. Acclimation of two shrimps of the genus *Periclimenes* to sea anemones. *Bulletin of Marine Science* 30: 460-466.

Limbaugh, C., D. Pederson and Chace, F. A. Jr., 1961. Shrimps that clean fishes. *Bulletin of Marine Science Gulf Caribbean*. 11: 237-257.

Linda H. M., 1983. *The Biology of Crustacea*. Academic Press, (5): 471pp

Lin Junda, 2001. Marine Ornamentals “Overview of Marine Ornamental Shrimp Aquaculture” Novembre 26- December 1, 2001. Florida Institute of Tecnology.

Linsenmair, K.E. y Linsenmair C., 1971. Paarbildung und Paarzusammenhalt bei der monogamen Wüstenassel *Hemilepistus reaumuri* (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Z. Tierpsychol.*, 29(2), 134-155.

Liszka D. y Underwood A. J., 1990. An experimental design to determine preferences for gastropod shells by a hermit- crab. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* Vol. 137, pp 47- 62.

MacFarlane G. R. y King S. A., 2002. *Animal Behaviour*. (63): 1191-1194.

Magnussen S., Idas E., Myhre SH., 1998. Representation of orientation and spatial frequency in perception and memory: a choice reaction- time analysis. *J. Exp. Psychol Hum. Percept. Perform.* Jun 24 (3): 707-18.

Magnussen S., Greenlee M.W., Aslaksen P. M., Kildebo O.O., 2003. High- fidelity perceptual long- term memory revisited and confirmed. *Psychol Sci.* Jan; 14 (1): 74-6.

Mahnken, C., 1972. Observations on cleaner shrimps of the genus *Periclimenes*. *Bull. Nat. His. Mus. Kos Ang.* 14: 71-83.

Mariscal, R. N., 1969. The protection of the anemone fish, *Amphiprion xanthurus*, from the sea anemone, *Stoichactis kenti*. *Experientia*, 25: 1114.

Mariscal, R. N., 1970. An experimental analysis of the protection of *Amphiprion xanthurus* Cuvier y Valenciennes and some other anemonefishes from sea anemones. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 4:134-149.

Margulis L., 1991. *Symbiosis as a Source of Evolutionary Innovation*. Massachusetts Institute of Tecnology. 453 paginas.

Markham, J. C., Donath- Hernández F. E.; Villalobos- Hiriart J. L. y Diaz- Barriga A. C., 1990. Notes on the Shallow- water Marine Crustacea of the Caribbean Coast of Quintana Roo, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 61 (3): 405-446.

Matthiopoulos J., Harwood J. and Thomas L., 2005. Metapopulation consequences of site fidelity for colonially breeding mammals and birds.

Mebis D., Giese C., and Werding B., 1996. Short communications resistance and vulnerability of crustaceans to cytolytic sea anemone toxins. *Toxicon*, (34) 8: 955-958.

Mihalik M. B. 1989. *Investigations on symbiosis between shrimp and sea anemones* Masters Thesis, Florida Atlantic University, Boca Raton, FL, 99pp.

- Monastyrnaya M.M., Zykova T. A., Apalikova O. V., Shwets T. V. and Kzlovskaya E.P., 2002. Biloicall active polypeptides from the tropical sea anemone *Radianthus macrodactylus*. *Toxicon*, (40) 8: 1197-1217.
- Munday P. L., Herwerden L. V. and Dudgeon C. L., 2004. Evidence for Sympatric Speciation by Host Shift in the Sea. *Current Biology*. (14): 1498-1504.
- Nizinski Martha S., 1989. *Ecological distribution, demography and behavioural observations on Periclimenes anthophilus, an atypical symbiotic cleaner shrimp*. *Bulletin of Marine Science*. 45 (1): 174-188.
- Nizinski Martha S., 2003. Annotated checklist of decapod crustaceans of Atlantic coastal and continental shelf waters of the United States. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, (116) 1: 96-157.
- Olabarria C., Underwood A. J., Chapman M. G., 2002. *Appropriate experimental design to evaluate preferences for microhabitat: an example of preferences by species of microgastropods*. *Oecologia* (132): 159- 166.
- Parsons D. M. y Eggleston D. B., 2006. Human and natural predators combine to alter behaviour and reduce survival of Caribbean spiny lobster. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. (334): 196-205.
- Patton W. K., Patton R. J. y Barnes A., 1985. On the biology of *Gnathophylloides mineri*, a shrimp inhabiting the sea urchin *tripneustes ventricosus*. *Journal of Crustacean Biology*, 5 (4): 616-626.
- Piña ER (2000) Catalogo de Identificación de Invertebrados marinos de importancia ornamental del Golfo de California y Pacifico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (3): 0-20.
- Pomeroy P.P. Twiss, S. D. and Redman P. 2000. Philopatry, site fidelity and local kin associations within grey seal breeding colonies. *Ethology*. (106): 899-919.
- Porat D. and Chadwick- Furman N. E. 2004. Effects of anemonefish on giant sea anemones: expansion behaviour, growth, and survival. *Hydrobiologia* 530/531: 513-520
- Ramm, D. C., 1980. Electromagnetic tracking of rock lobsters (*Jasus novachollandiac*). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, (31):263-269.
- Rodríguez P. L. C. 2007. Aspectos sobre la selección de hospedero entre el camarón simbiote anemonal *Periclimenes pedersoni* y sus anémonas hospederas *Bartholomea annulata* y *Condylactis gigantea*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Tesis de Maestría.
- Salo O. y Rosengren R. 2001. Memory of Location and site Recognition in the Ant Formica uralensis (*Hymenoptera; Formicidae*) *Ethology*. (107) 8: 737- 752.

Santamaría A., Sánchez R. J., Zugasti A., Martínez A., Galvan S. A., Segura P.L., 2002. A venos extract from the sea anemone *Bartholomea annulata* produces haemolysis and lipid peroxidation in mouse erythrocytes. *Toxicology*, (173) 3: 221-228.

Schlichter, D., 1976. Macromolecular mimicry: substances released by sea anemones and their role in the protection of anemone fishes. Pages 433-441 in G. O. Mackie, ed. *Coelenterate Ecology and Behaviour*. Plenum Publ. Corp., New York.

Spotte, S., Heard R. W., Bubucis P. M., Manstan R. R. y McLelland J. A., 1991. Pattern and coloration of *Periclimenes rathbunae* from the Turks and Caicos Islands, with comments on host associations in other anemone shrimps of the West Indies and Bermuda - *Gulf Research Reports*. 8: 301-311.

Spotte S., Bubucis P.M. Overstreet R.M., 1995. Caridean shrimps associated with the slimy sea plume (*Pseudopterogorgia americana*) in miosummer at Guana Island. *British Virgin Islands West Indies. J. Crust. Biol.* 15: 291-300.

Spotte Stephen, 1996. Suppli of regenerated nitrogen to sea anemones by their symbiotic shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 198: 27-36.

Spotte Stephen, 1999. Posible synonymy of the Western Atlantic anemone shrimps *Periclimenes pedersoni* and *P. anthophilus* based morohology. *Bulletin of Marine Science* 65 (2): 407-417.

Stanton G. 1977. Habitat partitioning among associated decapods with *Lebrunia danae* at *Grand Bahama*. Pro.Third Int. Coral Reef Symp., Miami, Florida, May pag. 169-175.

Tebbich S., Bshary R., Grutter A.S., 2002. Cleaners fish *Labroides dimidiatus* recognise familiar clients. *Anim. Cogn. Sep*; 5 (3): 139-45.

Tejuca M., Serra M.D., Ferreras. M, Lanio M.E., Menestrina G., 1996. Mecanism of membrana permeabilization by sticholysin I, acytolysin, islated from the venos of the sea anemone *Stichodactyla helianthus*. *Biochemistry Nov* 26; 35 (47): 14947-57.

Thiel M., Baeza J. A., 2001. Factors affecting the social behaviour of crustaceans living symbiotically with other marine invertebrates: A modelling approach. *Symbiosis*. (30) 2-3:163-190.

Thiel M., Zander A., Valdivia N., Baeza J. A. and Rueffler C., 2003. Host fidelity of a symbiotic porcellanid crab: the importante of host characteristic. *J. Zool. Lond* 261: 353-362.

Underwood A. J., Chapman M. G. y Crowe T. P., 2004. Identifying and understanding ecological preferences for habitat or prey. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 300: 161-187.

Underwood, A. J. y Clarke, K. R., 2005. Solving some statistical problems in analyses of experiments on choices of food and on associations with habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 318:227-237.

Vanden S. D., Eeckhaut I., Jangoux M., 1998. Host selection by *Synalpheus stimpsoni* (De Man), an ectosymbiotic shrimp of comatulid crinoids, inferred by a field survey and laboratory experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 225: 185- 196.

Vannini Marco, Cannicci Stefano, 1995. Homing behaviour and possible cognitive maps in crustacean decapods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 193 : 67-91.

Varela Pérez C. M., 2001. Las anémonas (anthozoa, zoantharia: actinaria, corallimorpharia y zoanthniaria), de la región occidental de Cuba. Tesis Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana.

Westendarp-Ortega, Pedro, Alejandra Irasema Campos-Salgado, Alfredo Gallardo Torres, Fernando Nuno Simoes Dias Marques, Francisco Xavier Chiapa-Carrara y Maite Mascaró-Miquelajauregui-. 2007. IV Congreso Mexicano de Arrecifes de Coral, La Paz. BCS, México Octubre 24-26, 2007-<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfFU006.pdf>

Wickler W. y Seibt U., 1970. Das Verhalten von *Hymenocera picta* Dana, einer Seesterne fressenden Garnele (Decapoda, Natantia, Gnathophyllidae). *Z. Tierpsychol.*, 27: 352-368.

Wicksten M. K., 1995. *Within- species variation in periclimenes yucatanicus (Ives), with taxonomic remarks on P. pedersoni Chance (Crustacea: Decapoda: Caridea: Palaemonidae)*. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 108 (3): 458-464.

Wicksten M.K., 1998. *Behaviour of cleaners and their client fishes at Bonaire, Netherlands Antilles*. *Journal of Natural History*. 32: 13-30.

Williams A. B., 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. *Smithson. Inst. Press, Washington, D. C.* 550 paginas.

Williams H. Jr. y Bunkley-Williams, L., 2000. Experimental refutation of the ease of associate change by the spotted cleaner shrimp, *Periclimenes yucatanicus* (Decapoda, Palaemonidae), new false-coral associates for the Pederson cleaner shrimp, *P. pedersoni*, and general abundance of associations for the both shrimps. *Crustaceana* 73 (4):503-511.

Zhang D., Junda L. y Creswell R. L., 1998. Manting behaviour and spawning of the banded coral shrimp *Stenopus hispidus* in the Laboratory. *Journal of Crustacean Biology* 18(3): 511-518.

Apéndice 1

“Clasificación taxonómica de las especies utilizadas en experimentación”

Clasificación taxonómica de *Periclimenes pedersoni* Chace, 1958 basada en Bowman y Abele modificada por Martin y Davis (2001)

Reino Animalia
Filum: Artropoda
Subfilum Crustacea
Clase: Malacostraca
Subclase: Eumalacostraca
Subperorden: Eucarida
Orden: Decapoda Latreille, 1802
Suborden: Pleocyemata Burkenroad, 1963
Infraorden: Caridea Dana, 1852
Super familia: Palaemonoidea Rafinesque, 1815
Familia: Palaemonidae Rafinesque, 1815
Genero: Periclimenes
Especie: *Periclimenes pedersoni* Chace, 1958

Clasificación taxonómica de *Bartholomea annulata* (LeSueur, 1817), de Varela, 2001

Reino: Animalia
Filum: Cnidaria Verrill, 1865
Clase: Anthozoa Ehrenberg, 1834
Subclase: Zoantharia Claus, 1868
Orden: Actiniaria Carlgren, 1949
Suborden Nynantheae Carlgren, 1899
Tribu: Althenaria Carlgren, 1899
Familia: Aiptasiidae Carlgren, 1924
Género: Bartholomea Duchassaing y Michellotti, 1866
Especie: *Bartholomea annulata* (LeSueur, 1817)

Clasificación taxonómica de *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860), de Varela, 2001

Reino: Animalia
Filum: Cnidaria Verrill, 1865
Clase: Anthozoa Ehrenberg, 1834
Subclase: Zoantharia Claus, 1868
Orden: Actiniaria Carlgren, 1949
Suborden Nynantheae Carlgren, 1899
Tribu: Althenaria Carlgren, 1899
Familia: Actiniidae Gosse, 1858
Género: Condylactis (Duchassaing y Michelotti, 1866)
Especie: *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860)

Apéndice 2

“Manipulación de cautiverio”

En este apartado pretendo ofrecer recomendaciones para un mantenimiento mas optimo de las anémonas en cautiverio.

Primero el factor luz es indispensable para la fotosíntesis de las zooxantelas simbiotes de las anémonas, se observó que una buena calidad de luz ayuda a mantener en buen estado a las anémonas. Las lámparas de actinia de fuerte intensidad (aproximadamente de 10,000 Kelvin) en una combinación de luz blanca y azul, se recomienda se cambien máximo cada 3 meses, para mantener así una iluminación constante con la misma intensidad.

Es recomendable mantener el agua de los acuarios a temperaturas frescas de 25° C. Los acuarios deben estar en lugares frescos y a temperatura fresca (máxima de 27° C) y constante, para evitar que la temperatura exterior influya en los acuarios.

El alimento debe ser el suficiente tal que cada anémona pueda comerlo en el momento, el exceso de alimento puede provocar turbiedad en el acuario así que se recomienda hacer sifoneos diarios y limpieza 1 vez a la semana. Al hacer la limpieza de los acuarios puede utilizarse estropajos y/o esponjas, utilizar movimientos constantes, evitando que las anémonas sean tocadas o removidas innecesariamente. En los tubos de donde se conectan cada acuario, es necesario poner mallas para evitar que las anémonas se metan a los tubos, queden atoradas y mueran.

Cuando una anémona muere en un sistema de recirculación de agua, es necesario limpiar y hacer cambios parciales de agua para evitar que aumenten niveles de amonio en el sistema.

La intensidad en la circulación de agua de cada acuario se asocia con el intercambio de O², así que con una circulación buena y constante mejoraba la condición de las anémonas, así como su sobrevivencia en cautiverio. Se observó que *C. gigantea* requiere mayor flujo de agua que *B. annulata*, y que en el caso de la primera, éste debe ser dirigido al individuo. Por lo anterior, cuando se detectaban características morfológicas anormales en las anémonas (como el tubo digestivo expuesto, los tentáculos muy cortos y muy contraídos) se observó que el introducir una cabeza de poder que mejoraba la recirculación de agua en el acuario podía contribuir a la mejoría. En *B. annulata* se observa tanto reducción en tamaño como contracción de tentáculos y cambio de coloración; en *C. gigantea* los tentáculos se observan sin firmeza en ocasiones las puntas se ven contraídas y los tentáculos delgados. La especie de *C. gigantea* se adhiere directamente a las paredes del acuario. En el caso de *B. annulata*, el hecho de mantener a las anémonas con el pie dentro de una concha de caracol, ayudó a disminuir daños provocados por la manipulación.

Una medida importante para el manejo de estos organismos al momento de cambios de acuarios para experimentación, consistió en mantener siempre sumergidas en la misma agua del acuario original a las anémonas durante su transportación entre acuarios. También es indispensable que los parámetros físicos de los acuarios de experimentación coincidan con los de origen, de tal forma que no influyan en el estado de las anémonas.

Estos cuidados apoyan al buen estado de las anémonas en cautiverio aunado a los cuidados de parámetros físico-químicos como se vio en la sección de método.

Resumen de Tablas y Figuras.

Tabla 1. Comparación de registros de asociaciones a anémonas hospederas para *P. anthophilus* y *P. pedersoni*.

Tabla 2. Asociaciones de *P. pedersoni* con otras especies.

Tabla 3. Diseño de Tabla de contingencia asimétrica para el análisis estadístico de los resultados.

Tabla 4. Tabla de contingencia asimétrica con resultados de experimentos de fidelidad al hospedero de *P. pedersoni* a su anémona hospedera *B. annulata*.

Tabla 5. Tabla de contingencia asimétrica con resultados de experimentos de fidelidad al hospedero de *P. pedersoni* a su anémona hospedera *C. gigantea*.

Figura 1. *Periclimes pedersoni*

Figura 2. Derecha anémona *Condylactis gigantea*.

Figura 3. Izquierda se observan 3 individuos *P. pedersoni* asociados a *B. annulata*

Figura 4. Se observa a *P. pedersoni* totalmente aclimatado a sus anémonas hospederas.

Figura 5. Diseño experimental.

Figura 6. Resultados de frecuencias relativas de cada tratamiento en los experimentos de fidelidad al hospedero de *P. pedersoni* a su anémona hospedera *B. annulata*.

Figura 7. Resultados de frecuencias relativas de cada tratamiento en los experimentos de fidelidad al hospedero de *P. pedersoni* a su anémona hospedera *C. gigantea*.

Figura 8. Comparación de frecuencias relativas de selección entre ambos experimentos de fidelidad por tratamiento.

