

**Revisión de la Biología, Alimentación y Reproducción de
Camarones Ornamentales de la Península de Yucatán, México
(Crustacea: Decapoda: Caridae)**

Nuno Simoes Ph.D.

Universidade do Algarve, CCMAR
Campus Gambelas, Faro, Portugal

Short running title: Alimentación y reproducción de Camarones ornamentales

Tabla de Contenidos

RESUMEN.....	530
1 - INTRODUCCIÓN.....	531
2 - EL VALOR DEL MERCADO DE ORNAMENTALES MARINOS.....	536
3 - LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA Y EL MERCADO DE LOS ORNAMENTALES.....	540
4 - CAMARONES MARINOS CON POTENCIAL PARA EL MERCADO DE ORNAMENTALES EN MÉXICO.....	542
5 - BIOLOGÍA Y ZOOTECNIA DE CAMARONES ORNAMENTALES DE LOS GÉNEROS LYSMATA, THOR, STENOPUS Y PERICLIMENES	544
5.1 POSICIÓN TAXONÓMICA (EUCARIDA: DECAPODA).....	544
5.2 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y DISTRIBUCIÓN	546
5.3 NICHOS ECOLÓGICOS Y RELACIONES DE SIMBIOSIS CON OTRAS ESPECIES	549
5.4 CAPTURA, TRANSPORTE, ACLIMATACIÓN Y LONGEVIDAD EN LOS SISTEMAS DE CULTIVO	551
5.5 ALIMENTACIÓN DE REPRODUCTORES	553
5.6 REPRODUCCIÓN Y FECUNDIDAD	

Resumen

El mercado de acuarofilia mundial para especies ornamentales es un negocio que mueve varios millones de dólares anuales. La coloración atractiva y el comportamiento exótico de los organismos, son las razones fundamentales para ser seleccionados como especies de ornamentales importantes para la acuarofilia. Asimismo, la abundancia y la sencillez de la alimentación, manutención en cautiverio, maduración y reproducción, cuidado de larvas y juveniles, además de sus amplios límites de resistencia a parámetros de calidad del agua, son otros factores importantes en la selección de las especies en este mercado. Aunque muchas especies cumplen con la mayor parte de los criterios expuestos anteriormente, hay otras que son difíciles de alimentar, reproducir y/o mantener en condiciones de cautiverio, por lo que actualmente su comercialización pasa obligatoriamente por la captura constante y repetida del medio natural. Esta práctica se encuentra en gran expansión debido a la alta demanda y elevados precios de estos organismos en los mercados americano, europeo y asiático.

De entre los varios grupos de especies marina

1 - Introducción

La acuicultura de orden ornamental, que se ocupa de la producción de organismos acuáticos para fines estéticos y didácticos, recientemente ha tomado impulso dado el interés que la actividad de la acuarofilia ha despertado, incrementándose el número y variedad de especies ornamentales tropicales de agua marina, salobre y dulce que actualmente son comercializadas (Dayton 1995; Hoff 2001). Aunque el mercado sea dominado por especies de agua dulce, se ha incrementado últimamente la demanda de organismos marinos (Wabnitz *et al.* 2003). Las especies marinas de importancia ornamental son aquellas que se capturan para mantenerse vivas en acuarios o estanques, y tanto su valor como su uso están relacionados con la belleza estéticamente atractiva de sus formas y vivos colores. Los peces, corales y crustáceos marinos han sido de los grupos de especies más buscados por su atractiva coloración, formas exóticas e interesantes hábitos de conducta. Se estima que entre 1.5 a 2 millones de personas en el mundo mantienen acuarios de agua salada (Hoff 2001). El mercado de animales vivos que nutre este pasatiempo opera en las zonas tropicales y se estima que puede alcanzar los 200-330 millones de dólares anuales (Wabnitz *et al.* 2003).

Muy pocas especies en el negocio de la acuarofilia son explotadas para otros fines, y los animales de acuario con el mayor valor agregado son el producto de extracción de los arrecifes coralinos. Si el mercado de la acuarofilia de ambiente marino es manejado de manera sustentable puede generar empleos en las comunidades costeras predominantemente rurales, y así constituir fuertes incentivos económicos para la conservación de los arrecifes de coral en regiones donde otras alternativas para generar ingresos son limitadas. Existen, sin embargo, algunos problemas que pueden disminuir el potencial de este mercado y que siguen siendo desafíos importantes para alcanzar la sustentabilidad de la actividad. Por ejemplo, el suministro de organismos marinos para el mercado de acuarofilia ornamental se basa fundamentalmente en la captura directa del medio natural, lo que puede llevar a problemas relacionados con la conservación tanto de estos organismos como de los ecosistemas de los que forman parte. El alto impacto de las técnicas de captura, tales como el uso de explosivos, cianuro y anestésicos en altas concentraciones se suman a la destrucción de los arrecifes coralinos

(Dayton 1995; Lin *et al.* 2001). Además existe siempre la amenaza de la posible sobre explotación de algunas especies, así como el problema de la alta mortalidad post-captura asociada al manejo y transporte inadecuados de organismos vivos extremadamente sensibles. Por estas razones, la actividad ha generado fuertes controversias entre los comerciantes que intentan generar ganancias, los conservacionistas que intentan impedir la extracción de los arrecifes de coral, que además sufren otras presiones, y los políticos que intentan construir una directriz legislativa para proteger los arrecifes sin amenazar una actividad comercial legítima que incrementa los ingresos de las comunidades involucradas en la pesca de ornamentales. Una solución viable consiste en la producción en acuicultura de las especies más demandadas en las zonas costeras cerca de arrecifes por la población local.

A pesar de la expansión de la acuarofilia, muy pocas especies ornamentales son actualmente cultivadas. A la fecha, sólo una quinta parte de los bivalvos gigantes (*Tridacnia spp.*) son cultivados, mientras apenas 1-10% de los peces y menos del 1% de las especies de corales son sujetas a reproducción en cautiverio (Wabnitz *et al.* 2003). Todavía menos especies son cultivadas de manera comercial. De acuerdo al programa ambiental de las Naciones Unidas (UNEP - United Nations Environmental Programme), la investigación en el desarrollo de protocolos de crecimiento y reproducción en cautiverio de las especies más comercializadas es esencial, y debería de ser promocionada en los países productores, ya que sólo así se podrá minimizar la presión sobre los recursos naturales y evitar la desaparición de una fuente de ingresos en las comunidades locales (Wabnitz *et al.* 2003).

En el litoral mexicano, la extracción de especies ornamentales marinas se realiza en regiones tropicales, subtropicales y templadas. Se caracteriza por ser multi-específica y el volumen de sus capturas depende de la abundancia estacional (Piña 1994; Piña 2000b; Piña 2000a; Piña 2000c). Hasta 1993, la extracción de especies marinas ornamentales en México no era considerada de gran relevancia, y por tal motivo no se llevaba a cabo un registro formal ni continuo de esta actividad. Esto ha traído como consecuencia que en la actualidad no se tenga información relacionada con la producción nacional, ni con el lugar que ocupa México en la producción mundial (Anónimo 2001). Sin embargo, una revisión de los registros y reportes más recientes sobre la extracción de especies

de crustáceos para el mercado de la acuarofilia reveló que existe muy poca información para la costa del Pacífico mexicano y ninguna información sobre el Golfo de México y costa del Caribe.

La actividad de recolección y comercialización de organismos vivos marinos para acuarofilia se concentra fundamentalmente en peces y corales, pero últimamente se ha incrementado el número de especies de invertebrados capturados. Éste se calcula en más de 500 especies de invertebrados, a pesar de que la falta de estandarización de los criterios taxonómicos dificulta una estimación más precisa. La mejor estimación anual global apunta para un número de organismos de entre 9 y 10 millones, incluyendo sobretodo moluscos, camarones y anémonas (Wabnitz *et al.* 2003). De estos, únicamente dos grupos de camarones limpiadores, *Lysmata spp.* y *Stenopus spp.*, y un grupo de anémonas, *Heteractis spp.*, constituyen aproximadamente el 15% de todos los invertebrados comercializados.

Muchas de las especies de camarones ornamentales que se recolectan tienen una coloración muy atractiva y son relativamente fáciles de mantener como adultos en condiciones de cautiverio (Bruce 1975; Lin 2001; Bauer 2004). De acuerdo con los reportes taxonómicos (Ives 1891; Markham *et al.* 1990; Martínez-Guzmán and Hernández-Aguilera 1993), en México existen varias especies de camarones con potencial para el mercado de acuarofilia sobretodo pertenecientes a los géneros *Lysmata*, *Periclimenes*, *Thor* y *Stenopus* (Fig.1 y Tabla 2). La costa del caribe mexicano es la más rica en abundancia y diversidad de especies de crustaceos de ornato con potencial para exploracion y/o cultivo dada la existencia de grandes areas de arrecife de coral, sin embargo el unico reporte de colecta de crustaceos de ornato ha sido la captura de *Lysmata californica* en el Norte del Golfo de California, aunque no se sabe la frecuencia ni el volumen de la actividad (Sangha com. Pers.). Aunque en la costa atlántica de México, la actividad de extracción de estos organismos es prácticamente inexistente, existe un fuerte potencial para que se desarrolle y podría ser una alternativa de producción en el litoral mexicano. Dado que esta actividad explotaría el alto valor comercial de los ornamentales en el mercado internacional, es esencial no solo reglamentar las formas de extracción, sino apoyar iniciativas que devengan en la producción en cautiverio de las especies de ornamentales comercializadas. Además existe una demanda real en el mercado de la acuarofilia para que aumente el número de organismos producidos por acuacultura como una

medida de mitigación del fuerte impacto ambiental que su recolecta causa en el medio natural (Hoff 2001; Wabnitz *et al.* 2003). Sin embargo, dada la falta de conocimiento de la biología de estas especies, ha sido difícil instrumentar protocolos de producción efectivos (Lin *et al.* 2001; Holt 2001).

Considerando lo anterior, es de importancia fundamental obtener la información básica necesaria para lograr la reproducción y larvicultura de especies de camarones ornamentales con alto potencial para el mercado de la acuarofilia de exportación. El presente trabajo hace una revisión sobre el potencial de la producción de crustáceos de ornato en México, y presenta resultados preliminares de los primeros intentos del cultivo de algunas especies concentrándose fundamentalmente en su alimentación y reproducción.

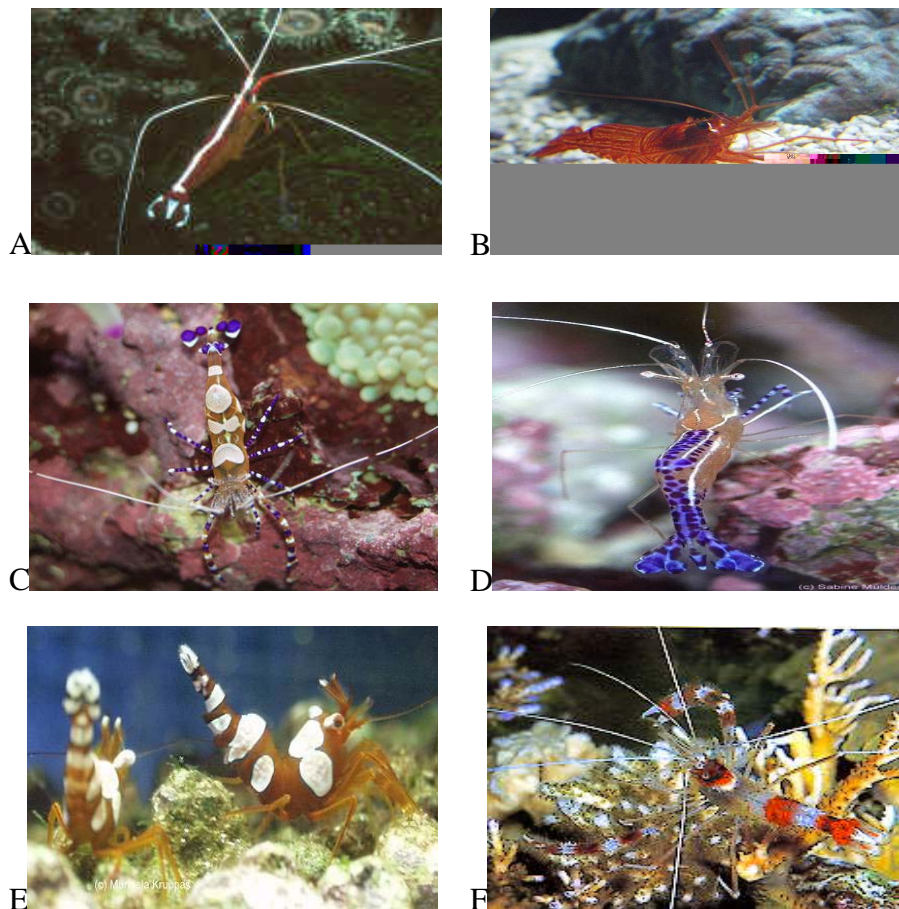


Figura 1 –Varias especies de camarones ornamentales pertenecientes al orden CARIDEA y STENOPODIDAE. A - *Lysmata amboinensis*; B - *Lysmata wurdemanni*; C - *Periclimenes yucatanicus*; D - *Periclimenes peddersoni*; E - *Thor*

amboinensis; F - *Stenopus hispidus*. Imágenes obtenidas de la Internet.

2 - El valor del mercado de ornamentales marinos

De acuerdo a Hoff (2001), en 1996 58% de los hogares en los Estados Unidos tenían por lo menos una mascota, de los cuales 10% tenían organismos de agua dulce y 0.8% tenían organismos de agua salada. Sólo en Estados Unidos se estima que se mantienen 89 millones de peces de agua dulce en 12.1 millones de acuarios, mientras que 5.6 millones de peces de ornato de agua salada son mantenidos en 1.1 millones de acuarios (Hoff 2001). Por otro lado Wabnitz *et al.* (2003), estiman que 1.5-2 millones de personas en el mundo mantienen acuarios de agua salada.

La industria de la acuarofilia maneja un volumen relativamente pequeño, pero de un valor muy alto en el mercado (Olivier 2001; Balboa 2003). Por ello, diversos autores (Moore and Best 2001; Bunting *et al.* 2003) consideran que el cultivo de organismos para la acuarofilia potencialmente podría generar un incentivo para la conservación de los arrecifes de coral, así como ofrecer una alternativa económica viable a las comunidades costeras de bajo ingreso. En 2000, 1 Kg de peces de acuario provenientes de las Islas Maldivas era evaluado en casi 500 dólares, mientras que 1 Kg de peces de arrecife cosechados para consumo humano valía solo 6 dólares (Edwards 1988). Similarmente, el comercio de coral vivo se estimó en 7000 dólares por tonelada, mientras que el uso de coral para la producción de cal generaba solo dólares por tonelada (Green and Shirley 1999). En Palau, la roca viva (“live rock”) es exportada para el comercio de acuarofilia a 2.2-4.4 dólares por Kg, mientras es vendida localmente para construcción a 0.02 dólares por Kg (Graham 1996). Sri Lanka gana aproximadamente 5.6 millones de dólares por año en la exportación de peces de coral para 52 países, y las estimativas apuntan que 50.000 personas están directamente involucradas en la exportación de ornamentales marinos (Kenchington 1985). En las Filipinas, cerca de 7000 colectores dependen de los arrecifes para su subsistencia (Holthus 2001). Por ejemplo, las especies de camarones ornamentales *Lysmata debelius* y *L. amboinensis* son altamente cotizadas en el mercado alcanzando precios al consumidor final de 45 dólares por individuo (ver Tabla 1).

El valor real de mercado de estos organismos es difícil de calcular, en parte dada la falta de legislación y reglamentación de las pesquerías de ornamentales en todo el mundo, y el limitado poder de instrumentación de leyes para el control de capturas en los principales países exportadores.

Los cálculos disponibles se basan sobretodo en estimaciones provenientes de la UNEP con datos ofrecidos por algunos de los mayores grupos comercializadores de animales de ornato. Aun así, las discrepancias son acentuadas, con por ejemplo Hoff (2001) estimando que en el negocio de la acuarofilia se maneja de 4 a 15 billones de dólares, mientras Wabnitz *et al.* (2003) estiman que el monto se restringe a 200-330 millones de dólares. Hardman (1999) afirma que este negocio crece anualmente a tasas entre 10 a 15%. Independientemente del valor real, es obvio que es un negocio muy considerable y en franca expansión.

Tabla 1 – Lista de los nombres comunes (en inglés) y científicos de los camarones ornamentales más comercializados (búsqueda en WWW, Marzo 2004). Se incluyen su tamaño máximo (pulgadas) y precio en dólares americanos.

Nombre común	Nombre científico	Tamaño	Precios (2004)	Páginas web
Bullseye Pistol o Blue Spot Snapping Shrimp	<i>Alpheus soror</i>	2	34.9	http://www.liveaquaria.com/
Tiger Pistol, Symbiosis o Snapping Shrimp	<i>Alpheus bellulus</i>	2	19.9	http://www.liveaquaria.com/
Pistol shrimp	<i>Alpheus armatus</i>		6.0	http://www.caribbeancreatures.com
Harlequin shrimp	<i>Hymenocera elegans(picta)</i>	1.5	21.9	http://www.liveaquaria.com/
			24.0	http://www.wondersofthesea.com
			26.0	http://www.livemarine.com
			27-34.0	http://www.thepetstop.com
			22-25.0	http://www.pets-warehouse.com/
			18.9	http://www.liveaquaria.com/
			22.0	http://www.wondersofthesea.com
Skunk, Scarlet, White-Banded, White-Striped cleaner shrimp	<i>Lysmata amboinensis (grabhami)</i>	2	14.0	http://www.livemarine.com
			17.0	http://www.coralreefecosystems.com/
			36.0	http://www.aquariumarts.com
			16-25.0	http://www.thepetstop.com
			9-22.0	http://www.pets-warehouse.com/
			20-28.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
			25.0	http://www.caribbeancreatures.com
			39.0	http://www.acmereef.com/
			24.9	http://www.liveaquaria.com/
			35.0	http://www.wondersofthesea.com
Blood, Red, Fire, Red Fire Cleaner Shrimp	<i>Lysmata debelius</i>	2	25.0	http://www.coralreefecosystems.com/
			26.0	http://www.livemarine.com
			45.0	http://www.aquariumarts.com
			12.0	http://www.thepetstop.com
			30.6	http://www.thepetstop.com
			22.0	http://www.pets-warehouse.com/
			32-36.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
Peppermint, Veined, o Caribbean Cleaner Shrimp	<i>Lysmata wurdemanni</i>	2	35.0	http://www.acmereef.com/
			7.9	http://www.liveaquaria.com/
			6.5	http://www.coralreefecosystems.com/

			6.0	http://www.livemarine.com
			7.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
			8.0	http://www.caribbeancreatures.com
			5.5	http://www.acmereef.com/
Sexy shrimp	<i>Thor amboinensis</i>		9.9	http://www.liveaquaria.com/
			8.0	http://www.caribbeancreatures.com
			7.0	http://www.pets-warehouse.com/
White -spot, -patched, Pacific Clown anemone shrimp	<i>Periclimenes brevicarpalis</i>	1.5	16.0	http://www.livemarine.com
			14.9	http://www.liveaquaria.com/
			14.0	http://www.thepetstop.com
Anemone, Pederson cleaner shrimp	<i>Periclimenes pedersoni</i>		8.0	http://www.caribbeancreatures.com
			9.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
Anemone, Yucatan cleaner shrimp	<i>Periclimenes yucatanicus</i>		8.0	http://www.caribbeancreatures.com
			5.9	http://www.liveaquaria.com/
Common dancing, Camel, Hinge-beak, o Candy shrimp	<i>Rhynchocinetes durbanensis</i>	2	5.0	http://www.pets-warehouse.com/
			10.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
Camel shrimp	<i>Rhynchocinetes uritai</i>		8.0	http://www.wondersofthesea.com
			6.0	http://www.livemarine.com
Common marble shrimp	<i>Saron marmoratus</i>	2	7.9-18.9	http://www.liveaquaria.com/
			6.0	http://www.livemarine.com
			18.9	http://www.liveaquaria.com/
Banded -coral, -yellow o -gold banded shrimp	<i>Stenopus scutellatus</i>	1.5	12.0	http://www.livemarine.com
			23-25.0	http://www.thepetstop.com
			11.0	http://www.wondersofthesea.com
			6.9 – 8.9	http://www.liveaquaria.com/
			11.0	http://www.wondersofthesea.com
			15.0	http://www.coralreefecosystems.com/
			10.0	http://www.exoticfish.com
Banded -boxer, -boxing, -coral ceaner shrimp	<i>Stenopus hispidus</i>	2	9.0	http://www.livemarine.com
			12.0	http://www.aquariumarts.com
			12-14.0	http://www.thepetstop.com
			6-15.0	http://www.pets-warehouse.com/
			12.0	http://hosting.soonet.ca/harspen/
			10.0	http://www.caribbeancreatures.com
			14.0	http://www.acmereef.com/
Blue -boxer, -banded, -coral, o -boxing shrimp	<i>Stenopus tenuirostris</i>	1.5	24.9	http://www.liveaquaria.com/

3 - La conservación de la biodiversidad marina y el mercado de los ornamentales

En el mercado de ornamentales acuáticos, se estima que 80% de los organismos de agua dulce son cultivados en Florida y en el suroeste asiático, mientras que 99.8% de los peces, invertebrados y algas del ambiente marino son colectados directamente de la naturaleza (Hoff 2001). Menos de 1% de las especies ornamentales son cultivadas (Wabnitz *et al.* 2003), debido principalmente a la alta mortalidad larvaria y al escaso conocimiento de su biología y requerimientos nutricionales (Hardman 1999). Si además se considera el impacto de los métodos de captura actualmente utilizados, entre ellos el uso de cianuro de sodio y explosivos, rápidamente se concluye que la actividad de captura de especies marinas ornamentales es sumamente destructiva y pone en riesgo la biodiversidad del medio marino.

En este contexto, la contribución para la biodiversidad de las especies marinas ornamentales y su creciente pesca indiscriminada puede llevar a serios problemas de impacto ambiental en determinadas poblaciones, a semejanza de lo que ya ocurre con los bancos de pesquerías de consumo mundiales. Por ejemplo, la pesca masiva de caballitos de mar en todos los océanos del mundo ha llevado a que de las 53 especies conocidas, 19 son consideradas como vulnerables y una, *Hippocampus capensis*, sea considerada en peligro de extinción. Estas especies serán incluidas a partir de mayo de 2004 en el libro de las especies en peligro de extinción de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Salvajes en Peligro de Extinción (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora – CITES)(UNEP-WCMC 2003). Mientras que lo mismo ocurre con muchas especies de corales, no existe ningún reporte de especies de crustáceos en la lista de CITES. Esta ausencia más que indicar que estas especies estén exentas de presiones que pongan en peligro su sobrevivencia, sugiere que no existen datos sólidos que permitan una estimación precisa e imparcial de aquellas especies potencialmente en peligro (Wabnitz *et al.* 2003); o bien que la comercialización de crustáceos ornamentales marinos a gran escala es relativamente reciente, y solo ahora se empiezan a definir las tendencias del mercado, tanto de las especies preferidas, como de la cantidad de animales capturados y comercializados.

El comercio de especies ornamentales de crustáceos marinos se concentra sobretodo en los

camarones carídeos de los géneros *Lysmata*, *Stenopus* y *Periclimenes*. Muchas de estas especies son limpiadoras ocupando un papel vital en el equilibrio de los ecosistemas, ya que remueven los parásitos o el tejido en descomposición de otras especies y mantienen a las poblaciones sanas (Zhang *et al.* 1998a; Limbaugh *et al.* 1961; Kotter 1997). Su creciente captura del medio natural para abastecer la demanda del mercado de acuarofilia afecta considerablemente el equilibrio de los ecosistemas. Esto es más preocupante todavía cuando se tiene en cuenta la alta especialización de dichas especies, que la mayor parte de las veces ocupan nichos ecológicos muy reducidos y cuyas poblaciones están constituidas por un número reducido de individuos.

4 - Camarones marinos con potencial para el mercado de ornamentales en México

Los arrecifes del sureste mexicano presentan una enorme diversidad de especies de peces, jaibas y camarones con gran potencial para la explotación comercial como ornamentales marinos de acuario. Además, existen intereses de empresas extranjeras y proyectos de explotación de este hábitat para la recolección, almacenamiento y envío de animales vivos de los arrecifes de coral de la costa del Caribe mexicano. El cultivo a pequeña escala de especies locales de crustáceos decápodos ornamentales de la Península de Yucatán puede ser una alternativa de producción en el litoral mexicano, dado que esta actividad explotaría el alto valor comercial de estos animales en el mercado foráneo. El cultivo en ciclo cerrado y domesticación de estas especies es de extrema importancia como una medida más de mitigación del fuerte impacto ambiental que la recolecta de organismos en el medio natural causa por las técnicas de captura comúnmente utilizadas.

Existen estudios y listas taxonómicas muy completas de la fauna de crustáceos decápodos de la región del Golfo de México y Caribe que permitieron una revisión de las especies presentes, su abundancia y distribución. Estos incluyen los trabajos clásicos de Ives (1891) para la costa Norte de Yucatán, región de Veracruz Florida y Bahamas; Chace (1972) para el Caribe; Abele y Kim (1986) para Florida; Martínez-Iglesias y García (1999) para Cuba, entre otros. Además, se revisaron estudios recientes y detallados a nivel nacional sobre la biodiversidad de crustáceos decápodos con listas de especies recolectadas y observadas en las aguas someras del Arrecife Alacranes, Yucatán (Martínez-Guzmán and Hernández-Aguilera 1993) y de la costa de Quintana-Roo (Markham *et al.* 1990).

De entre las muchas especies de camarones con potencial de comercialización como ornamentales presentes en México, en la Tabla 2 se presentan algunas consideradas las más promisorias por su coloración, tamaño y popularidad. De las especies presentadas en la Tabla 2, se escogieron 6 especies (*Lysmata amboinensis*, *Lysmata wurdemanni*, *Periclimenes peddersonni*, *Periclimenes yucatanicus*, *Thor amboinensis*, y *Stenopus hispidus*). Esta selección se realizó con base en criterios de coloración, tamaño, precio, abundancia en el medio natural, así como información sobre su reproducción y cultivo larvario en cautiverio.

Tabla 2 – Lista de algunas especies de camarones marinos importantes para la conservación de los arrecifes de coral de la costa Atlántica de México y con potencial de cultivo sustentable. Se incluyen datos biológicos y ecológicos.

Nombre Científico	Distribución Resumida	Tamaño Max. (cm)	Hábitat	Biología reproductiva	Régimen alimentario
<i>Stenopus scutellatus</i>	Atlántico Oeste, Florida, Bahamas, Región del Caribe	4	Arrecifes de coral y rocosos, desde aguas someras hasta 60 m de profundidad.	Vive en pares, sexos separados; no se distinguen los sexos hasta que la hembra lleve huevos	Limpiador y predador. Carroñero oportunista
<i>Stenopus hispidus</i>	Tropical y subtropical en los Océanos Pacífico, Atlántico y Índico	5	Arrecifes de coral y rocosos en cavernas, grietas y esponjas grandes, desde aguas muy someras hasta 50 m de profundidad.	Vive en pares, sexos separados pero difíciles de distinguir. La hembra es más grande que el macho y lleva huevos	Limpiador, predador, carroñero
<i>Lysmataamboinensis</i>	Este y Oeste Atlántico Tropical	5	Arrecifes de coral y rocosos en cavernas, grietas y esponjas grandes, desde aguas muy someras hasta 50 m de profundidad	Hermafroditas simultáneos; viven en pares	Limpiador; predador (?); carroñero (?)
<i>Lysmata wurdemanni</i>	Caribe hasta Brasil	4.5	Arrecifes de coral y rocosos en cavernas, grietas y esponjas grandes, desde aguas muy someras hasta 100 m de profundidad	Viven en pares o solitarios; sexos separados	Limpiador; predador (?); carroñero (?)
<i>Lysmata rathbunae</i>	Costa Este de Norte América hasta el Caribe, más común en aguas temperadas	3	Zonas rocosas en cavernas y grietas profundas. Se desconoce su distribución batimétrica	Viven en pares o solitarios; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador; predador (?); carroñero (?)
<i>Thoramboinensis</i>	Aguas tropicales de los Océanos Pacífico, Atlántico y Índico	2	Arrecifes de coral asociado a varios corales y esponjas, en aguas someras	Usualmente viven en pares; sexos separados; dimorfismo sexual; hembras del doble del tamaño de los machos	Comensal de diversos corales y anémonas. Limpiador (?); predador (?); carroñero (?)
<i>Barbouria cubensis</i>	Bahamas y Indias Occidentales	3	Cuevas oscuras y agujeros en fondos de lodo. De aguas someras hasta los 15 m de profundidad	No se sabe si forma pares o no, pero usualmente se encuentra solo; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador (?); predador (?); carroñero (?)
<i>Tozeuma carolinense</i>	Florida, Bahamas y Región del Caribe	3.8	Todo tipo de hábitats someros donde la coloración del fondo mimetiza la coloración corporal	No se sabe si forma pares o no, pero usualmente se encuentra solo; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador (?); predador (?); carroñero (?)
<i>Periclimenes pedersoni</i>	Sur de Florida, Bahamas y Región del Caribe	2.5	Arrecifes de coral y rocosos, abundantes en anémonas	No se sabe si forma pares o no, pero usualmente se encuentra solo; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador y comensal de diversas anémonas. Predador (?); carroñero (?)
<i>Periclimenes yucatanicus</i>	Florida, Bahamas, Caribe y Golfo de México	3	Arrecifes de coral y rocosos, abundantes en anémonas	No se sabe si forma pares o no, pero usualmente se encuentra solo; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador y comensal de diversas anémonas. Predador (?); carroñero (?)
<i>Periclimenes rathbunae</i>	Sur de Florida, Región del Caribe, Islas Turcas y Caicos, Antillas Bajas y Holandesas	2.5	Arrecifes de coral y rocosos, abundantes en anémonas	No se sabe si forma pares o no, pero usualmente se encuentra solo; se desconoce si es hermafrodita o si los sexos están separados	Limpiador y comensal de diversas anémonas. Predador (?); carroñero (?)

5 - Biología y Zootecnia de camarones ornamentales de los géneros *Lysmata*, *Thor*, *Stenopus* y *Periclimenes*

Los camarones carídeos son un grupo de organismos acuáticos fascinante y colorido que habitan ambientes marinos y dulciacuícolas de los trópicos hasta los polos. La diversidad biológica de los Carídeos abarca un conjunto extraordinario de adaptaciones en términos de formas y funciones corporales, coloración, biología reproductiva y conducta sexual. Las distintas especies incluyen variaciones de los padrones de historias de vida a nivel estacional, latitudinal y de profundidad. Muchas especies son hermafroditas y protándricas, mientras otras desarrollaron interesantes relaciones comensales o de simbiosis con corales, anémonas, esponjas, erizos de mar e incluso peces. En el presente rubro solamente se hará referencia a especies de las familias Stenopodidae¹ Claus 1872, Palaemonidae Rafinesque 1815 y Hippolytidae Dana 1852. La información que se presenta a continuación se concentra fundamentalmente en datos de trabajos sobre especies de los géneros *Lysmata* y *Stenopus*, ya que son las especies donde se ha puesto un mayor esfuerzo para alcanzar su cultivo. Ocasionalmente se presenta información relevante de los géneros *Thor* y *Periclimenes*.

5.1 Posición taxonómica (Eucarida: Decapoda)

De acuerdo a la más reciente² clasificación taxonómica de los crustáceos (Martin and Davis 2001), el orden Decapoda se divide en dos Sub-órdenes: Dendrobranchita (camarones peneidos y sergéstidos) y Pleocyemata (los demás crustáceos decápodos), usando como criterios el tipo de branquias (dendrobranchiata, phyllobranchiata y trichobranchiata), el duermo de pereopodos quelados (2 o 3) y el tipo de huevos (pequeños, libres eclosionado como nauplios o grandes, transportados por la hembra y eclosionando como zoea). El Infra-orden Caridea incluye al mayor

¹ Aunque esta familia no pertenezca en *sensu stricto* a el Infraorden Caridea en la más reciente clasificación de los crustáceos (Martin and Davis 2001), se optó por cuestiones relacionadas con el mercado de los camarones ornamentales y similitudes del nicho ecológico incluirla.

² Comunicación personal del Dr. Michel Hendrix

Simoes, N. 2004. Revisión de la Biología, Alimentación y Reproducción de Camarones Ornamentales de la Península de Yucatán, México (Crustacea: Decapoda: Caridae). In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

número de especies de camarones limpiadores ornamentales conocidos (*Lysmata debelius*, *L.amboinensis*, *L. wurdemani*, *L. californica*, *Periclimenes yucatanicus*, *P. peddersoni*, *Thor amboinensis*, *Hymenoptera picta*, entre otras). Como se mencionó anteriormente, a pesar de que comparten una organización morfológica y anatómica similar, las distintas especies presentan un alto grado de variación en sus especializaciones en cuanto a nichos ecológicos, preferencias por hábitat, tipos de alimentación, estrategias reproductivas, etc., incluso dentro de la misma familia. El Infra-orden Caridea se encuentra actualmente separada en 16 súper-familias, aunque las principales especies comercializadas como ornamentales se concentran en 4 familias: Palaemonidae, Hippolytidae, Alpheidae y Rhynchochinetidae. Otro infra-orden que contiene importantes especies de camarones limpiadores ornamentales es el Infra-orden Stenopodidea, con sólo dos familias, de las cuales, la Stenopodidae incluye los conocidos camarones boxeadores *Stenopus hispidus* y *S. scutellatus*.

De todos los géneros, el género *Lysmata* ha sido el más estudiado, y es aquel con la mayor diversidad de especies usadas en acuarofilia y el mayor volumen de producción y/o extracción. El género *Lysmata* ha sido históricamente colocado en la familia Hippolytidae (Holthuis 1993), pero esta clasificación ha sido criticada por Christoffersen (1987) quien, usando análisis de cladística, ha colocado la familia Hippolytidae como sub-familia de Alpheoidea, y reubicó el género *Lysmata* como perteneciente a la familia Crangonoidea con 25 especies. Sin embargo, la clasificación reciente de Martin y Davis (2001) ha vuelto a colocar al género *Lysmata* en la familia Hippolytidae. El género *Thor* se incorpora en esta misma familia, mientras que el género *Periclimenes* es históricamente incorporado en la familia Palaemonidae. La clasificación taxonómica actual de las especies anteriormente mencionadas según Martin y Davis (2001) es:

Clase: **Malacostraca** Latreille, 1802

Sub-Clase: **Eumalacostraca** Grobben, 1892

Súper-Orden: **Eucarida** Calman, 1904

Orden: **Decapoda** Latreille, 1802

Sub-Orden: **Pleocyemata** Burkenroad, 1963

Infra-Orden: **Stenopodidae** Claus, 1872

Familia: **Stenopodidae** Claus, 1892

Género: *Stenopus*

Especie: *S. hispidus* Olivier, 1811

Infra-Orden: **Caridea** Dana, 1852

Súper-Familia: **Alpheoidea** Rafinesque, 1815

Familia: **Hippolytidae** Dana, 1852

Género: *Lysmata*

Especie: *L. amboinensis* De Man, 1888

Especie: *L. wurdemanni* Gibbes, 1850

Especie: *L. californica* Stimpson, 1866

Género: *Thor*

Especie: *T. amboinensis* DeMan, 1888

Súper-Familia: **Palaemonoidea** Rafinesque, 1815

Familia: **Palaemonidae** Rafinesque, 1815

Género: *Periclimenes*

Especie: *P. yucatanicus* Ives, 1891

Especie: *P. pedersoni* Chace, 1958

5.2 Descripción morfológica y distribución

A continuación se presentan datos morfológicos, de distribución y algunas notas sobre la ecología de las 4 especies de camarones ornamentales que fueron seleccionadas para este proyecto.

Lysmata amboinensis fue descrita por primera vez por De Man (1887a-1888), y es conocida comúnmente como camarón limpiador o camarón listado o rayado (Tabla 1). Estos nombres comunes son resultado de la franja roja entre dos franjas blancas que se extienden longitudinalmente a lo largo de la zona dorsal del animal (Fig. 1 A). Hayashi (1975), consideró *L. amboinensis* como un sinónimo de la *Lysmata grabhami*, basándose en la similitud de la conducta limpiadora y el patrón de color. Los camarones limpiadores *Lysmata amboinensis*, tienen una distribución verdaderamente circun-tropical en los arrecifes de coral y zonas rocosas de los tres océanos (Bruce 1974). Han sido reportados en el Océano Pacífico en las Islas Sociedad (Randall 1958), Hawai (Feder 1966), Amboina (DeMan 1888; Holthuis 1946b), Japón (Hayashi 1975), Bali (Debelius 1983b), Mar Rojo (Faulkner and Smith 1970) y en el Océano Indico en Mombasa (Bruce

1974). En el Océano Atlántico han sido reportados en la isla Madeira (Gordon 1935), los cayos de Florida la parte Noreste del Golfo de México y Bahamas (Limbaugh 1961), las islas de Antillas y Brasil (Debelius 1983b) en distintas localidades. Repetidamente se han observado formando parejas de dos individuos o, más ocasionalmente, un solo individuo (Limbaugh *et al.* 1961) en áreas rocosas abiertas, pero en grietas, cavernas, y otras cavidades protegidas. Sin embargo también han sido reportados grupos de hasta 100 individuos en Bali (Debelius 1983b). Suelen encontrarse en los techos e incluso en la parte superior de llantas hundidas (Kotter 1997). Frecuentemente han sido reportados asociados a la anémona *Stoichactis heliacanthus* (Chace 1972). Su comportamiento de limpieza fue objeto de varios estudios y descripciones (Limbaugh *et al.* 1961; Limbaugh 1961; Criales 1979; Criales and Corredor 1977). Su distribución batimétrica va desde los 3 a los 91 m (Dardeau *et al.* 1980).

Menos atractivo en cuanto a colores y tamaño máximo alcanzado, pero más común y fácil de reproducir, es el camarón hierbabuena o “peppermint” *Lysmata wurdemanni* (Gibbes 1850) que presenta estrías de color rojo longitudinales, puntos rojos dispersos y un cuerpo semi-transparente (Fig 1 B). Ha sido encontrado a lo largo de la costa Atlántica de Norte América y Sudamérica, desde New Jersey hasta Brasil, incluyendo el Golfo de México, Florida, Texas, Quintana-Roo, Cuba, Venezuela, Guyana y Brasil (Williams 1984; Christoffersen 1998; Rodriguez 1980; Chace 1972; Holthuis 1959). Se encuentra normalmente asociado a arrecifes de coral y sustratos rocosos naturales u otros sustratos duros como muelles, boyas, arrecifes artificiales, etc. Se encuentra normalmente en fisuras o pequeñas cuevas en poblaciones que pueden alcanzar algunas decenas (Ives 1891). *Lysmata wurdemanni*, suele ser más gregario encontrándose generalmente en grupos de más de dos organismos y por veces llegando a unas pocas decenas (Debelius 1983a).

Thor amboinensis (DeMan 1887b) es de las especies más pequeñas (2 cm), pero presenta una conducta curiosa pasando la mayor parte del tiempo abatiendo su abdomen de grandes manchas blancas sobre fondo café, en movimientos rítmicos y coordinados (Fig. 1 E). Se encuentra principalmente en la anémona *Condylactis gigantea*, pero también en *Bartholomea annulata*, a profundidades desde los 7 hasta los 18 m. En los arrecifes de Quintana-Roo se han encontrado en grupos de hasta 8 individuos de distintos tamaños en anémonas *Condylactis gigantea* grandes. Peter Wirtz (1997) reporta hasta 18 organismos en la anémona *Telmatactis cricoides* en Madeira e Islas

Canarias, aunque raramente en contacto directo con esta anémona. Criales (1984) también reporta la asociación ocasional entre *Thor amboinensis* y *Telmatactis cricoides* (usando el sinónimo *Telmatactis rufa*). También fue reportada su presencia simultánea con *Periclimenes yucatanicus* y *Lysmata amboinensis*. Fransen (1989), considera esta especie circun-tropical y comenta que hay reportes de asociaciones con 13 géneros distintos de anémonas. Su distribución en el Atlántico occidental va desde Florida hasta Tobago y la Península de Yucatán (Chace 1972; Markham *et al.* 1990), Madeira e Islas Canarias (Wirtz 1997).

Periclimenes yucatanicus (Ives 1891) es un camarón típico de los arrecifes de coral. Es relativamente pequeño pudiendo alcanzar los 3 cm. Su presencia es común desde el sur de Florida hasta Colombia (Holthuis 1951). Limbaugh *et al.* (1961) reportan esta especie para las Bahamas, Islas Virgen y Puerto Rico. Además existen reportes de su presencia en la Barbuda, Antigua, Yucatán, Quintana-Roo y Venezuela con una distribución batimétrica de 2-8 metros (Chace 1972; Rodriguez 1980; Markham *et al.* 1990). El cuerpo es translucido a excepción de algunas manchas blancas y violeta (Fig. 1 C), aunque pueden existir variaciones en su coloración (Wicksten 1995a; Spotte 1997). Su llamativa coloración, hábitos sedentarios y relativa facilidad en mantener en acuario hacen de esta especie una de las más buscadas por el público en general (Spotte and Bubucis 1997). A esta popularidad contribuye también el hecho de que casi siempre se encuentra asociado a anémonas, más específicamente, a dos anémonas comunes del Caribe: *Bartholomea annulata* y *Condylactis gigantea* (Limbaugh *et al.* 1961; Markham *et al.* 1990; Spotte 1997; Williams and Williams 1982b; Spotte *et al.* 1991a). Aún no se sabe con certidumbre si es una especie limpiadora de ectoparásitos de peces.

Periclimenes perdersonni (Chace 1958) es otra especie relativamente pequeña alcanzando los 4 cm. Se puede confundir fácilmente con *P. yucatanicus* dada la coloración y el nicho ecológico similares (Fig. 1 D) (Wicksten 1995a). El cuerpo es transparente con líneas blancas corriendo longitudinalmente de los lados y convergiendo en el dorso. Entre las líneas blancas existen numerosos puntos violeta de distintos tamaños. Esta especie se distribuye desde el Cabo Lookout en Carolina del Norte hasta Belice, con reportes en Florida, Bahamas, Indias Occidentales, Donaire y Quintana-Roo, a profundidades de 1-17 m (Williams 1984; Nizinski 2003; Markham *et al.* 1990; Abele and Kim 1986). Esta especie se encuentra normalmente asociada a anémonas *Bartholomea*

annulata y es corroboradamente una especie limpiadora de peces (Limbaugh *et al.* 1961; Limbaugh 1961; Criales 1979; Criales and Corredor 1977). Vive en pares o solitario, aunque pueden ocurrir grupos de hasta 7 individuos. Estos camarones pueden permanecer en el mismo lugar por 1-3 semanas, o posiblemente más tiempo (Limbaugh *et al.* 1961).

Stenopus hispidus (Olivier 1811) es la especie más grande de todas las anteriormente descritas, pudiendo alcanzar los 7.5 cm de largo total. Presenta un par de quelípedos largos y espinosos, tal como el caparazón (Fig. 1 F). El cuerpo y apéndices presentan bandas de color rojo sobre fondo blanco haciendo que exhiba un fuerte contraste. Sus largas antenas blancas permiten su fácil observación en el campo, aun cuando se esconde en la parte superior de pequeñas cuevas y grietas. Generalmente se encuentra en arrecifes de coral y/o rocosos, en pares (adultos y juveniles) o solitarios. Prefieren aguas tranquilas, de poca profundidad (1-6m), aunque Holthuis (1946a) reporta un organismo encontrado a 210 m. Estos animales fueron reportados como limpiadores de peces por Limbaugh *et al.* (1961). La distribución de *Stenopus hispidus* es circun-tropical desde el Mar Rojo, Socotra, África del Sur, Hawaii, Islas Tuamotu, Atlántico Oeste, Bermuda, Sur de Florida, Bahamas, Puerto Rico, Islas Virgen y a lo largo de toda la costa de Quintana-Roo (Holthuis 1946a; Markham *et al.* 1990; Chace 1972). No se ha reportado esta especie para el Pacífico y Atlántico del Este.

5.3 Nicho ecológico y relaciones de simbiosis con otras especies

Muchas especies de camarones ornamentales son principalmente carnívoros y carroñeros, aunque ciertas especies han desarrollado un elevado nivel de especialización en lo que se refiere a sus hábitos alimenticios. Por ejemplo los camarones arlequín, *Hymenocera spp.* se alimentan exclusivamente de estrellas de mar, ofiuros y otros equinodermos (Bauer 2004). Otro ejemplo de un alto grado de especialización de los camarones ornamentales con importantes consecuencias en la ecología de los arrecifes de coral es su función limpiadora de residuos, ectoparásitos y trozos de tejido muerto recogidos directamente de la superficie y de entre los dientes de distintas especies de peces, independientemente del tamaño y voracidad de los mismos (Lubbock and Polunin 1975).

Los camarones limpiadores usualmente tienen una colocación conspicua que contrasta con su

medio ambiente. Las formas tropicales parecen ser más especializadas que las templadas y obtienen una mayor cantidad de alimento en la limpieza debido a los movimientos elaborados para atraer la atención de los peces que serán limpiados (Limbaugh *et al.* 1961). Criales (1979) y Criales y Corredor (1977) reportan 11 especies de camarones reconocidos como limpiadores, con sus respectivas distribuciones geográficas, especificidad de organismos limpiados, y descripción de su comportamiento en detalle. Van Tassel *et al.* (1994), por su parte, presenta una lista de 20 camarones con aparente comportamiento de limpiadores. Generalmente son organismos territoriales, pasando varias semanas, o incluso hasta meses, en un mismo lugar (Feder 1966; Limbaugh *et al.* 1961; Criales and Corredor 1977; Criales 1979; Criales 1984). De acuerdo con varios autores, algunas de las especies de camarones limpiadores establecen “estaciones de limpieza”. Por ejemplo, los camarones del género *Lysmata* tienen una actividad generalmente diurna pasando hasta 14% de su tiempo en actividades de limpieza de peces (Jonasson 1987). Limbaugh *et al.* (1961) argumenta que los camarones limpiadores son clave en el mantenimiento de una población saludable de peces arrecifales, bajando la incidencia de parasitismo y heridas. Estos autores incluso hicieron observaciones preliminares del efecto de la remoción de los organismos de varias “estaciones de limpieza”, observando dos semanas después un deterioro considerable en la salud de los peces comúnmente limpiados por estos camarones. Aunque el estudio fue preliminar y poco controlado, constituye un indicador de la im

de camarones limpiadores examinadas (*Lysmata amboinensis*, *Stenopus hispidus* y *S. scutellatus*) no fueron capaces de remover ningún juvenil de isópodo en un periodo de 24 horas. En tanto que la importancia ecológica de la remoción de parásitos ha sido demostrada para especies de peces limpiadoras (Losey 1974; Losey 1972; Losey *et al.* 1998), Bunkley-Williams y Williams (1998) sugieren que la remoción de juveniles del parásito *A. haemuli* por parte de *L. pedersoni* puede ser un factor limitante en la dispersión de la población local del parásito, ya que de no ser removidos mientras son juveniles, los parásitos adultos son muy difíciles de remover.

Por otra parte muchas especies de los géneros *Lysmata*, *Thor*, *Stenopus* y *Periclimenes* establecen relaciones de simbiosis o comensalismo principalmente con anémonas. Unas veces se encuentran sobre los tentáculos, otras en la periferia, o bien a una corta distancia de ellas (Criales 1979; Gwaltney and Brooks 1994; Omori *et al.* 1994; Sheley 1985; Spotte *et al.* 1991b; Williams and Williams 1982a; Wirtz 1997; Debelius and Baensch 1992; Limbaugh *et al.* 1961; Williams and Bunkley-Williams 2000; Herrnkind *et al.* 1976; Levine and Blanchard 1980). Sin embargo, también existen reportes de asociaciones entre camarones y otros invertebrados, como esponjas (Berggren 1993), corales (Spotte *et al.* 1994; Williams and Bunkley-Williams 2000; Vargas 2000; Heard and Spotte 1991), equinodermos (Bruce 1980; Bruce and Zmarzly 1983) y moluscos (Spotte 1996a).

Varios estudios han investigado los beneficios de las relaciones comensales o simbióticas entre camarones limpiadores y las anémonas hospederas y se piensa que los camarones son importantes en el mantenimiento de los tentáculos de las anémonas, limpiando el exceso de moco (Crawford 1992; Smith 1977). También existen indicios de que la asociación de los camarones con las anémonas es bastante específica y debe ocurrir desde los primeros estadios de juveniles (Crawford 1992; Williams and Bunkley-Williams 2000; Guo *et al.* 1996). Aún cuando no ha sido probado que las anémonas reciban algún beneficio directo de la presencia de los camarones, y todo indica que es principalmente una relación comensal (Fautin *et al.* 1995), Spotte (1996b) argumenta que las anémonas tienen una fuente adicional de nitrógeno a partir de las heces de los camarones.

5.4 Captura, transporte, aclimatación y longevidad en los sistemas de cultivo

Los organismos deben ser capturados generalmente con redes de malla fina y se deben mantener

individualmente en recipientes perforados dentro de una tina con abundante agua de mar y aeración constante. El transporte se debe llevar a cabo en condiciones de hiper saturación de oxígeno y temperaturas nunca debajo de 25 °C pero no arriba de 27 °C. Generalmente se transportan en bolsas de plástico con apenas un individuo envueltas en una segunda bolsa negra para impedir el contacto visual entre organismos. Las especies más gregarias como *Lysmata wurdemanni* o *L. californica* suelen ser transportadas con más de un organismo por bolsa. La aclimatación debe de ser muy gradual ya que se trata generalmente de organismos muy sensibles.

La longevidad de los organismos en cautiverio varía mucho y depende del tamaño o edad de los organismos, así como de las condiciones en que fueran capturados y transportados. Algunos de estos animales llegan a permanecer en cautiverio por más de dos años si son bien alimentados y mantenidos en acuarios con buenas condiciones de agua de mar. Por ejemplo, la supervivencia de *P. yucatanicus* en cautiverio varió entre 20 y 728 días, con un promedio de 260 días, aunque no se logró producir larvas de esta especie (Spotte and Bubucis 1997). Existe otro reporte que menciona una corta longevidad en cautiverio para *Periclimenes yucatanicus*, aunque los autores no usaron anémonas en los acuarios, que son sus hospederos en el medio natural (Dr. Lin, pers. com.). Chockley y St. Mary (2003) han estudiado la frecuencia de muda, crecimiento y mortalidad de *Stenopus hispidus* en el campo con resultados que, complementados con el estudio anterior, indican que estas especies son buenas candidatas para su mantenimiento en cautiverio. El comportamiento en cautiverio de *Stenopus hispidus* fue descrito por Yaldwyn (1966). Algunos autores describen comportamientos agresivos en cautiverio entre pares de animales de los géneros *Lysmata* (Rufino and Jones 2001a; Simoes and Jones 1999a) y *Stenopus* (Yaldwyn 1966; Yaldwyn 1964; Johnson 1977; Johnson 1969; Johnson 1966), que incluso pueden llegar a la muerte de uno de los individuos (Simoes and Jones 1999a). Los géneros *Lysmata* y *Stenopus* son conocidos por aguantar varios meses, hasta años, en acuarios bien mantenidos y con buenas condiciones de calidad del agua, mientras que poco se sabe de la longevidad de las especies de *Thor* y *Tozeuma* en condiciones de cautiverio. Cuando no están directamente relacionadas con conductas agonísticas agresivas entre conspecíficos, la mayor parte de las fatalidades son debidas a faltas en la alimentación y a falta de constancia en la calidad del agua. Por veces también se han observado mortalidades provocadas por infestaciones de hongos y bacterias. Aunque dichas enfermedades suelen ser fáciles de controlar, hay que tener mucho cuidado ya que cuando se aplican las dosis de tratamiento para productos

recomendados para camarones peneidos, se registran muertes masivas claramente devidas al tratamiento. Esto indica una mayor susceptibilidad y sensibilidad de estas especies cuando comparadas con los camarones peneidos.

5.5 Alimentación de reproductores

Cuando son mantenidos en cautiverio la mayor parte de las especies de camarones ornamentales aceptan generalmente cualquier tipo de comida, ya sea congelada o seca (Lin *et al.* 2001). Estudios recientes (Huerta-Ortiz *et al.* sin publicar) han demostrado preferencias por ciertos tipos de alimento fresco tales como nauplios de *Artemia* sp. recién eclosionados, metanauplios enriquecidos, adultos de *Artemia*, mysidáceos, krill, y larvas de mosquito, todos descongelados. Entre los alimentos que son menos preferidos se encuentran el calamar, mejillón y carne de camarón. Sin embargo, después de largos periodos de ayuno aceptan todos tipos de alimento. Recientemente (Huerta-Ortiz *et al.* sin publicar) se ha logrado mantener reproductores de *Lysmata debelius* alimentados exclusivamente con alimento artificial peletizado semi-húmedo (después de un periodo de 2 semanas de aclimatación) sin afectar los parámetros de crecimiento y reproducción. Muchos autores reportan la facilidad de mantener *L. amboinensis* en cautiverio, basándose en que su alimentación puede constituir una gran variedad de alimento fresco o congelado (Kotter 1997; Simoes *et al.* 1998a; Wunsch 1996; Yasir 1995). En un estudio sobre el efecto de la dieta en la capacidad reproductiva de *Stenopus scutellatus*, Lin y Shi (2002) observaron que el uso de nauplios de *Artemia* enriquecida versus nauplios de *Artemia* sin enriquecer no alteró la periodicidad de los desoves, ni la fecundidad relativa o la composición de los huevos. Resultados muy similares fueron obtenidos para *Lysmata wurdemani* (Lin and Zhang 2001b). En este ultimo trabajo los autores probaron dos marcas comerciales de *Artemia* (metanauplios enriquecidos y nauplios recién eclosionados) comparando contra tejido de almeja. No se observaron diferencias significativas en la fecundidad, el peso seco de los huevos, el largo medio de las primeras zoeas ni en la supervivencia (%) de la zoea1 a la zoea2. Para reproductores de *Lysmata debelius* se triplico significativamente la fecundidad cuando se alimento con nauplios de *Artemia* (ya sean vivos, congelados o enriquecidos) en vez de se alimentar con mejillón congelado (Simoes *et al.* 1998a). En un estudio reciente con la misma especie se ha logrado mantener la fecundidad y crecimiento de los reproductores constante y similar usando un alimento de maduración artificial pelletizado (Tabla 3) comparandolo con alimento fresco descongelado variado (Huerta-Ortiz *et al.* sin publicar). Estos resultados son promisoros y se

corren actualmente estudios detallados sobre el efecto de varias dietas de maduración comerciales para camarones peneidos en la fecundidad de *Lysmata wurdemanni*. No existen hasta la fecha estudios sobre el efecto de la dieta en el crecimiento de juveniles de estas especies.

Tabla 3 – Dieta artificial balaceada (pellet semi-húmedo) para maduración de reproductores de camarones ornamentales. CPSP –; CBH – carbohidratos; ED – energía digerible en kj / g: 17.2 CBH, 39.5 lípidos, 21.3 proteínas; AA – amino-ácidos. Formulación: Dra. Gabriela Gaxiola.

Ingredientes	g/ 100 g	Energía	Analisis AA	Proximal	Cm Quím.
Harina de calamar	30	ED	17,79	Arginina	73.413266
Harina de camarón	40			Histidina	52.9144348
Hidrolizado CPSP 70%	7		KJ/100g	Isoleucina	150.603475
Caseina	5	CBH	275,2	Leucina	133.322628
Super salco	7	lípidos	406,85	Lisina	82.9181088
Aceite de girasol	0,45	proteína	1096,95	Metionina	134.896116
Almidon de trigo	6.085			Cistina	
Colesterol	0.5	TOTAL	1779	F.Alanina	148.073255
Lecitina de soya	3			Tirosina	
ROBIMIX C	0			Treonina	59.7432351
ROCHE basal	0.4			Triptofano	46.7469692
ROCHE Mejorada	0,5			Valina	151.136146
Alginato	1				
carofila	0.015				
TOTAL	100				

5.6 Reproducción y Fecundidad

De acuerdo a Bauer (2004), existen 4 tipos de sistemas de reproducción en los carideos y Stenopodideos: Gonocoria (macho y hembra en organismo distintos), Protandria Sencilla (machos que se transforman en hembras), Protandria Compleja (machos que se transforman en hembras o hembra desde un inicio) y Hermafroditismo Protandrico Simultáneo (macho y hembra simultaneos en un mismo organismo). Esta ultima es una condición muy rara en los seres vivos que genera

preguntas pertinentes sobre la evolución de dichos sistemas de reproducción, así como su control hormonal (Lin and Zhang 2001a; Bauer and Holt 1998; Bauer 2000; Baeza and Bauer 2004; Bauer 2004; Bauer and Newman 2004).

El apareamiento entre organismos es generalmente sencillo pero puede incluir conductas complejas y por veces muy agresivas como en el caso de *Lysmata debelius* (Rufino and Jones 2001a; Simoes and Jones 1999a). Cuanto a la conducta de copula, existen pocas descripciones que incluyan a *Lysmata wurdemanni* (Bauer and Holt 1998), *Lysmata californica* (Bauer and Newman 2004), *Lysmata debelius* (Simoes and Jones 1999b) y *Stenopus hispidus* (Zhang *et al.* 1998a). Zhang *et al.* (1998a) describieron el comportamiento reproductivo de *Stenopus hispidus* presentando datos de fecundidad relativa. Simoes y Jones *et al.* (1999b) describieron el comportamiento reproductivo de *Lysmata amboinensis* en cautiverio, y confirman los estudios anteriores sobre la necesidad de desarrollar protocolos de apareamiento de las parejas reproductoras que disminuyan encuentros agonísticos fatales.

Los adultos de *Lysmata amboinensis* y *L. debelius* presentan una estrecha asociación entre el ciclo de muda y su ciclo reproductivo (Simoes *et al.* 1998b), a semejanza del proceso complejo de reproducción previamente descrito en detalle por Bauer y Holt para *L. wurdemanni* (1998). Su complejo ciclo reproductivo se basa en un hermafroditismo protándrico simultáneo, lo que implica que ambos individuos en una pareja funcionan como macho y hembra al mismo tiempo, teniendo gónadas desarrolladas de ambos sexos durante una parte de su ciclo de vida (Bauer and Holt 1998; Bauer 2000; Lin and Zhang 2001a). Así, un individuo muda en la noche después de haber liberado todas las larvas. Mientras está recién mudado, el segundo individuo de la pareja, cargando huevos fecundados aunque no todavía completamente desarrollados, le inserta el espermátforo al primer individuo, por tanto, ejerciendo el papel de macho. Entonces, el primer individuo vacía los óvulos de su gónada femenina a los pereiópodos, donde son fecundados por el espermátforo recién insertado. El primer individuo continuará cargando los huevos recién fecundados esperando que su pareja libere sus larvas y mude. Una vez que esto ocurra, el segundo individuo estará listo para recibir el espermátforo del primero. Este ciclo se encuentra descrito en detalle con imágenes y esquemas en los trabajos de Bauer y coautores (1998; 2000; 2002b; 2002a), así como en los trabajos de Simoes *et al.* (1999b; 1999c; 1999a; 1998b). Este peculiar sistema reproductivo

conlleva a ritmos de producción de larvas estables, con intervalos entre desoves repetibles y siempre asociados al evento de la muda.

El efecto de la ablación de uno o dos de los pedúnculos oculares de *Stenopus hispidus*, también ha sido estudiado, y se confirmó una reducción en el tiempo de inter-muda, así como una reducción del periodo de maduración de la gónada (Zhang *et al.* 1997a). Sin embargo, este efecto se pierde gradualmente con el tiempo e induce stress fisiológico a los animales, aumentando la tasa de mortalidad. De acuerdo con la literatura, *Lysmata amboinensis*

Tabla 4 – Potencial de reproducción de varias especies de *Lysmata* y otras especies similares (DECAPODA: PALAEMONIDAE). Números entre paréntesis representan máximos. * - fecundidad relativa (N huevos/g peso fresco hembra).

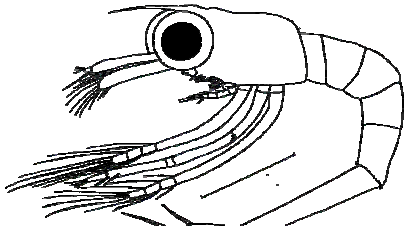
Especie	Fecundidad	Intervalo entre desoves (días)	Tiempo desarrollo larval (días)	Cita
<i>Lysmata wurdemanni</i>	1202 (1707)	9-11	30-67	(Crompton 1992; Crompton 1994)
“			90-110	Zhang et al., unpublished
“			25-36	(Zhang et al. 1998d)
“			43	(Kurata 1970)
“			22	(Calado et al. 2003b)
“			110	(Goy 1991)
<i>L. amboinensis</i>			140	(Fletcher et al. 1995)
		14-18		(Yasir 1995)
“	400 (1650)		142	(Kotter 1997)
<i>L. debelius</i>	350 (1650)		77-105	(Fletcher et al. 1995)
“	500 (1600)		99	(Kotter 1997)
“	400-500 (1500)	14-16		(Yasir 1995)
<i>L. seticaudata</i>			43	(Couturier-Bhaud 1974)
“			27	(Calado et al. 2003b)
<i>L. rathbunae</i>			25-35	(Zhang et al. 1998d)
“	-		14	(Wilkerson 1995)
<i>Hymenocera picta</i>			28-56	(Kraul 1999)
<i>Stenopus hispidus</i>			120-210	(Fletcher et al. 1995)
“	180		123	(Kotter 1997)
“	1229 (2320)*			(Zhang et al. 1998a)
“		11-15; 15-27		(Zhang et al. 1997a)
“	2,557 ± 337			(Chockley and St Mary 2003)
<i>Stenopus scutellatus</i>			43-70	(Zhang et al. 1997b)
“	806-1589*			(Lin and Shi 2002)

5.7 Descripción de los estadios larvarios

El desarrollo larvario en los géneros *Lysmata*, *Periclimenes* y *Stenopus* sigue el patrón general de los camarones carideos. Los huevos normalmente son cargados entre los pleópodos de la hembra durante la embriogénesis y eclosionan en una Zoea 1 (Fig. 2 A) mucho más avanzada que las de los camarones peneidos, ya que cuentan con por lo menos tres pares de patas torácicas y birrameas

completamente funcionales (Knowlton 1974). Las zoeas mudan varias veces aumentando en tamaño y desarrollando otros apéndices natatorios y de alimentación, y se presentan importantes cambios en los órganos internos, sobretodo relacionados con el tubo digestivo y hepatopáncreas (Sangha 1996). Terminan su desarrollo larvario cuando efectúan la última metamorfosis a un estadio de postlarva donde prácticamente todas las estructuras de los adultos están presentes (Wunsch 1996). Las zoeas de *Lysmata spp.* pueden diferenciarse de otros géneros de la familia Hippolitidae por la presencia de un 5^{to} par de pereopodos largos y muy expandidos (Williamson 1957)(Fig. 4 C).

A



desconocen las descripciones de los estadios larvarios de la mayor parte de las especies comercializadas. Para *Stenopus hispidus* apenas existen descripciones parciales a partir de muestras de plankton (Gurney 1936).

Los estadios larvarios de los camarones ornamentales son delicados y el periodo de desarrollo es muy largo alcanzando los 160 días para *Lysmata debelius*, 140 para *L. amboinensis* y 110 para *L. wurdemanni* (Tabla 5). En general, los Carídeos tienen un tiempo de desarrollo larval de más de 20 días y en promedio de 60 días (Tabla 5), pudiendo llegar a 210 días para *Stenopus hispidus* (Fletcher *et al.* 1995). Tienen en promedio de 8 a 10 estadios de desarrollo de zoea, y cada zoea tarda en mudar al siguiente estadio de 4 a 8 días (Knowlton 1974). Estas características son típicas de especies que liberan las larvas en corrientes oceánicas para garantizar su máxima distribución (Bauer 2004).

Tabla 5 – Duración de las etapas larvales de varias especies de *Lysmata*.

Espece	Tiempo de desarrollo larval (días)	Cita
<i>Lysmata wurdemanni</i>	30-67	(Crompton 1992; Crompton 1994)
“	90-110	(Zhang <i>et al.</i> , unpublished)
“	25-36	(Zhang <i>et al.</i> 1998d)
“	43	(Kurata 1970)
“	22	(Calado <i>et al.</i> 2003b)
“	110	(Goy 1991)
<i>L. amboinensis</i>	140	(Fletcher <i>et al.</i> 1995)
“	142	(Kotter 1997)
<i>L. debelius</i>	77-105	(Fletcher <i>et al.</i> 1995)
“	99	(Kotter 1997)
<i>L. seticaudata</i>	43	(Couturier-Bhaud 1974)
“	27	(Calado <i>et al.</i> 2003b)
<i>L. rathbunae</i>	25-35	(Zhang <i>et al.</i> 1998d)
“	14	(Wilkerson 1995)
<i>L. anchisteus</i>	30	(Knowlton and Alavi 1995)

Para el género *Lysmata*, los distintos estadios pueden ser fácilmente identificados y diferenciados usando los dibujos (Fig. 2) y criterios propuestos por Wunsch (1996), y que han sido organizados

en una tabla por Kotter (1997) y Hardman (1999) (Tabla 6). Las larvas del género *Lysmata* son generalmente coloridas con un naranja pálido en Zoea 1, que después se convierte en un conjunto de cromatóforos bien identificados de coloración rojiza, sobretodo para las larvas de *L. debelius*. A partir de los estadios de Zoea 3-5 desarrollan el quinto par de pereopodos que se vuelve extremadamente largo (Fig. 2 C). Estudios hechos con estos estadios larvarios han demostrado que estas estructuras largas y en forma de “remo” son usadas por las larvas para dar vueltas de 360° en el despliegue de su conducta alimentar y/o con maniobras de escape de los predadores, ya que en una situación de máximo riesgo pueden perder dichos apéndices por autotomía (Rufino and Jones 2001b).

Tabla 6 – Resumen de las características morfológicas más importantes para identificar los distintos estadios de desarrollo larvario de *Lysmata amboinensis* correctamente y de manera practica (basado en Wunsch 1996; Hardman 1999). P5 – quinto par de pereiópodos terminando en forma de “remo”.

Estadio	Largo total aprox. (mm)	Características morfológicas para la identificación
Zoea 1	2.6	Ojos no pedunculados (sésiles); sin urópodos
Zoea 2	2.9	Ojos pedunculados; sin urópodos
Zoea 3	3.2	Urópodos presentes; par interior más pequeño; telson triangular; gema P5
Zoea 4	3.4	P5 desarrollado pero pequeño; telson casi rectangular
Zoea 5	3.6	P5 completamente desarrollado; “remo” aumentó de tamaño; anténulas: flagelos 70% del largo del pedúnculo; telson rectangular
Zoea 6	3.8	P5 mayor (1.5 veces el largo del cuerpo); anténulas: flagelos tan largos como el pedúnculo; telson ligeramente puntiagudo
Zoea 7	4.1	P5 mas que 1.5 veces el largo del cuerpo; anténulas: flagelos 1.5 veces más largos que el pedúnculo; telson puntiagudo (base 2 veces mayor que la punta)
Zoea 8	4.4	Anténulas: flagelos casi 2 veces mas largos que el pedúnculo

5.8 Larvicultura

De acuerdo a una revisión reciente de Calado *et al.* (2003a), únicamente se encuentran establecidas las técnicas y protocolos de cultivo de tres especies del género *Lysmata*: *L. rathbunae*, *L. wurdemani* y *L. seticaudata*. De acuerdo a los mismo autores actualmente se están desarrollando técnicas y protocolos para cultivo a escala comercial de *L. amboinensis*, *Thor amboinensis* y

Stenopus hispidus, aunque la investigación se encuentra en estado preliminar. No existen, sin embargo, reportes ni hay conocimiento de que se esté desarrollando investigación con el objetivo de cultivar *Periclimenes yucatanicus* o *P. pedersoni* a escala comercial.

En el medio natural, las larvas eclosionadas pasan un periodo muy largo formando parte del plancton para garantizar una dispersión adecuada y permitir la selección del sustrato ideal para su asentamiento cuando pasen a ser bentónicas. Los estadios larvarios de estos organismos son delicados, y en cautiverio el periodo de desarrollo larval es muy largo alcanzando los 143 días para *Lysmataamboinensis* (Wunsch 1996). De todos los Carídeos ornamentales cultivados de los que hay reportes publicados, este es el periodo más largo con la única excepción de *Stenopus hispidus* que llega a pasar 220 días antes de efectuar la última muda metamórfica y adquieren un estilo de vida bentónico (Tabla 5). Otra especie que ha presentado periodos de cultivo larvario muy largos es *L. debelius* que llega a alcanzar 110 días de desarrollo larvario (Tabla 5). Otras especies como *L. wurdemanni* han sido cultivadas alcanzando la primera postlarva en solo 22 días (Tabla 5). No existe información de la duración y número de etapas larvarias de *Periclimenes yucatanicus*, *P. pedersoni* y *Thoramboinensis*.

Tabla 7 – Densidad de siembra y condiciones de cultivo de larvas de varias especies de camarones carideos. (Zhang *et al.* 1998c) * cada dos días.

Especie	Densidad (larvas l ⁻¹)	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	pH	Volumen (l)	Recambio de agua (% diario)	Cita	
<i>Lysmata amboinensis</i>	15	15, 20, 25, 30	34-35	7.9 – 8.4	2	100	(Kotter 1997)	
	28.5	26	34-35	7.9 – 8.4	2	100	(Kotter 1997)	
		± 27	± 32	± 8.2			(Fletcher <i>et al.</i> 1995)	
<i>Lysmata debelius</i>	12.5 y 25	27-29	34-35	7.9-8.4	2	100	(Sangha 1996)	
	25, 50, 75, 100	26-28	35.3-35.6	8.0-8.2	2	100*	(Simoes <i>et al.</i> 2003b)	
	15, 30, 45, 50, 60	22, 24, 26, 28	20, 25, 30, 35				(Kotter 1997)	
<i>Lysmata wurdemani</i>		± 27	± 32	± 8.2			(Fletcher <i>et al.</i> 1995)	
	6	29	33-35		2.5		(Zhang <i>et al.</i> 1998d)	
	1	26-30	30		0.2		(Zhang <i>et al.</i> 1998d)	
	20 - 30	25-27	30-36			1-150	25-90	(Crompton 1992)
		28-30	30-35					(Creswell and Lin 1997)
		27-29	31-33			220ml		(Lin and Zhang 2001b)
	1	27-28	31			20		(Zhang <i>et al.</i> 1998c)
8	26±1	35±1					(Calado <i>et al.</i> 2003b)	
<i>Stenopus scutellatus</i>	1-2	27	30			25-75	(Lin and Zhang 2001a)	
		26.5-29	28-30		2.5	50	(Zhang <i>et al.</i> 1997b)	
	8	27-28	32-36				(Lin and Shi 2002)	
<i>Stenopus hispidus</i>		± 27	± 32	± 8.2			(Fletcher <i>et al.</i> 1995)	

Simoes, N. 2004. Revisión de la Biología, Alimentación y Reproducción de Camarones Ornamentales de la Península de Yucatán, México (Crustacea: Decapoda: Caridae). In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México

En cautiverio, la etapa larvaria de los camarones ornamentales, con algunas pocas excepciones (*L. wurdemanni*), presenta altas mortalidades, sobre todo en los estadios más tempranos como resultado de problemas con la alimentación y el canibalismo (Fletcher *et al.* 1995; Kotter 1997; Lin *et al.* 2001; Simoes *et al.* 2003b; Yasir 2001; Zhang *et al.* 1997b; Zhang *et al.* 1998c; Hardman 1999; Rufino and Jones 2001b). El proceso de cría larval se ha conseguido completar en condiciones de laboratorio para *Lysmata amboinensis* por Wunsch (1996). Sin embargo, los resultados fueron pobres, registrándose una altísima mortalidad (99%). Además existen otros problemas, como son un periodo larval muy largo, la extrema dificultad en conseguir inducir la última muda metamórfica (cuando la Zoea 10 planctónica pasa a postlarva bentónica) (Wunsch 1996), y el alto nivel de canibalismo de las larvas de *L. amboinensis*. Una de las hipótesis avanzadas para explicar el alto grado de canibalismo consiste en que dichas larvas son altamente carnívoras y en cautiverio pueden momentáneamente existir pocas presas disponibles (Rufino and Jones 2001b). La mejor manera de reducir los efectos letales del canibalismo ha sido incrementar el volumen de cultivo reduciendo las densidades de siembra. Esta reducción resulta dramática especialmente cuando se compara con el cultivo de otros crustáceos como los camarones peneidos (100-200 protozoos L^{-1}) (Emmerson and Andrews 1981). En general los mejores resultados para todas las especies se han obtenido con densidades de siembra menores a 20 larvas L^{-1} (Tabla 7). Se ha llegado a cultivar algunas especies como *L. debelius* y *L. wurdemanni* con densidades tan bajas como 1 larva L^{-1} (Tabla 6). Kotter (1997) ha sido la única autora que ha probado el efecto de la densidad de siembra en la supervivencia de larvas de *L. debelius*, obteniendo resultados que demuestran que éste es un factor fundamental, cuando no el más importante, durante el cultivo de los primeros estadios larvarios. A una densidad de 60 larvas L^{-1} dicha autora obtuvo una sobre vivencia de 30% al final de 35 días, mientras que con 30 larvas L^{-1} al final del mismo periodo obtuvo una supervivencia de 70%.

Los intervalos de temperatura, salinidad, pH, volúmenes usados y porcentajes de recambio de agua están resumidos en la Tabla 7. El recambio del agua parece ser un aspecto importante en el cultivo de larvas de estos organismos ya que requieren de agua oceánica con turbidez reducida. Además, el recambio de agua constituye un método efectivo para recambiar el alimento vivo (nauplios de *Artemia*, rotíferos, microalgas) de tal modo que tengan siempre alimento fresco y con alto contenido energético.

Tabla 8 – Protocolos de alimentación de larvas de *Lysmata* y respectivas supervivencias en distintos periodos experimentales. “n” – nauplios de *Artemia* recién eclosionados, “mte” – metanauplios de *Artemia* enriquecidos. Zhang et al. (1998) utilizaron *Chaetoceros gracilis* como microalgas; nemátodos pertenecientes a la especie *Panagrellus redivivus*;* denota nemátodos pigmentados.

Especie	Estadio larval	Tipo de alimento	Cantidad (ml ⁻¹)	sobre vivencia (%)	Periodo (días)	Cita
<i>L. wurdemanni</i>	Zoea II	<i>Artemia</i> n	5-10	2.5	12	(Zhang et al. 1998b)
		Rotíferos	10-15	4.1		(Zhang et al. 1998b)
		Microalgas	50,000-100,000	2.9		(Zhang et al. 1998b)
<i>L. debelius</i>		Nematodos	5-10	31.1%	22	(Kotter 1997)
“		Nematodos	5-10	73.3%	16	(Kotter 1997)
“		Nematodos*	5-10	83.3	16	(Kotter 1997)
“		<i>Artemia</i> n	5	21.1%	22	(Kotter 1997)
“		<i>Artemia</i> n	5	79.8/ml	16	(Kotter 1997)
“		<i>Artemia</i> mte	5	76.7	16	(Kotter 1997)
<i>L.amboinensis</i>		Rotíferos	5	1.8%	16	(Kotter 1997)
“		<i>Artemia</i> n	4-5	1.2%	16	(Kotter 1997)

Los nauplios de *Artemia* recién-eclosionados o enriquecidos con distintos productos han sido la base de la alimentación de larvas de camarones ornamentales (Tabla 8). También se han usado rotíferos y nemátodos con buenos resultados (Fletcher et al. 1995). La gran mayoría de los reportes han usado densidades de presas entre 3 y 10 organismos ml⁻¹ (Tabla 9). En términos generales estas densidades fueron probadas de manera empírica adaptando las concentraciones ofrecidas a larvas de camarones peneidos, pero sin antes investigar los requerimientos reales de densidad de presas y su efecto en la tasa de ingestión y en la bioenergética de la alimentación, tal como se hizo para las larvas de camarones peneidos en un inicio (Emmerson 1984; Kurmaly et al. 1989a; Kurmaly et al. 1989b). Para los camarones carideos, los pocos estudios sobre el requerimiento en términos de densidad de presas, así como el cálculo de tasas de ingestión se han concentrado en especies de interés comercial para consumo humano como *Macrobrachium rosenbergii* y *Palaemon serratus* (Tabla 9). Zhang et al. (1998c), en el único estudio para larvas de camarones ornamentales, probaron el efecto de densidades de presas de 3 a 5 nauplios ml⁻¹ en la tasa de ingestión de Zoeas₂ a

Zoeas₇ de *L. wurdemanni*. Sin embargo, estos autores no estudiaron el efecto de la densidad de presas en la tasa de ingestión, ni las consecuencias en términos bioenergéticos de las tasas de ingestión calculadas. Tomando en cuenta las diferencias en tamaño, morfología y cantidad de tiempo que pasan en el plankton los estadios larvarios de distintas especies, entonces seguramente existirán importantes diferencias en los requerimientos y procesos energéticos del proceso de alimentación entre especies y entre estadios ontogénicos.

Tabla 9. Alimentación de larvas de diferentes especies de *Lysmata* y otros géneros similares (CRUSTACEA: DECAPODA: CARIDEA: HIPPOLYTIDAE) con nauplios de *Artemia* a diferentes densidades. Q.D.= Quistes descapsulados n= nauplio enriquecidos mtn-meta nauplios PZ₃=Protozoa₃ M_{1,3} = Mysis_{1,3} PL₁₋₁₄= Postlarva₁₋₁₄ * = n mm⁻¹ h⁻¹ (adaptado de Jiménez-Ramos 2003).

ESPECIE	DENSIDAD ml ⁻¹	INGESTIÓN (n larva h ⁻¹)	ESTADIO	AUTOR
<i>Lysmata wurdemanni</i>	3-5	4.16-6.25	Zoea _{2,7}	Zhang <i>et al.</i> (1998c)
“	5-10		Zoeas	(Zhang <i>et al.</i> 1998d)
“	1		Zoeas	(Crompton 1992)
“	5 mtn		Zoeas tardías	(Calado <i>et al.</i> 2003c)
<i>Lysmata debelius</i>	5-10		Zoeas	(Kotter 1997)
“	5		Zoeas	(Hardman 1999)
“	5-10		Zoeas	(Sangha 1996)
“	3		Zoea _{1,3}	(Simoes <i>et al.</i> 2003b)
“	5		Zoea _{1,3}	(Simoes <i>et al.</i> 2003b)
<i>Lysmata amboinensis</i>	5-10		Zoeas	(Kotter 1997)
<i>Lysmata seticaudata</i>	5 mtn		Zoeas tardías	(Calado <i>et al.</i> 2003c)
<i>Stenopus hispidus</i>	5-10		Zoeas	(Kotter 1997)
<i>Stenopus scutellatus</i>	5		Zoeas	(Zhang <i>et al.</i> 1997b)
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	5-10	0.65	Zoea _{1,11}	Moller(1978)
“	5-10	12.6	PL	Moller (1978)
“	10-15	3.5	Zoea _{2,10}	Kumlu and Jones (1995)
“	2-12	0.38-3.42	Zoea _{2,11}	Barros and Valenti (2003)
<i>Paleomon serratus</i>	0.05-0.2	1.5	Larvas ₁₋₆	Revé (1969)
“	1-15	0.58-3.62	Zoea _{1,9}	Yúfera and Rodríguez (1985)

De acuerdo a los esquemas alimentarios propuestos por Fletcher *et al.* (1995) y Zhang *et al.* (1998c) a las larvas de *Lysmata spp.* y *Stenopus spp.* no se les proporciona alimento durante el primer día de vida, ya que de acuerdo con esos autores las larvas viven de las reservas vitelinas y todavía no han abierto la boca al ambiente exterior. Sin embargo, recientemente, Simoes *et al.* (2003a) han contrariado estas observaciones registrando la inclusión de microalgas en el tracto digestivo de larvas de *Lysmata debelius* desde pocas horas después de la eclosión. En estos trabajos Simoes *et al.* (2003a) obtuvieron mejoras significativas en la sobrevivencia de los primeros estadios larvales, cuando eran alimentados desde el primer día después de la eclosión. Sería interesante confirmar si esta hipótesis se mantiene para las demás especies usando observaciones de microscopía de campo claro y microscopía electrónica de barrido.

6 - Conclusiones y Recomendaciones para trabajos futuros

Los próximos retos para el mantenimiento y reproducción de adultos de camarones ornamentales en cautiverio son aumentar su longevidad, su fecundidad y disminuir el periodo entre cada desove. La manera de abordar esta problemática actualmente está basada en el uso de tipos de alimento fresco de alto precio como biomasa de *Artemia*, krill y mysidáceos, poliquetos, etc., lo cual conlleva a una disminución en la rentabilidad de la cadena productiva. El uso, aunque parcial y complementario, de dietas artificiales bajaría los costos de producción en gran medida. Para el mantenimiento de adultos de las especies comensales de anémonas existe también el reto de mantener ambas especies en cautiverio en buenas condiciones de salud. En el mismo tenor, existe la necesidad de conocer y ser capaces de llevar a cabo la aclimatación de los camarones a las anémonas hospederas, ya que el proceso no es sencillo ni directo. Otro potencial problema es la obtención de las larvas producidas sin alterar las condiciones óptimas de mantenimiento de los adultos. Para eso será necesario instrumentar sistemas tecnológicos que faciliten el proceso de cosecha de larvas.

Cuanto a la larvicultura, existe la necesidad de determinar las densidades de siembra y tasas de ingestión (de varios alimentos) óptimas, mejorar los protocolos alimentarios, tanto en lo que se refiere a las cantidades ofrecidas, como al tipo y calidad de los alimentos. Para comprender mejor estos aspectos, es de importancia crucial contar con información sobre la ontogenia del tracto digestivo y de la producción de enzimas digestivas. Es igualmente importante obtener información sobre la bioenergética de las distintas etapas larvales, de manera que se conozcan mejor los requerimientos energéticos específicos de cada especie y estadio larval. Es vital probar varios diseños de sistemas de cultivo para minimizar la mortalidad por canibalismo y aumentar la eficiencia de la alimentación. Dado el problema del alto precio y los grandes volúmenes de los quistes de *Artemia* requeridos, el gasto para alimentar a las larvas con nauplios de *Artemia* sobre la base de cálculos volumétricos, puede crear problemas muy serios de rentabilidad de la producción de larvas. Una alternativa es cosechar el excedente de nauplios no ingeridos cuando se hacen los recambios de agua y utilizarlos para crecimiento de biomasa de adultos de *Artemia*, que alimentados con microalgas y/o otros productos pueden servir para la alimentación de los camarones reproductores, cerrando así el ciclo y aumentando la rentabilidad de la producción. Además, sería interesante investigar los efectos de la temperatura en el desarrollo larvario, ya que se puede

hipotetizar que un aumento en la temperatura acelera el proceso. Sería igualmente interesante hacer estudios relacionados con la forma de identificar elementos en el agua o en el sustrato que pudieran servir como indicadores de la última muda metamórfica, aislar tales elementos y luego utilizarlos como aceleradores del asentamiento de las postlarvas al sustrato, reduciendo el tiempo de cultivo larvario.

Por último, el estudio de los requerimientos nutricionales de los juveniles tiene que ser dirigido a alcanzar las tasas de crecimiento máximas durante estas etapas para disminuir el periodo de tiempo entre la obtención de la primera post-larva y el tamaño mínimo para el mercado de acuarofilia ornamental de especies marinas.

7 - Literatura Citada

- Abele LG, Kim W (1986) 'An illustrated guide to the marine decapod crustaceans of Florida.' (State of Florida Department of Environmental Regulation:
- Anónimo (2001) Especies marinas de ornato del Golfo de California. In 'Sustentabilidad y pesca responsable en Mexico: Evaluacion y Manejo'. (Ed. varios) pp. 878-914. (Instituto Nacional de la Pesca - SAGARPA: Mexico DF)
- Baeza JA, Bauer RT (2004) Experimental test of socially mediated sex change in a protandric simultaneous hermaphrodite, the marine shrimp *Lysmata wurdemanni* (Caridea: Hippolytidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **55**, 544-550.
- Balboa C (2003) The consumption of marine ornamental fish in the United States: a description from US import data. In 'Marine Ornamental Species: Collection, Culture and Conservation.'. (Eds J Cato and C Brown) pp. 65-76. (Iowa State Press, Ames, USA.)
- Barros HP, Valenti WC (2003) Ingestion rates of the Artemia nauplii for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* **217**, -1.
- Bauer RT (2004) 'Remarkable Shrimps: Adaptations and Natural History of the Carideans.' (University of Oklahoma Press:
- Bauer RT (2002a) Reproductive ecology of a protandric simultaneous hermaphrodite, the shrimp *Lysmata wurdemanni* (Decapoda:Caridea: Hippolytidae). *Journal of crustacean biology*. **22** (4), 742-749.
- Bauer RT (2002b) Tests of Hypotheses on the Adaptive value of an Extended Male Phase in the Hermaphroditic shrimp *Lysmata wurdemanni* (Caridea:Hippolytidae). *Biological Bulletin* **203**, 347-357.
- Bauer RT (2000) Simultaneous hermaphroditism in caridean shrimps: a unique and puzzling sexual system in the Decapoda. *Journal of Crustacean Biology* **20**, 116-128.
- Bauer RT, Holt GJ (1998) Simultaneous hermaphroditism in the marine shrimp *Lysmata wudermanni* (Caridea: Hippolytidae): An undescribed sexual system in decapod Crustacea. *Marine Biology* **132**, 223-235.
- Bauer RT, Newman WA (2004) Protandric simultaneous hermaphroditism in the marine shrimp *Lysmata californica* (Caridea: Hippolytidae). *Journal of Crustacean Biology* **24**, 131-139.
- Berggren M (1993) *Spongiocaris hexactinellicola*, a new species of stenopodidean shrimp (decapoda: stenopodidae) associated with hexactinellid sponges from tartar bank, Bahamas. *Journal of Crustacean Biology* **13**, 784-792.
- Bruce AJ (1975) Coral reef shrimps and their color patterns. *Endeavour* **34**, 23-27.
- Bruce AJ (1980) *Periclimenes carinidactylus* Bruce, a crinoid-associated pontoniine shrimp, from south Australia. *Crustaceana* **38**.
- Bruce AJ (1974) On *Lysmata grabhami* (Gordon), a widely distributed tropical hippolytid shrimp (Decapoda, Caridea). *Crustaceana* **27**, 107-109.
- Bruce AJ, Zmarzly DL (1983) *Periclimenes pilipes*, New Species, a Crinoid Associate from Enewetak Atoll, Marshall Islands (Crustacea: Decapoda: Pontoniinae). *Journal of crustacean biology*. **3** (4), 644-654.
- Bunkley-Williams L, Williams EH (1998) Ability of cleaner shrimp to remove juveniles of the parasitic Cymothoid isopod, *Anilocra haemuli*, from the host. *Crustaceana* **71**, 862-869.
- Bunting B, Holthus P, Spalding S (2003) The marine aquarium industry and reef conservation. In 'Marine Ornamental Species: Collection, Culture and Conservation'. (Eds J Cato and C Brown) pp. 109-124. (Iowa State Press, Ames, USA.)
- Calado R, Lin J, Rhyne AL, Araújo R, Narciso L (2003a) Marine Ornamental Decapods- Popular, Pricey, and Poorly Studied. *Journal of crustacean biology*. **23** (4), 963-973.
- Calado R, Narciso L, Morais S, Rhyne AL, Lin J (2003b) A rearing system for the culture of ornamental decapod crustacean larvae. *Aquaculture* **218**, 329-339.
- Calado R, Narciso L, Rhyne AL, Lin J (2003c) A rearing system for the culture of ornamental decapod crustacean larvae. *Aquaculture* **218**, 329-339.
- Chace FA (1958) A new shrimp of the genus *Periclimenes* from the West Indies. *Proceedings of the Biological Society of Washington* **71**, 125-130.
- Chace FAJr (1972) The shrimps of Smithsonian Bredin Caribbean Expedition with a summary of the west Indian shallow water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology* **98**, 1-165.
- Chockley BR, St Mary CM (2003) Effects of Body Size on Growth, Survivorship, and Reproduction in the Banded Coral Shrimp, *Stenopus hispidus*. *Journal of crustacean biology*. **23** (4), 836-848.
- Christoffersen ML (1998) Malacostraca. Eucaridea. Caridea. Crangonoidea and Alpheoidea (except Glyphocrangonoidea and Crangonoidea). In 'Catalogue of rustacea of Brazil'. (Ed. PS Young) pp. 351-372. (Museu Nacional: Rio de Janeiro)

- Christoffersen ML (1987) Phylogenetic relationships of hippolytid genera, with an assignment of new families for the Cangronoidea and Alpheoidea (Crustacea, Decapoda, Caridea). *Cladistics* **3**, 348-362.
- Couturier-Bhaud Y (1974) Cycle biologique de *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacé, Décapode). II - Sexualité et reproduction. *Vie Milieu* **24**, 413-422.
- Couturier-Bhaud Y (1975) Study of colour change of *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacea, Decapoda). Evolution of the colour pattern during its larval development. *Vie Milieu* **25**, 59-66.
- Crawford JA (1992) Acclimation of the shrimp, *Periclimenes anthophilus*, to the giant sea anemone, *Condylactis gigantea*. *Bulletin of Marine science*. **50**, 331-341.
- Creswell RL, Lin J (1997) 'Cultivation of ornamental marine shrimp for the saltwater aquarium industry.'
- Criales MM (1979) Ecología y etología de los camarones limpiadores de peces *Periclimenes pedersoni* Chace y *Lysmata grabhami* (Gordon) en la Bahía de Santa María (Colombia). *Acta Científica Venezolana* **30**, 570-576.
- Criales MM (1984) Shrimps associated with coelenterates, echinoderms, and molluscs in the Santa Marta region, Colombia. *Journal of Crustacean Biology* **4**, 307-317.
- Criales MM, Corredor L (1977) Aspectos etológicos y ecológicos de camarones limpiadores de peces (Natantia: Palamonidae, Hippolytidae, Stenopodidae). *Anales Instituto Investigacion Marina de Punta Betin* **30**, 570-576.
- Crompton WD (1992) Laboratory culture and larval development of the peppermint shrimp, *Lysmata wudermanni* Gibbs (Caridea: Hippolytidae). Corpus Christi State University.
- Crompton WD (1994) Laboratory culture and larval development of the peppermint shrimp, *Lysmata wudermanni* (Caridea: Hippolytidae). *Pacific Science* **42**, 202.
- Dardeau MR, Adkinson DL, Shaw JK, Hopkins TS (1980) Notes on the distribution of four caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) in the northeastern Gulf of Mexico. *Florida Scientist* **43**, 54-57.
- Dayton L (1995) The killing reefs. *New Scientist* **11**, 11-15.
- Debelius H (1983b) Grobkrebse im Aquarium. 11: Teil: Über die Gattung *Lysmata*. *Aquar.Terrar.Z.* **36**, 105-112.
- Debelius H (1983a) Grobkrebse im Aquarium. 11: Teil: Über die Gattung *Lysmata*. *Aquar.Terrar.Z.* **36**, 105-112.
- Debelius H, Baensch HA (1992) 'Marine Atlas - The joint aquarium care of invertebrates and tropical marine fishes.' (Mergus Press: Melle)
- DeMan JD (1887a) Bricht über die von Herrn Dr. Brock im Indischen Archipel Gesammelten Decapoden und Stomatopoden. *Arch.Naturgeschichte* **53**, 215-600.
- DeMan JD (1888) Bericht über die von Herrn Dr. J. Brock im indischen Archipel gesammelten Decapoden und Stomatopoden. *Arch.Naturgeschichte* **53**, 215-600.
- DeMan JD (1887b) Bricht über die von Herrn Dr. Brock im Indischen Archipel Gesammelten Decapoden und Stomatopoden. *Arch.Naturgeschichte* **53**, 215-600.
- Edwards A (1988) Preliminary Report on the Aquarium Fish Trade of the Republic of Maldives. *University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, UK.* 22.
- Emmerson WD (1984) Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture* **38**, 201-209.
- Emmerson WD, Andrews B (1981) The effect of stocking density on the growth, development and survival of *Penaeus indicus* Milne Edwards larvae. *Aquaculture* **23**, 45-57.
- Faulkner D, Smith CL (1970) 'Cleaning Symbiosis. The hidden Sea.' (Viking Press: New York)
- Fautin DG, Guo C-C, Hwang J-S (1995) Costs and benefits of the symbiosis between the anemone shrimp *Periclimenes brevicarpalis* and its host *Entacmaea quadricolor*. *Marine Ecology Progress Series.* **129**, 77-84.
- Feder HM (1966) Cleaning symbiosis in the marine environment. In 'Symbiosis - Volume I - Associations of Microorganisms, Plants, and Marine Organisms'. (Ed. SM Henry) pp. 327-380. (Academic Press: New York, London)
- Fletcher DJ, Kotter I, Wunsch M, Yasir I (1995) Preliminary observations on the reproductive biology of ornamental cleaner prawns. *International Zoology Yearbook* **34**, 73-77.
- Fransen CHJM (1989) Notes on the caridean shrimps collected during the Snellius-II expedition. I, Associates of Anthozoa. *Netherlands Journal of Sea Research* **23**, 131-147.
- Gibbes LR (1850) On the carcinological collections of the United States, and an enumeration of the most remarkable, and descriptions of new species. *Proceedings of the American Association for the Advancement of Science* **3**, 167-201.
- Gordon I (1935) On new or imperfectly known species of Crustacea Macrura. *Linnean Journal - Zoology* **XXXIX**, 307-351.
- Gore RH, Van DCL, Factor jr (1981) Estudios on decapod crustacea from the Indian river region of Florida. XVIII. Rediscovery of *periclimenes* (*Periclimenes*) *pandionis* Holthuis, 1951(caridea, palaemonidae) with notes on the males and zoal stages. *Crustaceana* **40**.
- Goy JW (1991) Components of reproductive effort and delay of larval metamorphosis in tropical marine shrimp

- (Crustacea: Decapoda: Caridea and Stenopodidea). Texas A&M University.
- Graham T (1996) Managing Palau's aquarium fishery. *Secretariat of the Pacific Community Live Reef Fish Information Bulletin*, **1**, 13-18.
- Green E, Shirley F (1999) The Global Trade in Coral. *UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK*. 70.
- Guo CC, Hwang JS, Fautin DG (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.
- Gurney R (1936) Larvae of decapod crustacea. Part I. Stenopidae. Part II. Amphionidae. Part III. Phyllosoma. *Discovery Reports, Cambridge* **12**, 377-440.
- Gwaltney CL, Brooks WR (1994) Host specificity of the anemoneshrimp *Periclimenes pedersoni* and *P. yucatanicus* in the Florida Keys. *Symbiosis* **16**, 83-93.
- Hardman JN (1999) Larval nutrition and culture of *Lysmata debelius* Bruce, with a note on postlarval development. University of Wales. U.K.
- Hayashi K (1975) *Hippolysmata grabhami* Gordon, a synonym of *Lysmata amboinensis* (De Man) (Decapoda, Caridea, Hippolytidae). *Seto Marine Biological Laboratory* **12**, 285-296.
- Heard RW, Spotte S (1991) Pontonine Shrimps (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) of the Northwest Atlantic. II. *Periclimenes patae*, New Species, a Gorgonian Associate From Shallow Reef Areas off the Turks and Caicos Islands and Florida keys. *The Biological Society of Washington* **104** (1), 40-48.
- Hermkind W, Stanton G, Conklin E (1976) Initial characterization of the commensal complex associated with the anemone *Lebrunia danae* at Grand Bahama. *Bulletin of Marine Science* **26**, 65-71.
- Hoff F (2001) Future of Marine Ornamental Fish Culture. In '2nd International Conference on Marine Ornamentals: Collection, Culture and Conservation'. (Ed. varios) p. 55.
- Holt GJ (2001) Research on Culturing the Early Life Stages of Marine Ornamental Species. In '2nd International Conference on Marine Ornamentals: Collection, Culture and Conservation'. (Ed. varios) pp. 19-20.
- Holthuis LB (1993) 'The recent genera of the caridean and stenopodidean shrimps (class Crustacea, order Decapoda) with an appendix on the order amphionidacea.' (National Natuurhistorisch: Leiden)
- Holthuis LB (1946a) The stenopodidae, Nephropsidae, Scyllaridae and Palinuridae. The Decapoda Macrura of the Snellius Expedition. *Temminckia* **7**, 1-178.
- Holthuis LB (1946b) The stenopodidae, Nephropsidae, Scyllaridae and Palinuridae. The Decapoda Macrura of the Snellius Expedition. *Temminckia* **7**, 1-178.
- Holthuis LB (1951) The subfamilies Euryrhynchinae and Pontoniinae. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. *I. Occ. Pap. Allan Hancock Fdn.* **11**, 1-332.
- Holthuis LB (1959) The crustacea decapoda of Suriname (Dutch Guiana). *Zool. Verhand.* **44**, 1-296.
- Holthuis P (2001) Overview of the marine ornamentals trade in the region. Nature, scale and history of the marine ornamentals trade. In 'Sustainable Management of the Marine Aquarium Trade'. (Eds M Power and D Fisk) pp. 17-26. (South Pacific Regional Environment Programme, Western Samoa.)
- Hubschman J.H., Broad AC (1974) The larval development of *Palaemonetes intermedius* Holthuis, 1949 (Decapoda, Palaemonidea) reared in the laboratory. *Crustaceana* **26**, 89-103.
- Ives JE (1891) Crustacea from the northern coast of Yucatan, the harbor of Veracruz, the west coast of Florida and the Bermuda Islands. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* **1891**, 176-207.
- Jiménez-Ramos Y (2003) Efecto de la densidad sobre la tasa de ingestión y la conducta predatoria de larvas y poslarvas de *Litopenaeus vannamei* alimentadas con *Artemia* spp. Ingeniería en Acuicultura División de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Johnson VRJr (1966) Pair formation in the banded shrimp, *Stenopus hispidus*. *American Zoologist* **6**, 534-535.
- Johnson VRJr (1977) Individual recognition in the banded shrimp *Stenopus hispidus* (Olivier). *Animal Behaviour* **25**, 418-428.
- Johnson VRJr (1969) Pair formation in the banded shrimp, *Stenopus hispidus*. *Pacific Science* **23**, 40-50.
- Jonasson M (1987) Fish cleaning behaviour of shrimp. *Journal of Zoology London* **213**, 117-131.
- Kenchington R (1985) Coral reef ecosystems: a sustainable resource. *Nature and Resources*, **21**, 18-27.
- Knowlton RE (1974) Larval developmental processes and controlling factors in decapod crustacea, with emphasis on Caridea. *Thalassia Jugoslavica* **10**, 138-158.
- Knowlton RE, Alavi MR (1995) The larval morphology of *Lysmata anchisteus* Chace (Crustacea: Decapoda) compared with other species of *Lysmata* spp. *Caribbean Journal of Science* **31**, 289-310.
- Kotter I (1997) Larval culture of *Lysmata amboinensis* (de Man 1888), *Lysmata debelius* (Bruce 1983) (Decapoda: Hippolytidae) and *Stenopus hispidus* (Decapoda: Stenopodidae). M.Sc. University of Bielefeld, Germany.
- Kraul S (1999) Commercial culture of the harlequin shrimp *Hymenocera picta* and other ornamental marine shrimps. In

- 'Marine Ornaments '99'. p. 50.
- Kumlu M, Jones DA (1995) Feeding and digestion in the caridean shrimp larva of *Palaemon elegans* Rathke and *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea: Palaemonidae) on live and artificial diets. *Aquaculture Nutrition* **1**, 3-12.
- Kurata H (1970) 'Studies on the life histories of decapod Crustacea of Georgia. Part. III. Larvae of Decapod Crustacea of Georgia.' University of Georgia Marine Institute, Final Report Sapelo Islands. Galapagos
- Kurmaly K, Jones DA, Yule AB, East J (1989a) Comparative analysis of the growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) larvae, from protozoa 1 to postlarva 1, on live feeds, artificial diets and on combinations of both. *Aquaculture* **81**, 27-45.
- Kurmaly K, Yule AB, Jones DA (1989b) An energy budget for the larvae of *Penaeus monodon* (Fabricius). *Aquaculture* **81**, 13-25.
- Levine DM, Blanchard OJ (1980) Acclimation of two shrimps of the genus *Periclimenes* to sea anemones. *Bulletin of Marine Science* **30**, 460-466.
- Limbaugh C, Pederson D, Chace FAJr (1961) Shrimps that clean fishes. *Bulletin of Marine Science Gulf Caribbean* **11**, 237-257.
- Limbaugh D (1961) Cleaning symbiosis. *Scientific American* **205**, 42-49.
- Lin J (2001) Overview of Marine Ornamental Shrimp Aquaculture. In '2nd International Conference on Marine Ornaments: Collection, Culture and Conservation'. (Ed. varios) pp. 63-66.
- Lin J, Shi P (2002) Effect of broodstock diet on reproductive performance of the golden banded coral shrimp *Stenopus scutellatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* **33**, 383-385.
- Lin J, Zhang D (2001a) Reproduction in a simultaneous hermaphroditic shrimp *Lysmata wurdemanni*: Any two will do? In 'Aquaculture 2001'. p. 377. (World Aquaculture Society: Louisiana State University Baton Rouge LA 70803 USA)
- Lin J, Zhang D (2001b) Effect of broodstock diet on reproductive performance of the peppermint shrimp, *Lysmata wurdemanni*. *Journal of Shellfish Research* **20**, 361-363.
- Lin J, Zhang D, Creswell RL (2001) Aquaculture of marine ornamental shrimps: An overview. In 'Aquaculture 2001'. p. 378. (World Aquaculture Society: Louisiana State University Baton Rouge LA 70803 USA)
- Loosey GSJ (1972) The ecological importance of cleaning symbiosis. *Copeia* **4**, 820-833.
- Loosey GSJ (1974) Cleaning symbiosis in Puerto Rico with comparison to the Tropical Pacific. *Copeia* **4**.
- Loosey GSJ, Grutter AS, Rosenquist G, Mahon J, Zamzow JP (1998) Cleaning symbiosis: a review. In 'Behaviour and Conservation of Litoral Fishes'. (Eds VC Almada, RF Oliveira, and EJ Goncalves) pp. 379-395. (Instituto Superior de Psicologia Aplicada (ISPA): Lisbon, Portugal)
- Lubbock HR, Polunin NVC (1975) Conservation and the tropical marine aquarium trade. *Environmental Conservation* **2**, 229-232.
- Markham JC, Donath-Hernández FE, Villalobos-Hiriart JL, Díaz-Barriga AC (1990) Notes on the Shallow-water Marine Crustacea of the Caribbean Coast of Quintana Roo, Mexico. *Anales Inst.Biol.Univ.Nac.Autón.México, Ser.Zool.* **61** (3), 405-446.
- Martin JW, Davis GE (2001) An Updated Classification of the Recent Crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County Science Series* **39**, 1-123.
- Martínez-Guzmán LA, Hernández-Aguilera JL (1993) Crustáceos Estomatópodos y Decápodos del Arrecife Alacrán, Yucatán. *Biodiversidad Marina y Costera de México*. 609-629.
- Martínez-Iglesias JC, García RJE (1999) The crustacean decapod communities of three coral reefs from the southwestern caribbean sea of Cuba: species composition, abundance and structure of the communities. *Bulletin of Marine Science* **65**, 539-557.
- Moller TH (1978) Feeding behaviour of larvae and postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea: Palaemonidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **35**, 251-258.
- Moore F, Best B (2001) causes and consequences. In: Global Trade and Consumer Choices: Coral Reefs in Crisis. *Proceedings of an American Association for the Advancement of Science (AAAS) Meeting*, 5-10.
- Nizinski MS (2003) Annotated checklist of decapod crustaceans of Atlantic coastal and continental shelf waters of United States. *The biological society of washington*. **116** (1), 96-157.
- Olivier AG (1811) Palémon. Palaemon. In 'Encyclopédie Méthodique. Histoire Naturelle. Insectes'. (Ed. AG Olivier) pp. 652-667.
- Olivier K (2001) The Ornamental Fish Market. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*. 91.
- Omori K, Yanagisawa Y, Hori N (1994) Life history of the caridean shrimp *Periclimenes ornatus* Bruce associated with a sea anemone in Southwest Japan. *Journal of Crustacean Biology* **14**, 132-145.
- Piña ER (1994) Peces de arrecifes tropicales con fines de ornato. *Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca* **1**, 0-

- Piña ER (2000b) Catalogo de indentificacion de peces marinos de importancia ornamental de Golfo de California y Pacifico. *Informe Tecnico del Instituto Nacional de la Pesca* **2**, 0-45.
- Piña ER (2000a) Catalogo de identificacion de invertebrados marinos de importancia ornamental del Golfo de California y Pacifico. *Informe Tecnico del Instituto Nacional de la Pesca* **3**, 0-20.
- Piña ER (2000c) Codigo de conducta para la captura mantenimiento, empaque y transportacion de especies marinas de ornato. *Informe Tecnico del Instituto Nacional de la Pesca* **4**, 0-10.
- Randall JE (1958) A review of the labrid fish genus *Labroides*, with a description of two new species and notes on their ecology. *Pacific Science* **12**, 327-347.
- Reeve MR (1969) Growth, metamorphosis and energy conversion in the larvae of the prawn *Palaemon serratus*. *Journal of the Marine Biological Association, UK* **49**, 77-96.
- Rodriguez G (1980) 'Los Crustaceos Decapodos de Venezuela.' (Instituto Venezolano de Investigaciones Cientificas: Caracas)
- Rufino MM, Jones DA (2001a) Binary individual recognition in *Lysmata debelius* (Bruce, 1983) (Crustacea, Hippolytidae) under laboratory conditions. *Journal of Crustacean Biology* **21**, 388-392.
- Rufino MM, Jones DA (2001b) Observations on the function of the fifth pereopod in late stage larvae of *Lysmata debelius* (Decapoda: Hippolytidae). *Crustaceana* **74**, 977-990.
- Sangha RS (1996) Larval gut development in the fire shrimp *Lysmata debelius* Bruce, a cleaner shrimp. M.Sc. thesis, University of Wales, Bangor, School of Ocean Sciences.
- Sheley T (1985) The anemone shrimp - *Periclimenes yucatanicus*. *Fresh Water and Marine Aquarium Magazine* **8**, 47.
- Simoes F, Jones DA (1999b) Courtship and copulating behaviour in the tropical marine cleaner shrimp *Lysmata amboinensis* (Caridea, Hippolytidae). In 'VII Colloquium Crustacea Mediterranea'. (VII Colloquium Crustacea Mediterranea:
- Simoes F, Jones DA (1999c) Larval releasing on tropical marine cleaner shrimps *Lysmata debelius* and *L. amboinensis* (Crustacea, Caridea). In 'VII Colloquium Crustacea Mediterranea'. (VII Colloquium Crustacea Mediterranea:
- Simoes F, Jones DA (1999a) Pair formation in tropical marine cleaner shrimp *Lysmata debelius*, (Crustacea: Caridea). In 'Aquaculture 1999'. (World Aquaculture Society: USA)
- Simoes F, Ribeiro F, Jones DA (2003a) Feeding early larval stages of fire shrimp *Lysmata debelius* (Caridea: Hippolytidae). *Aquaculture International* **10**, 349-360.
- Simoes F, Ribeiro F, Jones DA (1998a) The effect of diet on the reproductive performance of marine cleaner shrimps *Lysmata debelius* (Bruce 1983) and *L. amboinensis* (De Man 1888) (Caridea, Hippolytidae) in captivity. In 'Aquaculture 1998'. (World Aquaculture Society: USA)
- Simoes F, Ribeiro F, Jones DA (2003b) Feeding early larval stages of fire shrimp *Lysmata debelius* (Caridea: Hippolytidae). *Aquaculture International* **10**, 349-360.
- Simoes F, Yasir I, Jones DA (1998b) Reproductive biology of *Lysmata debelius* (Bruce 1983) and *L. amboinensis* (De Man 1888) (Caridea, Hippolytidae) tropical marine cleaner shrimps important in the marine aquarium trade. In 'Aquaculture 1998'. (World Aquaculture Society: USA)
- Smith WL (1977) Beneficial behaviour of a symbiotic shrimp to its host anemone. *Bulletin of Marine Science* **27**, 343-346.
- Spotte S (1996b) Supply of regenerated nitrogen to sea anemones by their symbiotic shrimp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **198**, 27-36.
- Spotte S (1997) Sexual and regional variation in the morphology of the spotted anemone shrimp *Periclimenes yucatanicus* (Decapoda: Caridea: Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology* **17**, 389-397.
- Spotte S (1996a) New records of association for the anemone shrimp *Periclimenes pedersoni* Chase, 1958 (decapoda, caridea): the bivalve mollusk *Lima scabra* and the black coral *Antipathes pennacea*. *Crustaceana* **69**, 545-547.
- Spotte S (1998) Cleaner shrimps? *Helgolander Meeresuntersuchungen* **52**, 59-64.
- Spotte S, Bubucis PM (1997) Captive survivorship of the spotted anemone shrimp, *Periclimenes yucatanicus*. *Aquarium Sciences and Conservation* **1**, 65-69.
- Spotte S, Heard RW, Bubucis PM (1994) Pontonine shrimps (decapoda:caridea:palaemonidae) of the northwest Atlantic. IV *Periclimenes antipathophilus* new species, a black coral associate from the turks and Caicos islands and eastern Honduras. *Bulletin of Marine Science* **55**, 212-227.
- Spotte S, Heard RW, Bubucis PM, Manstan RR, McLelland JA (1991a) Pattern and coloration of *Periclimenes rathbunae* from the Turk and Caicos Islands, with comments on host associations in other anemone shrimps of the West Indies and Bermuda. *Gulf Research Reports* **8**, 301-308.
- Spotte S, Heard RW, Bubucis PM, Manstan RR, McLelland JA (1991b) 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.
- UNEP-WCMC (2003) 'Checklist of fish and invertebrates listed in the CITES appendices and in EC Regulation No. 338/97.' (United Nations Environmental Programme (UNEP) & World Conservation Monitoring Center (WCMC): Joint Nature Conservation Committee)
- VanTassell L, Brito A, Bortone SA (1994) Cleaning behaviour among marine fishes and invertebrates in the Canary Islands. *Cybium* **18**, 117-127.
- Vargas R (2000) *Periclimenes murcielagensis*, a new species of shrimp (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) living on black coral from the Pacific coast of Costa Rica. *The Biological Society of Washington* **113** (1), 17-23.
- Wabnitz C, Taylor M, Green E, Razak T (2003) 'From Ocean to Aquarium: The global trade in marine ornamental species.' (UNEP-WCMC: Cambridge, UK)
- Wicksten MK (1995b) Associations of fishes and their cleaners on coral reefs of bonaire, netherlands Antilles. *Copeia* **2**, 477-481.
- Wicksten MK (1995a) Within-species variation in *Periclimenes yucatanicus* (Ives), with taxonomic remarks on *P. pedersoni* Chace (Crustacea: Decapoda: Caridea: Palaemonidae). *The biological society of washington*. **108** (3), 458-464.
- Wilkerson JD (1995) *Lysmata rathbunae*. *The Breeder's Registry* **3**, 1-2.
- Williams AB (1984) 'Shrimps, lobster, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida.' (Smithsonian Institution Press: Washington DC)
- Williams EH, 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 both shrimps. *Crustaceana* **73**, 503-511.
- Williams EHj, Williams LB (1982a) First report of *Periclimenes yucatanicus* (Ives) (Decapoda, Palaemonidae) in association with a corallimorpharian anemone. *Crustaceana* **42**, 318-319.
- Williams ER, Williams LB (1982b) First report of *Periclimenes yucatanicus* (Yves)(Decapoda, Palaemonidae)in association with a Corallimorpharian anemone. *Crustaceana* **42**, 318-319.
- Williamson DI (1957) Crustacea, Decapoda: larvae. V. Caridea, family Hippolytidae. *Cons.Int.Explor.Mer.Zooplankton Sheet*. **68**, 1-5.
- Wirtz P (1997) Crustacean symbionts of the sea anemone *Telmatactis cricoides* at Madeira and the Canary Islands. *Journal of Zoology London* **242**, 799-811.
- Wunsch M (1996) Larval development of *Lysmata amboinensis* (de Man 1888) (Decapoda: Hippolytidae) reared in laboratory with a note on *L. debelius* (Bruce 1983). Degree Thesis, Georg August Universitat.
- Yaldwyn JC (1966) Notes on the behaviour in captivity of a pair of banded coral shrimps, *Stenopus hispidus* (Olivier). *Australian Zoologist* **13**, 377-389.
- Yaldwyn JC (1964) Pair association in the banded coral shrimp. *Australian Natural History* **March**, 286.
- Yasir I (1995) A preliminary study on hermaphroditism in *Lysmata debelius* Bruce, with a note on *Lysmata amboinensis* DE MAN. 'M.Sc. MSc Thesis,' University of Wales. UK.
- Yasir I (2001) 'The culture and conservation of marine ornamental shrimp.'
- Yúfera M, Rodríguez A (1985) Effect of prey density on feeding rates during larval rearing of *Palaemon serratus* Pennant (Crustacea; Palaemonidae). *Aquaculture* **50**, 31-38.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1998d) Effects of food and temperature on survival and development in the Peppermint Shrimp *Lysmata wurdemanni*. *Journal of the World Aquaculture Society* **29**, 471-476.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1997a) Effect of eyestalk ablation on molt cycle and reproduction in the banded coral shrimp, *Stenopus hispidus* (Oliver). *Journal of Shellfish Research* **16**, 363-366.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1998a) Mating behaviour and spawning of the banded coral shrimp *Stenopus hispidus* in the laboratory. *Journal of Crustacean Biology* **18**.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1997b) Larviculture and effect of food on larval survival and development in golden coral shrimp *Stenopus scutellatus*. *Journal of Shellfish Research* **16**, 367-369.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1998b) Effects of food and temperature on survival and development in the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni*. *Journal of the World Aquaculture Society* **28**, 471-476.
- Zhang D, Lin J, Creswell RL (1998c) Ingestion rate and feeding behavior of the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni* on *Artemia* nauplii. *Journal of the World Aquaculture Society* **29**, 97-103.