



La pesquería de langosta
Panulirus argus
en el Golfo de México
y el mar Caribe mexicano

Gloria Verónica Ríos Lara
Juan Carlos Espinoza Méndez
Carlos E. Zetina Moguel
Carlos Aguilar Cardozo
Aurora Ramírez Estévez



La pesquería de langosta
Panulirus argus en el Golfo de México
y mar Caribe mexicano

Instituto Nacional de Pesca

M. en C. Raúl Adán Romo Trujillo
Director General

Dr. Marco Linné Unzueta Bustamante
Director General Adjunto de Investigación en Acuicultura

Biól. Luis Francisco Javier Beléndez Moreno
Director General Adjunto de Investigación Pesquera en el Atlántico

Dr. Abraham Fernando Navarrete del Próo
Director General Adjunto de Investigación Pesquera en el Pacífico

La pesquería de langosta
Panulirus argus en el Golfo de
México y mar Caribe mexicano

GLORIA VERÓNICA RÍOS LARA
JUAN CARLOS ESPINOZA MÉNDEZ
CARLOS ZETINA MOGUEL
CARLOS AGUILAR CARDOZO
AURORA RAMÍREZ ESTÉVEZ

Instituto
Nacional
de Pesca 

50ANIVERSARIO1962-2012

Revisión editorial: Leticia Huidobro Campos, Ma. Teresa Gaspar Dillanes,
Elaine Espino Barr, Cecilia E. Ramírez Santiago
Corrección de estilo: Lurdes Asiain Cordoba
Diagramación: Olivia Hidalgo Martin
Diseño de Portada: Éctor Sandoval
Fotografía portada: Gloria Verónica Ríos Lara

La reproducción parcial o total de esta publicación, ya sea mediante fotocopias o cualquier otro medio, requiere la autorización por escrito del representante legal del Instituto Nacional de Pesca.

Primera edición, 2013

D.R. © 2013, Instituto Nacional de Pesca
Pitágoras núm. 1320, Col. Santa Cruz Atoyac,
C.P. 03310, Delegación Benito Juárez, México, D.F.
<http://www.inapesca.gob.mx>

ISBN: 978-607-8274-05-5

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Contenido

Introducción.	9
<i>Antecedentes de la pesquería.</i>	10
<i>Descripción de las operaciones de pesca</i>	12
<i>Inicio de las investigaciones en el INAPESCA</i>	23
<i>Antecedentes de investigación</i>	25
Aspectos biológicos del recurso y principales relaciones ecológicas	31
<i>Morfología</i>	33
<i>Distribución geográfica.</i>	37
<i>Ciclo de vida</i>	37
<i>Alimentación</i>	41
<i>Depredadores</i>	42
<i>Enfermedades</i>	43
<i>Movimientos.</i>	44
<i>Crecimiento</i>	47
<i>Reproducción</i>	48
<i>Principales características del hábitat.</i>	54
<i>Mecanismos de distribución, transporte y retención de larvas.</i>	61
<i>Distribución de larvas en el Caribe mexicano y en el Golfo de México</i>	62
<i>Relación entre factores oceanográficos y la distribución de langosta</i>	64
Análisis de la pesquería y situación actual del recurso	71
<i>Aspecto regional de las pesquerías de langosta <i>Panulirus argus</i></i>	71
<i>Capturas históricas de la pesquería en la península de Yucatán</i>	73
<i>Comportamiento de la captura por zona de pesca</i>	74
<i>Captura por Unidad de Esfuerzo</i>	77
<i>Composición de la captura por especie de embarcaciones de la flota menor de Yucatán de la zona oriente</i>	78
<i>Esfuerzo pesquero</i>	79

Estado actual de la pesquería	87
<i>Estrategias de manejo</i>	87
<i>Propuestas de manejo</i>	89
<i>Ámbito socioeconómico</i>	92
Comercialización de la langosta de la península de Yucatán	95
<i>Mercado interno</i>	96
<i>Mercado internacional</i>	97
Agradecimientos	99
Literatura citada	101

Introducción

Las langostas de importancia comercial de México pertenecen al género *Panulirus*. De siete especies, cuatro están sujetas a aprovechamiento pesquero:

- 1) Langosta del Caribe *Panulirus argus* (Latreille 1804), que se pesca en el Caribe mexicano y en el norte de la plataforma peninsular de Yucatán; y en el Pacífico mexicano se aprovechan,
- 2) *Panulirus interruptus* (Ryall 1840),
- 3) *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895),
- 4) *Panulirus gracilis* (Streets 1871)

Las otras especies se capturan de forma incidental y son:

- 5) la langosta pinta, *Panulirus guttatus* (Latreille 1804), (Caribe mexicano y Arrecife Alacranes en Yucatán),
- 6) la langosta verde, *Panulirus laevicauda* (Latreille 1804) (Caribe mexicano) y
- 7) *Panulirus penicillatus* (Oliver 1811)(Pacífico mexicano).

En Yucatán, la pesquería de langosta se sostiene casi en su totalidad (99%) por *P. argus*. Esta especie en México se distribuye alrededor de la península de Yucatán (Quintana Roo, Yucatán y Campeche) y su presencia se ha registrado en las costas de Veracruz y Tamaulipas. Sin embargo, las zonas de mayor abundancia y de las cuales proviene la producción registrada oficialmente son: la costa norte de la península de Yucatán (Banco de Campeche y plataforma de Yucatán) y el Caribe mexicano (costa de Quintana Roo); en el estado de Campeche se captura langosta, pero no hay una pesquería establecida y sólo se lleva a cabo como pesca recreativa y para consumo doméstico.

La langosta tiene gran demanda en los mercados nacional e internacional, es un producto de exportación y en el mercado nacional se orienta principalmente al turismo; en ambos casos es generador de divisas. El número de empleos directos e indirectos que produce esta pesquería y los altos beneficios económicos que aporta, estimados en alrededor de 11 millones de dólares, son de suma importancia para la economía de las comunidades costeras y de la industria pesquera tanto en Yucatán como en Quintana Roo, por tanto, es un recurso susceptible de un aprovechamiento constante y creciente.

El manejo de la pesquería de langosta en México se basa en la Norma Oficial Mexicana NOM 006-PESC-1993 (DOF, 1993, 1996) que regula el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción federal de los mares mexicanos y también en la Carta Nacional Pesquera (DOF, 2006, 2010), que contiene la presentación cartográfica y escrita del diagnóstico y la evaluación integral de la pesca y los indicadores sobre la disponibilidad y la conservación de los recursos; es informativa para el sector productivo y es vinculante en la toma de decisiones de la autoridad pesquera en términos de control del esfuerzo, la resolución sobre concesiones y permisos de pesca y la acuicultura (DOF, 2010). Con el fin de opinar técnicamente sobre el estado del recurso y del desarrollo de la pesquería, se sigue un monitoreo periódico biológico-pesquero, a partir del cual se han hecho evaluaciones y se han establecido estrategias y tácticas de manejo de la pesquería como puntos de referencia sobre el modo del Rendimiento Máximo Sostenible y la tasa de explotación (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 1998; González-Cano *et al.*, 2000; Ríos-Lara *et al.*, 2000; Ríos-Lara, 2009; Ríos-Lara y Salas, 2009), en los últimos años se ha planteado la necesidad de analizar la pesquería considerando diferentes zonas de pesca y de esta forma obtener puntos de referencia para el manejo, con base en la información existente en cada una de ellas (Ríos-Lara *et al.*, 2010, 2011).

Antecedentes de la pesquería

La pesquería de la langosta *P. argus* en las costas de la península de Yucatán se ha dado en los últimos 40 años. Empezó a tener importancia en los años 70 con la interacción de factores como el aumento del número de sociedades cooperativas de producción pesquera en la región, el incremento

en la producción y la evolución del mercado. Su principal desarrollo se dio en los años 80 y 90, presentando cambios en términos de cantidad y calidad del esfuerzo pesquero (tamaño de la flota, tipo de embarcaciones, artes de pesca y sistemas de localización). La expansión de las áreas de pesca ha tenido lugar de manera diferenciada tanto en el espacio como en el tiempo.

En la costa de Quintana Roo se inició entre 1955 y 1970 y este periodo se caracteriza por dominar el buceo como técnica de pesca. De 1970 a 1982 la pesquería crece con rapidez, en este periodo además del buceo se introducen trampas y redes como artes de pesca y las capturas se incrementan. De 1982 a 1988 ocurre el mayor desarrollo de la pesquería y se amplían las técnicas de captura al introducir el buceo SCUBAY con *hookah*, obteniéndose el mayor rendimiento en la historia de la pesquería (alrededor de 1 000 toneladas de langosta viva). En 1989 hubo un descenso en la producción de alrededor de 30% con respecto al promedio de años anteriores, hasta llegar a una producción de alrededor de 500 t los siguientes años, que se ha mantenido en esos niveles con algunos incrementos en la producción en las temporadas 1995, 2002 y 2010, coincidentes con aumentos en la producción regional. La caída de la producción en 1989 se ha relacionado con la ocurrencia del huracán Gilberto que tuvo gran impacto sobre el hábitat en las áreas de cría y de captura; sin embargo, la alteración ocasionada al ambiente costero por influencia antropogénica (el crecimiento de la actividad turística en Quintana Roo en los últimos 30 años ha sido explosivo y ha modificado la zona costera) ha incidido también en la dinámica de la población y como consecuencia, en la producción.

En Yucatán se empezó a capturar langosta en los años 50 en aguas muy someras del Arrecife Alacranes, se pescaba durante la noche, caminando y con la ayuda de un gancho, chapingorro y una linterna; la comercialización se orientaba al mercado local. A partir de los años 70, con el fomento al cooperativismo pesquero y la introducción del uso del buceo en la pesca de langosta, se estableció la pesquería e inició su desarrollo. La captura por buceo comenzó en la zona costera oriente y la actividad se fue desplazando hacia el poniente, desde Dzilam de Bravo y Progreso, hasta Sisal y Celestún (Ríos-Lara *et al.*, 1996; González-Cano *et al.*, 2000). En 1998 se inició el uso de trampas como artes de pesca en la zona profunda de la Plataforma de Yucatán, área antes no explotada, pero hasta 2000 un número mayor de barcos empezó a pescar con ellas.

En términos de producción, en Yucatán se pueden definir varias etapas: al inicio de la pesquería (1976-1982) el promedio de captura alcanzó niveles promedio de alrededor de 240 toneladas, en la segunda etapa (1984-1992) fue de 390 t; en la tercera etapa, con el incremento en el número de sociedades cooperativas (1993-1999), la media fue de hasta 492 t; la cuarta etapa, cuando se establece el uso de trampas y se amplían las zonas de pesca (2000-2002), se capturaron 721 t en promedio; y en la quinta etapa, que comprende los últimos años (2003-2010), la producción se ha mantenido en un nivel promedio de 430 toneladas.

Descripción de las operaciones de pesca

En la península, los campos de pesca están delimitados geográficamente para ser aprovechados por diferentes comunidades pesqueras (sociedades cooperativas). Sin embargo, con base en el número y el tipo de embarcaciones, las técnicas de captura que se utilizan en cada una, por el nivel organizativo de las comunidades pesqueras, por sus características geomorfológicas y de disponibilidad de hábitat y por su tamaño, se han definido nueve zonas (Fig. 1, tablas 1 y 2).

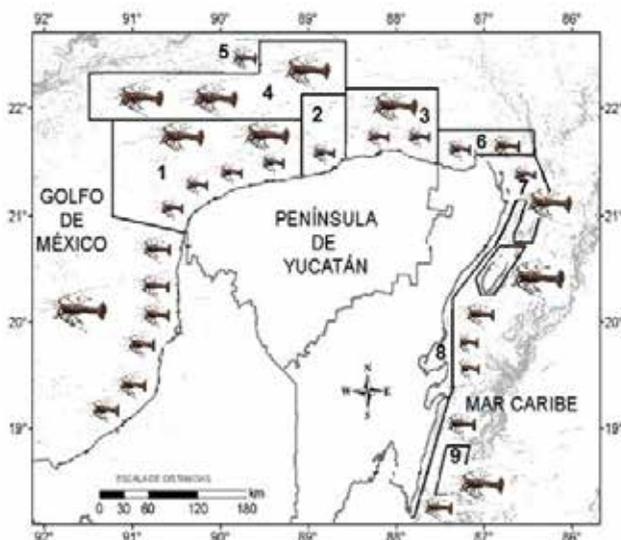


FIGURA 1. Áreas de pesca de langosta en la península de Yucatán.

TABLA 1
 Descripción de las zonas de pesca, situación geográfica, profundidad en la que pescan y artes de pesca utilizados en la costa de Yucatán

<i>Zona de pesca</i>	<i>Situación geográfica</i>	<i>Profundidad y artes de pesca</i>
Poniente (1): Puertos: Celestún, Sisal y Progreso. Se pesca en la franja costera de Celestún a Telchac Puerto.	21°36 N 89°08 O, 20°99 N 91°23 O, 20°84 N 90°40 O, 21°89 N 91°26 O	Profundidad entre 10 y 36 m (6-20 brazas). Buceo libre y semiautónomo (<i>hookah</i>), en ambos casos se usa gancho (Figs. 2 y 3). En Celestún tienen algunas "casitas" (Fig. 4).
Centro Yucatán (2): Puerto Dzilam de Bravo. La zona de pesca considera la franja costera desde Chabihau hasta el Faro de Yalkubul.	21°53 N 88°58 O, 22°14 N 88°59 O, 22°13 N 89°09 O, 21°93 N 89°09 O, 21°36 N 89°08 O	Profundidad entre 7 y 36 m (4-20 brazas). Buceo libre y semiautónomo y gancho.
Oriente (3): Puertos San Felipe, Río Lagartos, Coloradas y El Cuyo. Pescan en la franja costera del Faro de Yalkubul hasta el límite geográfico entre Yucatán y Quintana Roo.	21.49 N 87°53 O, 21°80 N 87°53 O, 22°20 N 87°54 O, 22°20 N 88°59 O, 21°53 N 88°58 O	Profundidad entre 3 y 36 m (2-20 brazas). Buceo libre y semiautónomo y gancho. Tienen algunas "casitas".
Profunda (4): Puertos Celestún y Progreso. Pescan en los Arrecifes sumergidos y biostromos de la porción centro-occidental de la plataforma de Yucatán y zona profunda alrededor del Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA).	22°20 N 88°59 O, 22°64 N 88°59 O, 22°13 N 89°09 O, 21°93 N 89°09 O, 22°33 N 89°84 O, 22°29 N 91°52 O, 21°88 N 91°50 O, 21°89 N 91°26 O, 22°63 N 89°56 O, 22°33 N 89°56 O	Profundidad entre 48 y 60 m (27-33 brazas). Trampas plegables (Fig. 5).
Alacranes (5): Puerto Progreso. Pescan en el área de Islas y lagunas del PNAA.	22°63 N 89°85 O, 22°33 N 89°84 O, 22°63 N 89°6 O, 22°33 N 89°55 O	Profundidad entre 1.8 y 40 m (1-22 brazas). Buceo libre y semiautónomo y gancho.



FIGURA 2. Buzo con gancho (Sergio Cabrera) en la búsqueda de langosta (izquierda). Gancho utilizado para capturar langosta y arpón auxiliar para la captura de peces, artes utilizados en la península de Yucatán (derecha).



FIGURA 3. Buzo con arpón y hookah (Irán Cabrera) (izquierda). Compresor utilizado (derecha).



FIGURA 4. Embarcación menor transportando "casitas" o sombras, utilizadas como refugios artificiales en la costa de Quintana Roo. Foto tomada de: Presentación Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel, SC de RL (izquierda). Tipo de "casita" utilizada en San Felipe, Río Lagartos y Celestún, Yucatán (derecha).



FIGURA 5. Trampas utilizadas en la zona profunda de la plataforma de Yucatán.

TABLA 2

Descripción de las zonas de pesca, situación geográfica, profundidad en la que pescan y artes de pesca utilizadas en la costa de Quintana Roo

<i>Zona de pesca</i>	<i>Situación geográfica</i>	<i>Profundidad y artes de pesca</i>
Norte (6): Laguna Yalahau, Isla Holbox y Cabo Catoche. Se encuentra dentro del Área Natural Protegida Yum Balam.	21°57 N 87°00 O 21°57 N 86°43 O 21°80 N 86°43 O 21°49 N 87°53 O 21°80 N 87°53 O	Profundidad de 2.6 a 21.6 m (2-12 brazas). Realizan buceo libre y semiautónomo. En Yalahau se usan “casitas” de ferrocemento y se instalan a 1-4 m de profundidad. En la corrida invernal también se usan redes de enmalle (10 a 20 paños de red langostera –50 a 70 m de relinga– (Fig. 6).
Noreste (7): Isla Mujeres, Parque Nacional Isla Contoy (PNIC), Cancún, Puerto Morelos y Banco Arrow Smith. Forma parte del Parque Nacional Isla Contoy, Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc y Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos.	21°57 N 87°00 O 21°57 N 86°43 O 21°41 N 86°35 O 21°25 N 86°30 O 20°75 N 86°46 O 20°75 N 86°67 O 20°84 N 86°67 O 21°16 N 86°48 O 21°16 N 86°62 O 20°77 N 86°85 O 20°77 N 86°95 O	Utilizan buceo autónomo (SCUBA) (Fig. 7) y semiautónomo, trampas y durante la corrida invernal, redes de enmalle. En el PNIC se pesca a través de buceo en agosto y se usan redes de septiembre a febrero (meses en los que se instala un campamento en el PNIC). Algunos pescadores utilizan refugios artificiales de dimensiones y materiales diversos, y son instalados en zonas profundas.

<i>Zona de pesca</i>	<i>Situación geográfica</i>	<i>Profundidad y artes de pesca</i>
Centro Q. Roo [8]: La costa incluye las Bahías de la Ascensión y Espíritu Santo y Tulum. Por otra parte está la isla Cozumel. Esta zona forma parte de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an.	Costa: 20°76 N 86°85 O 20°77 N 86°95 O 20°22 N 87°36 O 19°39 N 87°35 O 19°29 N 87°39 O 19°29 N 87°46 O	Costa. Profundidad 1.8 a 5.4 m [1-3 brazas]. Refugios artificiales. Buceo libre o en apnea, se usan gancho, chinchorro (Fig. 8), jamo y lazada (Fig. 9).
	Isla Cozumel: 20°72 N 86°83 O 20°72 N 86°53 O 20°25 N 86°09 O 20°24 N 87°04 O 20°42 N 87°01 O	Cozumel: Profundidad 20 m [10-12 brazas]. Buceo Scuba (tanque) y gancho. En esta zona se maneja la langosta viva, y algunas embarcaciones han sido modificadas colocando cajas "polleras" de plástico en los costados de la embarcación, que van sumergidas y funcionan como viveros.
Sur [9]: Banco Chinchorro forma parte de la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro (RBVCH) y es parte a su vez del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Pescan en la laguna arrecifal interior del Banco.	Banco Chinchorro: 18°83 N 87°43 O 18°83 N 87°17 O 18°36 N 87°30 O 18°36 N 87°57 O	Banco Chinchorro: Profundidad: 15 a 20 m (8-11 brazas). Buceo libre y gancho. Está prohibido el buceo semiautónomo y autónomo. Una peculiaridad en esta zona es el uso de palafitos para el campamento de pescadores (Fig. 10).
	Costa: 19°30 N 87°40 O 19°30 N 87°46 O 18°21 N 87°78 O 18°21 N 87°84 O	Costa: buceo semiautónomo.

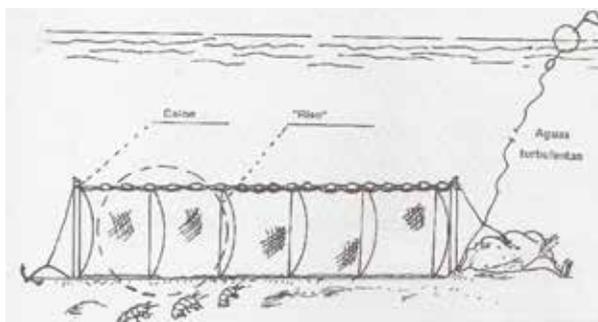


FIGURA 6. Red de enredo o enmalle, conocida también como red con "rizos" (figura tomada de Caballero y Aldama, 1994).



FIGURA 7. Equipo scuba utilizado para la captura de langosta en Quintana Roo.



FIGURA 8. Chinchorro con copo utilizado para cosechar las "casitas" o sombras (figura tomada de Caballero y Aldama, 1994).



FIGURA 9. Jamo (izquierda). Utilizado para atrapar a las langostas en las “casitas”. Lazada (derecha) empleada para capturar langosta viva [diseñada por pescadores de la cooperativa José Ma. Azcorra de la bahía del Espíritu Santo]. Tomado de WWF (2006).

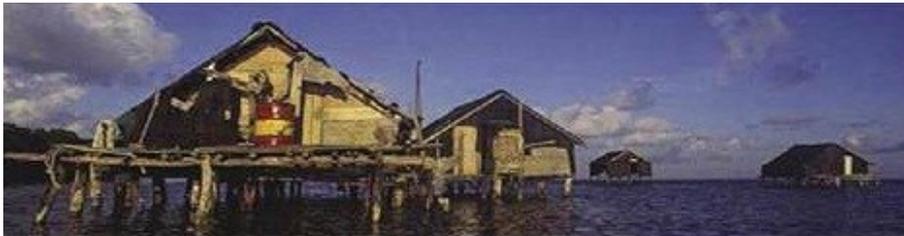


FIGURA 10. Palafitos construidos en las inmediaciones de Cayo Centro, dentro de la laguna arrecifal de Banco Chinchorro, al sur de Q. Roo. Tomado de WWF (2006).

En la pesquería se usan dos tipos de embarcaciones:

- a) Lanchas de 7.32 m de eslora (24 pies), con motor fuera de borda (45 HP a 85 HP) y sistema de geoposicionamiento satelital (GPS); hacen viajes generalmente de un día y en algunos casos hasta de tres días, participan de dos a tres pescadores y operan en la franja costera de desde Celestún, Yucatán, hasta Xcalac en el sur de Quintana Roo (Fig. 11).
- b) Barcos de mediana altura, de 12 m a 18 m de eslora (35 pies a 55 pies), motor estacionario y están equipados con instrumentos de navegación y ecosonda. En Yucatán hacen viajes de 12 a 14 días y participan de ocho a 12 pescadores. Funcionan como nodrizas de pequeñas embarcaciones llamadas localmente “alijos”, o bien de pequeñas lanchas con

motor fuera de borda de 10 HP y se pesca por buceo libre o semiautónomo en el arrecife Alacranes (Figs. 12 y 13); o bien no usan alijos y trabajan con trampas en la zona profunda de la Plataforma de Yucatán (Fig. 14). En Quintana Roo se usan barcos como nodriza sólo en la zona norte y sur; por lo regular se utilizan para el transporte de pescadores de la costa a sus campos pesqueros en Isla Holbox y Banco Chinchorro.

La flota está constituida por 865 embarcaciones menores y 33 embarcaciones mayores, distribuidas en las diferentes zonas de pesca (Fig. 15).



FIGURA 11. Embarcación menor utilizada en la pesquería de langosta tanto en Yucatán como en Quintana Roo.



FIGURA 12. Embarcación mayor nodriza utilizada en la pesquería de langosta de Yucatán (alijos con motor fuera de borda).



FIGURA 13. Alijo. Embarcación pequeña sin motor que llevan los barcos nodriza al arrecife Alacranes.



FIGURA 14. Embarcación mayor equipada con trampas plegables para la captura de langosta en Yucatán.

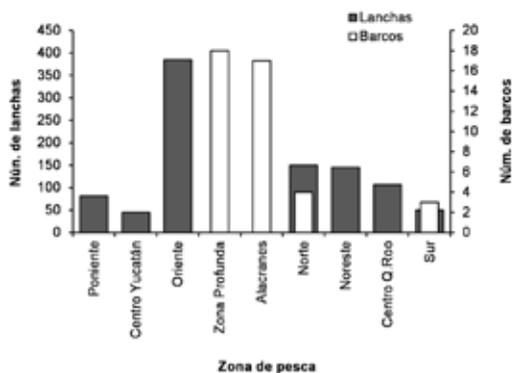


FIGURA 15. Lanchas y barcos que conforman las flotas langosteras en cada zona de pesca de la península de Yucatán (Fuente: subdelegaciones de pesca, federaciones y sociedades cooperativas).

En la zona poniente operan las cooperativas Nohoch Cuch, X'la Barco, Rivereños de Sisal, La Pobre de Dios, Langosteros de Progreso y Pescadores de Sisal.

En la zona centro de Yucatán opera la cooperativa Pescadores de Dzilam de Bravo.

En la zona oriente operan las cooperativas El Cuyo, Pescadores de Río Lagartos, Manuel Cepeda Peraza, Pescadores Unidos de San Felipe y Pescadores Legítimos de San Felipe.

En la zona Alacranes laboran los pescadores de las cooperativas Pescadores del Golfo de México, Alacran Reef, Pescadores de Sisal y Jurisdicción.

En la zona profunda, además de las cuatro cooperativas que pescan en Alacranes, participan en la captura las cooperativas Tramperos Unidos de Progreso, Real Celestún, Callo Arena, Ensenada de Celestún, Nohoch Cuch y Pescadores de Yucalpetén.

En la zona norte pescan cuatro cooperativas, Chiquilá, Vanguardia del Mar, Pescadores de Holbox y Pescadores de Cabo Catoche. La cooperativa de Chiquilá se encuentra en la parte continental y los pescadores cruzan vía marítima a Isla Holbox.

En la zona noreste operan ocho cooperativas, Pescadores del Caribe, Isla Blanca, Patria y Progreso, Por la Justicia Social, Laguna Makax, Horizontes Marinos, Pescadores de Puerto Juárez y Pescadores de Puerto Morelos.

En la zona centro Quintana Roo, en las Bahías Ascensión y Espíritu Santo hay dos poblaciones habitadas por pescadores: Punta Allen (a 50 km de Tulum) y Punta Herrero (a 80 km de Majahual). En la primera está establecida la cooperativa Vigía Chico, y en Punta Herrero, las cooperativas José Ma. Azcorra y Cozumel. Los pescadores de la José María Azcorra provienen sobre todo de Chetumal y otros pocos viven de manera permanente en Punta Herrero, mientras que los pescadores de la cooperativa Cozumel, viven en Cozumel y se trasladan a la Bahía Espíritu Santo, estableciéndose de forma temporal en el campamento Rancho "Marielena", ubicado en la franja costera dentro de la bahía.

En la zona sur operan las cooperativas Langosteros del Caribe, Banco Chinchorro y Xcalak; los pescadores provienen en su mayoría de la ciudad de Chetumal y poblados cercanos como Xcalak, Majahual y Limones.

La pesquería de langosta es multiespecífica, las técnicas de pesca (buceo, trampas y redes) permiten la captura de otras especies con valor comercial, ya sea por pesca incidental o porque se orienta también a la captura selectiva de especies de peces con demanda comercial.

En la pesca por buceo en las zonas poniente, centro de Yucatán y oriente, se capturan volúmenes importantes de diferentes especies de peces, principalmente meros (*Epinephelus morio*, *Mycteroperca microlepis* y *Mycteroperca bonaci*), pargos (*Lutjanus* spp.) y boquinete (*Lachnolaimus maximus*); y en menor grado, mojarra (*Calamus* spp.), esmedregal (*Rachycentron canadum*) y sargo (*Archosargus probatocephalus*), pero también de moluscos, como el pulpo (*Octopus maya*). Las capturas de estas especies representan entre 30% y 90% de la captura total, dependiendo del mes y de la zona de pesca (Ríos-Lara y Monroy, 2007; Ríos-Lara *et al.*, 2010) (Fig. 16).



Mero [*Epinephelus morio*]



Boquinete [*Lachnolaimus maximus*]

FIGURA 16. Dos de las especies de importancia comercial que se capturan con arpón en las campañas de pesca de buceo en Yucatán.

Cuando se pesca con trampas, las especies más comunes en la captura son: el pargo criollo o cubera (*Lutjanus analis*) y varias especies de mojarra (*Calamus* spp.), y en menor cantidad pulpo (*Octopus maya*) y algunos meros (*Epinephelus* spp. y *Mycteroperca* spp.).

Cuando se utilizan redes durante la migración masiva invernal de langosta en la zona norte y noreste, la captura incidental o de acompañamiento incluye peces, crustáceos, equinodermos y moluscos. En la isla Contoy, en la zona noreste, Caamal-Madrigal (2009) reportó las especies que aparecen en la captura de redes, proporcionando porcentajes

por grupo taxonómico: la pesca incidental se compone de peces en 85%, del cual 61% es de importancia comercial (pargos *Lujanus* spp., meros *Epinephelus* spp., boquinete *Lachnolaimus maximus*, chacchí *Haemulon plumieri*, cazones *Rhizoprionodon terraenovae* y *Carcharhinus* sp., barracudas *Sphyrna* spp., escochín *Balistes capriscus* y *Canthidermis sufflamen*, loros *Scarus guacamaia* y *Sparisoma viride*, mojarras *Gerres cinereus* y *Calamus* sp., cojinuda *Caranx ruber*, esmedregal *Rachycentron canadum*, jurel *Caranx hippos*, lenguado *Paralichthys albigutta*, macabí *Albula vulpes*, pámpano *Trachinotus goodei*, papelillo *Selene vomer*, robalo *Centropomus undecimalis*, roncós *Haemulon* spp., sargo *Archosargus probatocephalus*, sierra *Scomberomorus maculatus*, vaquita *Acanthostracion quadricornis*, zapatero *Haemulon parra*, rayas *Aetobatus narinari*, *Dasyatis americana*) y 24% no tiene valor comercial (rayas *Urobatis jamaicensis*, *Rhinobatos lentiginosus*, ángeles *Pomacanthus arcuatus*, *Holacanthus bermudensis*, bagre *Bagre marinus*, xpú *Diodon holocanthus*, pez piedra *Scorpaena plumieri*, torito *Lactophrys trigonus*). Los crustáceos y otros artrópodos conforman 8% (cangrejo nate *Calappa flammea*, jaiba *Callinectes* sp., cangrejo ermitaño *Petrochirus iogenes*, cangrejo Xanthidae y cangrejo cacerola *Limulus polyphemus*). Los equinodermos forman 5% (erizos blanco *Tripneustes ventricosus* y rojo *Echinometra lucunter*, estrella de mar *Oreaster reticulatus*), y los moluscos 2% (caracol *Strombus costatus*).

En la zona sur de Quintana Roo (Banco Chinchorro), cuando disminuye la pesca de langosta, el esfuerzo se dirige hacia la captura de caracol rosado (*Strombus gigas*).

Inicio de las investigaciones en el INAPESCA

Los primeros trabajos en torno a la langosta *P. argus* en el Instituto Nacional de Pesca fueron realizados por Solís (1963), quien llevó a cabo pesca experimental con nasas en Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, y muestreo biológicos de la especie (Fuentes, 1988). A partir de 1964, con la creación de la Estación de Biología Pesquera de Campeche y la subestación en Isla Mujeres en 1965, se hizo trabajo sobre las formas de captura y los rendimientos de las operaciones de pesca. En 1967-1968 en la subestación de Isla Mujeres a cargo de Agustín May se hicieron análisis sobre la

composición de la captura: tallas, sexos, presencia de hembras ovígeras, relaciones morfométricas y las primeras observaciones sobre la migración de invierno.

También se experimentó con el encierro de hembras grávidas en corrales y, con fines de protección, se hizo conteo de huevos y se trató de retener larvas para propiciar el incremento de la población adulta en las cercanías de la Isla (Fuentes, 1988). En los años setenta se dio continuidad al muestreo de la captura comercial, a la protección de hembras grávidas y juveniles capturadas incidentalmente y la atención se dirigió a la tecnología de capturas. Entre los primeros trabajos publicados se encuentran los de Ramos (1974, 1975), quien describe los movimientos migratorios de *P. argus* para la zona de la isla Contoy, y el número de hembras ovígeras durante la veda de 1975. Estos trabajos permitieron, en su momento, conocer el comportamiento reproductivo de la especie en esta zona, ya que se incluyó por primera vez la época de veda (Fuentes, 1988). De 1977 a 1982 con Roberto de la Torre al frente del entonces Centro de Investigación Pesquera de Isla Mujeres se dio prioridad a algunos aspectos biológicos (Menzies y Kerrigan, 1979; Miller, 1982) y Carrasco-Zanini (1985) hizo un estudio sobre aspectos del patrón de movimiento (regreso al refugio, el ámbito hogareño y orientación) de *P. argus* en la zona de Puerto Morelos. De 1982 a 1985 sólo se hicieron muestreos biológicos en Isla Mujeres, y Fuentes (1986) estimó los parámetros de crecimiento y mortalidad y describió la pesquería de langosta en Quintana Roo. González-Cano y Aguilar (1987) describieron el patrón y la estructura de tallas de las langostas de la zona norte de Q. Roo, y obtuvieron el porcentaje de hembras ovígeras y las tallas más pequeñas de langostas frezadas u ovígeras.

De los años 1990 a la actualidad, las investigaciones sobre la langosta del Caribe en el Instituto Nacional de Pesca han sido desarrolladas tanto en el CRIP Puerto Morelos en Quintana Roo, como en el CRIP Yucalpetén en Yucatán, estando a cargo de ellas, Roberto de la Torre (1981-1982), Luis Beléndez Moreno (1982-1985), Jaime González Cano (1987-2003) y Aurora Ramírez Estévez (2004-2010) en Puerto Morelos, y Patricia Arceo Briseño (1989-1992 y 1999-2000) y Gloria Verónica Ríos Lara (1993-1998 y 2001-2012) en Yucalpetén, Yucatán; los trabajos de investigación realizados y los temas abordados durante estos años son citados en la siguiente sección.

Antecedentes de investigación

Las investigaciones sobre langosta en las costas de Yucatán y Quintana Roo, en los últimos 36 años, se han llevado a cabo desde diferentes instituciones de investigación (Instituto Nacional de Pesca a través de sus centros regionales de investigaciones pesqueras Puerto Morelos y Yucalpetén, y su estación de investigación en Isla Mujeres, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación Puerto Morelos de la UNAM y ahora también el campus Sisal; el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida y el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

En 1986 se creó el Comité Técnico Consultivo de la Langosta del Golfo de México y el Caribe, y en 1988 se realizó el Primer Taller de este Consejo, donde las diversas instituciones presentaron trabajos sobre regulación pesquera, administración, esfuerzo pesquero, reclutamiento, evaluación y manejo.

En todos estos años son varios los temas que se han abordado relacionados con la biología, la ecología y la pesquería de langosta *P. argus*. Sobre la biología de la especie se han obtenido relaciones biométricas, estimaciones de la relación peso-longitud, proporción de sexos, análisis de la composición de tallas de langosta que se captura en la península de Yucatán (González-Cano, 1991; Ramírez, 1996; Zetina-Moguel *et al.*, 1996; Ríos-Lara y Peniche, 2011), se han descrito las características biológicas de las hembras ovígeras más pequeñas y las tallas más frecuentes relacionadas con el proceso de reproducción en la costa de Quintana Roo (Ramírez, 1996; Padilla-Ramos y Briones-Fourzán, 1997).

Se han desarrollado trabajos para investigar el patrón de reclutamiento en Bahía de la Ascensión y la laguna arrecifal de Puerto Morelos (Briones-Fourzán y Gutiérrez-Carbonell, 1992; Briones-Fourzán, 1994), en los que se manifiesta que existe gran variabilidad en el reclutamiento de postlarvas en las zonas costeras del Caribe. Con relación al reclutamiento de postlarvas (puerulos) de *P. argus*, Gutiérrez-Carbonell *et al.* (1992) diseñaron un colector de éstas, que se ha utilizado con muy buenos resultados dentro del Caribe mexicano.

En cuanto al estudio del hábitat y los refugios preferidos por las langostas, se han revisado los patrones de preferencia en el tipo de refugio

de *P. argus* y *P. guttatus* en condiciones experimentales (Lozano-Álvarez y Briones-Fourzán, 2001). Asimismo se han estudiado los tipos de hábitat natural que prefieren las langostas en Alacranes y en algunas zonas de la costa de Yucatán (Ríos-Lara *et al.*, 2003; Bello *et al.*, 2005; Ríos-Lara *et al.*, 2007; Ríos-Lara, 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2011).

Algunos aspectos alimenticios sobre las especies *P. argus* y *P. guttatus* en el Caribe mexicano fueron abordados por Colinas-Sánchez y Briones-Fourzan (1990), y las diferencias y similitudes entre ambas especies las describe Briones-Fourzán (1995). También se ha analizado la importancia que tiene el tipo de alimento en la etapa juvenil (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001).

Se han realizado estudios de crecimiento, mortalidad y biomasa para zonas de la costa de Yucatán, Arce *et al.*(1991), Salas *et al.* (1992), Zetina-Moguel y Ríos-Lara(1998), y en Quintana Roo, González-Cano (1991). Se desarrolló un modelo de crecimiento para *P. argus* y un método para la determinación de la edad (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 2001). Se han estudiado el crecimiento y los movimientos de juveniles de *P. argus* en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo (Lozano-Álvarez *et al.*, 1991a), y a partir de datos de marcado-recaptura, Ramírez *et al.* (2010) estimaron los parámetros de crecimiento y los movimientos de langosta en Banco Chinchorro, además de la prevalencia del virus1 PaV1 en juveniles.

Con el fin de tratar de entender el comportamiento y estimar el crecimiento y la sobrevivencia de la langosta, Lozano-Álvarez y Spanier (1997) realizaron un estudio con langostas en cautiverio, tomando en cuenta factores como el alimento, el refugio y la presencia de un depredador.

González-Cano (1991) abordó el tema de la migración en la parte norte de Quintana Roo, hizo pronósticos de captura y evaluó el papel de las medidas de regulación en las condiciones en las que se encontraba en ese momento la pesquería.

Uno de los estudios de reproducción realizados en la región es el de Ramírez (1996), quien estimó la talla de primera reproducción, la proporción de sexos, la distribución porcentual de hembras ovígeras, la estructura de tallas y la proporción de organismos recién mudados. Al igual que Fonseca y Briones-Fourzán (1998), estimó la fecundidad de las hembras de *P. argus* en la zona norte-noreste del Caribe mexicano. Lozano-Álvarez *et al.* (1993) presentaron resultados de la presencia de adultos

reproductores en la plataforma continental afuera de la Bahía de la Ascensión Quintana Roo. Así también, Ríos-Lara *et al.* (2004) presentaron un modelo de distribución geográfica de las áreas de reproducción de la langosta (*P. argus*) en la zona profunda de la plataforma de Yucatán.

Con el fin de estudiar la distribución y la abundancia de langosta *P. argus*, se han hecho algunos trabajos en el Arrecife Alacranes (Ríos-Lara *et al.*, 1998) y en algunas zonas de la costa yucateca (Ríos-Lara, 2000), se han estimado la densidad, la distribución, la abundancia y la biomasa de la langosta con uso de sistemas de información geográfica (Ríos-Lara *et al.*, 2003; Bello *et al.*, 2005; Ríos-Lara *et al.*, 2007; Ríos-Lara *et al.*, 2011).

En lo tocante a los artes de pesca empleados para la captura de langosta en la región Golfo de México y mar Caribe, se han hecho experimentos dirigidos a ver la factibilidad de utilizar trampas en lugar de buceo SCUBA y pesca exploratoria con nasas en la zona centro de Quintana Roo (Lozano-Álvarez y Negrete-Soto, 1991; Lozano *et al.*, 1991b). Cuando se inició la captura con trampas en la plataforma de Yucatán, también se desarrollaron trabajos para medir el impacto que tenía su uso sobre la población de langosta (Ríos-Lara *et al.*, 2002). Asimismo, se hicieron estudios dirigidos a la prueba y la evaluación de artes de pesca alternativos, como el pesquero levable cubano (Ríos-Lara, 2000). Por otra parte, la World Wildlife Fund (WWF) editó un manual en el que se describen las técnicas de captura utilizadas en el Sistema Arrecifal Mesoamericano, incluido el Caribe mexicano (WWF, 2006).

Entre los trabajos que abordan el uso de refugios artificiales en esta pesquería, están los de De la Torre y Miller (1982), quienes diseñaron y probaron materiales para la construcción de ese tipo de refugios; Aguilar-Dávila *et al.* (1993) presentaron resultados sobre densidades de langosta en los refugios artificiales, en Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, mientras que Sosa-Cordero y Ramírez-González (1993) plantean hipótesis sobre el sistema de sombras en la pesquería e incluyen tasas de emigración desde áreas someras en el interior de la bahía a zonas profundas. Briones-Fourzán *et al.* (1994) estudiaron el papel de las casitas para propósitos de investigación y como instrumentos de captura. Lozano-Álvarez *et al.* (1994) evaluaron el papel de estructuras de bloques de concreto como un sitio para albergar langostas juveniles. Se realizaron estudios para evaluar el impacto de los refugios artificiales en la pesquería (González-Cano y Aguilar-Cardozo,

1993; Sosa-Cordero *et al.*, 1995) y sobre la abundancia y la biomasa de juveniles de *P. argus* (Lozano-Álvarez y Briones-Fourzán, 2001).

También han sido probados, evaluados y estimados índices de densidad y abundancia de langosta en refugios artificiales (Ríos-Lara *et al.*, 1995; Arce *et al.*, 1997; Ríos-Lara, 2000; Briones y Lozano, 2001), y se han estudiado las características que podrían influir en la ocurrencia de langosta en estas estructuras (Sosa-Cordero *et al.*, 1998).

Aspectos relacionados con el esfuerzo pesquero han sido abordados por Ríos-Lara *et al.* (1996) y Torres-Irineo y Salas (2009).

En el tema bioeconómico, la pesquería de langosta ha sido analizada en algunas zonas de pesca; así, González-Cano (1991) analizó la situación de la pesquería en el noreste de Quintana Roo para el periodo 1982-1988. Arceo (1991), Arceo y Seijo (1991) y Seijo *et al.* (1991) hicieron un análisis bioeconómico de los métodos de pesca utilizados en la península, haciendo hincapié en las relaciones captura-esfuerzo y determinaron los óptimos económicos para cada una de las técnicas de captura. Asimismo, Ríos-Lara *et al.* (2000) han analizado el efecto en la biomasa y la trascendencia económica que tendría el disminuir la talla mínima de captura en la plataforma de Yucatán. Ríos-Lara y Salas (2009) experimentaron en torno a diferentes esquemas de explotación para la pesquería de la plataforma de Yucatán, e indican que los mejores escenarios para obtener un incremento en biomasa y una mejora económica serían, en orden de ganancia: respeto a la talla mínima, modificación a la veda y disminución del uso de trampas.

Las evaluaciones de la población y de la capacidad de renovación se han llevado a cabo a través del uso de modelos de decaimiento, modelos de rendimiento excedente, análisis de cohortes por longitudes, modelo de estructura por edades y modelo de diferencia con retraso; se han obtenido puntos de referencia límite para el manejo de la pesquería en Yucatán (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 1998; González-Cano *et al.*, 2000; Ríos-Lara *et al.*, 2000; Ríos-Lara y Salas 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2011). También se han hecho estimaciones de densidad y biomasa a través de métodos de observación directa por buceo en Alacranes (Ríos-Lara *et al.*, 1998; Ríos-Lara *et al.*, 2003) y en la costa de Yucatán (Ríos-Lara *et al.*, 2011) y en Banco Chinchorro (Ley-Cooper, 2006). Aunado a lo anterior, González-Cano *et al.* (2001) evaluaron el estado de la población de langosta en la Reserva de la

Biósfera Banco Chinchorro y llevan a cabo un análisis de riesgo para valorar la razón de cambio de la biomasa y la probabilidad de que ésta caiga por debajo del Punto de Referencia; estudios sobre la tendencia, el estado actual de la pesquería y la dinámica de la población en Banco Chinchorro, también han sido realizados por Ley-Cooper (2006); Sosa-Cordero *et al.* (2008), por su parte, hacen un análisis sobre el estado actual de la pesquería en Punta Allen, Quintana Roo.

Sobre estrategias de manejo y medidas de regulación, Briones-Fourzán (1991a, b) hace una revisión de las más usuales en pesquerías marinas y analiza su aplicación en diversas pesquerías de langostas del mundo, incluido el análisis de la pesquería de *P. argus* en México, con relación a la talla mínima de captura y el periodo de veda; hace hincapié en la necesidad de tecnificar la captura y de limitar el esfuerzo de pesca en áreas muy someras. Ríos-Lara y Monroy (2007) revisaron el esquema de manejo en la pesquería de langosta, describen sus ventajas y hacen algunas observaciones al respecto.

Seguramente son muchos más los nombres de los investigadores que, sin aparecer en estas líneas y sin grados académicos ni poseedores de una ciencia excluyente, contribuyeron al saber que se escribió y ahora se escribe, serán como ese esqueleto peninsular que nos da suelo, nos permite imaginar y nos alimenta de una esencia propia. Nada más los pensamos quienes escribimos, y quienes lean sabrán que están ahí y sostienen los pasos.

Aspectos biológicos del recurso y principales relaciones ecológicas

Las especies de langostas que se encuentran en el Atlántico occidental pertenecen a las familias Palinuridae (espinosas), Nephropidae (bogavantes o queladas) y Scyllaridae (zapateras). Las langostas espinosas se clasifican taxonómicamente en:

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Suborden: Reptantia

Familia: Palinuridae

Género: *Panulirus*

Especie: *Panulirus argus* (Latreille 1804)

Las especies de la familia Palinuridae tienen distribución tropical y subtropical, tanto en aguas del Pacífico como del Atlántico (Chapa, 1964; Morgan, 1980), y la familia está integrada por diversas especies de los géneros *Jasus*, *Palinurus* y *Panulirus*.

Las especies del género *Panulirus* que se capturan en el área del Caribe mexicano y la plataforma de Yucatán son *Panulirus argus* (Latreille 1804) langosta del Caribe (Fig. 17), *P. guttatus* (Latreille 1804) langosta pinta (Fig. 18) y *P. laeviscauda* (Latreille 1804) langosta verde (Fig. 19), registrada sólo para el Caribe.



FIGURA 17. *Panulirus argus* (langosta del Caribe).



FIGURA 18. *Panulirus guttatus* (langosta pinta).



FIGURA 19. *Panulirus laevicauda* [langosta verde]. Tomada de Arcadio Castillo. Smithsonian Tropical Research Institute. Panamá. Ref. 24113.

La especie preponderante en las capturas comerciales de la península de Yucatán es *P. argus*, y aunque *P. guttatus* aparece en las capturas de Quintana Roo y del Arrecife Alacranes, y *P. laevicauda* en Quintana Roo, sus volúmenes son insignificantes. A pesar de ello, estudios ecológicos indican que *P. guttatus* presenta una distribución similar, aunque más restringida que la de *P. argus*, y es considerada como abundante en zonas de arrecife coralino en donde el coral *Acropora palmata* es la especie predominante (Munro, 1974; Briones-Fourzan, 1995). Se le ha encontrado también en escolleras de granito en Florida (Caillouet *et al.*, 1971) y es considerada por Carrasco-Zanini (1985), Negrete (1988) y Briones *et al.* (1983), como abundante en zonas de arrecife coralino desde isla Contoy hasta Banco Chinchorro, en la costa de Quintana Roo, por lo que Briones-Fourzan (1995) la señala como un posible recurso potencial en el área del Caribe mexicano. No obstante esto, el presente libro trata principalmente el tema de *P. argus*.

Morfología

Al igual que para la mayoría de los artrópodos decápodos, los palinúridos presentan una cabeza fusionada al tórax, por lo que se le conoce como cefalotórax (Fig. 20).

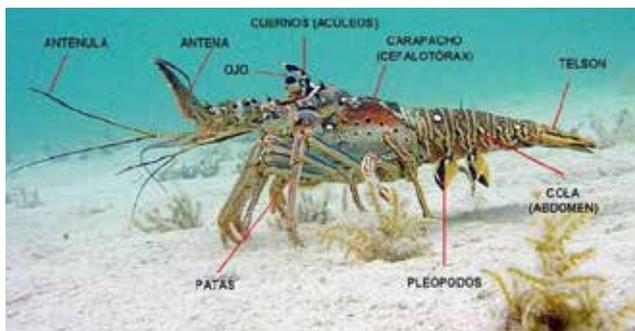


FIGURA 20. Morfología externa y partes del cuerpo de la langosta [fotografía tomada de María Estela de León (2006). CIP, La Habana, Cuba].

Presentan además un abdomen con estructuras externas que difieren dependiendo del sexo. Esto se debe a que, al igual que la mayoría de los decápodos, las langostas son especies gonocóricas o dióicas (sexos separados) y muestran dimorfismo sexual marcado que permite distinguir a machos de hembras. De tal forma que cada sexo presenta características sexuales primarias o gonádicas y características sexuales externas o secundarias definidas.

El macho es de aspecto más robusto, de cefalotórax más ancho y de abdomen más estrecho y corto que el de las hembras de la misma talla (Fig. 21).

Por otro lado, los machos presentan pleópodos (estructuras en forma de hoja) a partir del segundo segmento abdominal, de tipo unirrámeo (exópodo solamente), a diferencia de las hembras, en las cuales estas estructuras son birrámeas. En ellas se desarrolla una hilera de setas o serdas sobre el endópodo cuando la hembra alcanza su madurez sexual, que sirven para fijar los huevos y mantenerlos debajo del abdomen (Fig. 22). Estas setas no se presentan en hembras juveniles ni en adultas que han terminado el proceso reproductivo anual. En el caso de las adultas, después de la liberación de larvas, en más de una ocasión, las setas quedan muy dañadas y entonces, una vez que las hembras mudan al culminar dicho proceso, las setas volverán a desarrollarse o crecer. De ahí que, el largo de las setas, no debe ser tomado como un indicativo de la madurez ovárica; sino de la proximidad del proceso reproductor: apareamiento, madurez ovárica, fecundación, incubación y eclosión, en ese orden (Ramírez, 1996).

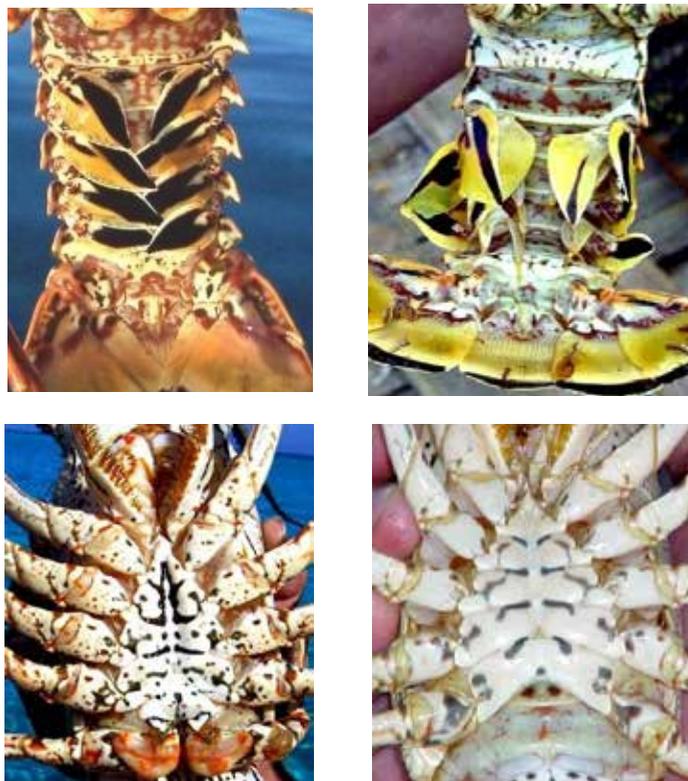


FIGURA 21. Diferenciación externa de sexos. El macho [izquierda, superior e inferior] presenta pleópodos simples y poros genitales en la base del quinto par de pereiópodos o patas y la hembra [derecha, superior e inferior] presenta pleópodos compuestos y los poros genitales en la base del tercer par de patas. Además, el esternón es más angosto en los machos que en las hembras [fotografías tomadas de María Estela de León (2006) CIP, La Habana, Cuba].

Junto con las características anteriores, los machos presentan los orificios genitales en la base del quinto par de patas (coxa), y las hembras en la base del tercer par. Asimismo, el segundo y tercer pares de patas en los machos son más largos y robustos y les sirven para sujetar a la hembra durante el apareamiento. Otra diferencia entre el macho y la hembra reside en que las patas caminadoras de los machos terminan en una uña. En cambio, el dactilo del último par de patas caminadoras de las hembras es subquelado y lo utilizan para rasgar el espermatóforo o “parche”, que es un paquete tubular que contiene espermatozoides, y que el macho

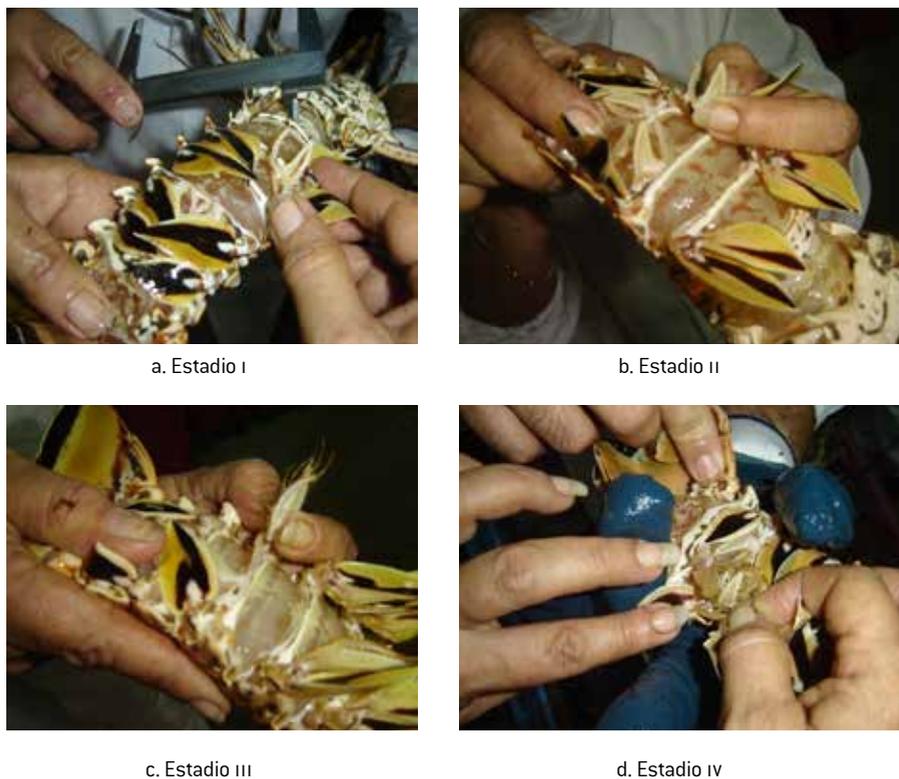


FIGURA 22. Pleópodos birrámeos de las hembras mostrando las setas en diferente estadio o largo [a. Estadio I, corta, b. Estadio II, mediana, c. Estadio III, larga y d. Estadio IV, huevos recién eclosionados, seta dañada y resto de huevos] en el endópodo interno [fotografías tomadas de María Estela de León (2006). C.I.P. La Habana, Cuba].

le adhiere en la parte media del esternón durante el apareamiento. En el momento en el que los ovarios de la hembra alcanzan su desarrollo máximo, ésta rasga el espermatóforo y libera los espermatozoides a la vez que expulsa sus óvulos, ocurriendo de esta manera la fertilización. Una vez que los óvulos son fertilizados se adhieren a las setas desarrolladas de los pleópodos internos de la hembra, donde permanecerán entre 30 a 45 días. Así, las langostas hembras utilizan estos dactílos subquelados para rasgar el espermatóforo, limpiar los huevos de posibles parásitos y romperlos en zonas profundas y de fuertes corrientes, cuando las larvas están a punto de eclosionar (Cruz *et al.*, 1987; Ramírez, 1996).

Distribución geográfica

La langosta *P. argus* posee uno de los intervalos de distribución más amplios de todos los palinúridos conocidos. Se le encuentra en el Atlántico occidental tropical y subtropical desde Brasil hasta Beaufort en Carolina del Norte, incluyendo las Bahamas, Bermuda, Yucatán y las islas del Caribe. En aguas mexicanas se distribuye alrededor de la península de Yucatán hasta Isla Aguada en Campeche; sin embargo, su presencia también se ha registrado en las costas de Veracruz y Tamaulipas. Las temperaturas a las que se les encuentra están entre los 16 °C y los 28 °C (Munro, 1974; Marx y Herrnkind, 1986; Cruz *et al.*, 1987; Ríos-Lara, 2009) y según algunos reportes, su distribución vertical va desde zonas sublitorales hasta 100 m de profundidad (Kanciruk, 1980; Lozano y Negrete, 1991) (Fig. 23). No obstante, pudiera encontrarse en aguas de mayor profundidad en donde no la alcanza la pesca y no se ha observado, esto explicaría en parte su persistencia en el Caribe (Ríos-Lara, 2009).

Algunas investigaciones sostienen la idea de que *P. argus* constituye una metapoblación pan-Caribeña compuesta por poblaciones locales interconectadas a través de la dispersión larvaria (Cochrane *et al.*, 2004; Ríos-Lara *et al.*, 2004; Ehrhardt, 2005; Ríos-Lara, 2007, 2009; Briones-Fourzán *et al.*, 2008). Se han encontrado evidencias de homogeneidad genética en su área de su distribución (Silberman *et al.*, 1994; Sarver *et al.*, 1996), aunque se ha puntualizado que la especie de Brasil es una subespecie del Caribe y el Atlántico (Shane *et al.*, 1998). Por otra parte, trabajos realizados a través de tarjetas de deriva, lanzadas en Cuba y encontradas en las costas del Caribe mexicano, las Bahamas, oeste del Golfo de México, Florida y noreste y noroeste de Cuba (Blázquez y Romeu, 1982), evidencian la posible deriva larval en el Caribe.

Ciclo de vida

La langosta del Caribe *P. argus* tiene un complejo ciclo de vida que incluye varias fases: adulto, huevo, larva (filosoma), postlarva (puerulo), juvenil y subadulto (Phillips y Sastry, 1980) y requiere diferentes tipos de hábitat en cada una de ellas (Lipcius y Cobb, 1994) (Fig. 24).

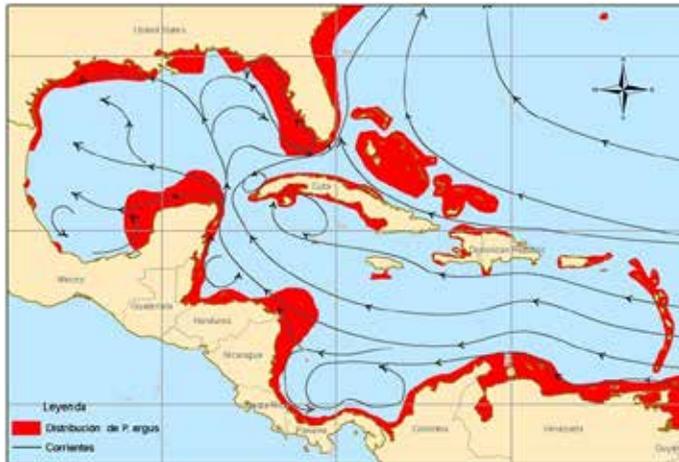


FIGURA 23. Distribución de *Panulirus argus* en el Caribe y principales corrientes superficiales.

El apareamiento se lleva a cabo en zonas arrecifales, las hembras se desplazan hacia aguas profundas cercanas al borde de la plataforma a incubar los huevos y a liberar sus larvas; los ovulos y los espermatozoides salen en sincronía y se produce la fecundación; los huevos quedan adheridos a los pleópodos (Cruz *et al.*, 1987) y al cabo de tres a seis semanas, de cada huevo nace una larva o filosoma (Buesa, 1965).

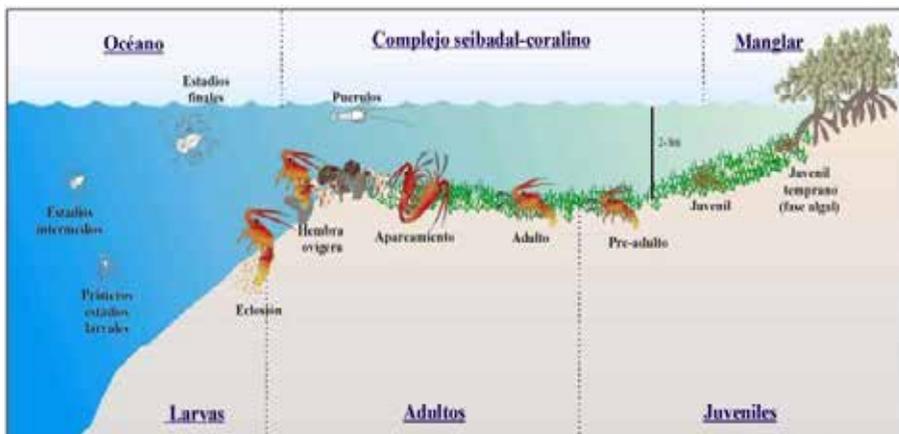


FIGURA 24. Etapas del ciclo de vida de la langosta *Panulirus argus* que transcurren en diferentes hábitats, desde aguas someras con abundancia de mangles y algas rojas, pasando por el complejo ecológico seibadal-arrecife coralino, hasta áreas oceánicas donde se desarrolla la etapa larval [figura tomada de De León, 2005].

La larva filosoma de las langostas espinosas (*Panulirus* spp.) tienen una duración planctónica larga. Algunos autores indican que podría ser de nueve a 14 meses (Lyons *et al.*, 1981; Farmer *et al.*, 1989), de seis a 11 meses (Cruz *et al.*, 1987) o de seis a 12 meses (Yeung y Lee, 2002) y son altamente susceptibles al transporte fuera de sus poblaciones fuente (Booth y Phillips, 1994). Las larvas están en proceso de cambio continuo, tienen varios estadios larvales –usualmente 11– (Phillips y Sastry, 1980; Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá, 1988), que conforman tal vez la parte más dinámica y vulnerable de su ciclo de vida (Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004).

Las filosomas son formas aplanadas, transparentes y planctónicas que habitan en el océano abierto; recién nacidas poseen fototropismo positivo presentando después un comportamiento inverso, concentrándose durante el día en profundidades entre 25 m y los 50 m, aunque pueden encontrarse a mayores profundidades, principalmente los estadios más avanzados. Durante la noche realizan migraciones verticales ascendiendo a las capas superficiales (Cruz *et al.*, 1987; Muñoz-García *et al.*, 2004).

El primer estadio larval se desarrolla cerca del borde de la plataforma, en las áreas donde tiene lugar la concentración de hembras ovígeras; después de la última fase larval sigue una fase postlarval (puerulo) (Lewis, 1951 y 1952; Baisre, 1964; Sims y Ingle, 1967; Cruz *et al.*, 1987; Lyons, 1980). Durante el último estadio los puerulos (5-7 mm de longitud del cefalotórax LC) no se alimentan y nadan activamente hacia la zona costera para asentarse (Butler *et al.*, 1997).

El paso de la etapa planctónica a la bentónica (fase postlarval) está mediado por un conjunto de señales físicas, químicas y biológicas que orientan a las postlarvas hacia los sitios de asentamiento (Little, 1977; Butler y Herrnkind, 1991; Briones-Fourzan, 1993; Field y Butler, 1994). El asentamiento se lleva a cabo generalmente en aguas someras con probabilidad de encuentro de hábitat apropiado. Los patrones de asentamiento indican espacio-temporalidad con una distinción de periodicidad lunar; los picos de asentamiento por lo regular ocurren durante la luna nueva y el primer cuarto de la fase lunar (Little, 1977; Phillips *et al.*, 1980; Hernkind y Butler, 1986; MacDonald, 1986; Bannerot *et al.*, 1991; Salas *et al.*, 1992, 1996; Briones-Fourzán, 1994; Briones-Fourzán *et al.*, 2008).

La sobrevivencia postlarval depende de factores ambientales que incluyen alimento, luz, temperatura, salinidad, enfermedad, mutilación, ambiente social, calidad del agua, más una combinación de preferencias de asentamiento no conocida, mortalidad diferencial y movimiento post-asentamiento.

Una vez que las postlarvas o puerulos se fijan, comienzan a producirse cambios morfológicos que culminan en un primer estadio postpuerulos iniciando su etapa bentónica, en la que permanecerán toda su vida (Cruz *et al.*, 1987). En esta etapa ya se han diferenciado los sexos y los organismos son considerados juveniles; adquieren hábitos gregarios y van cambiando de hábitat conforme se acerca la madurez sexual.

Los juveniles atraviesan por dos fases ecológicas distintas: una bentónica temprana y otra bentónica tardía. La temprana corresponde a los juveniles recién asentados (7-15 mm de LC), para los cuales el hábitat no cambia radicalmente después de realizado el asentamiento definitivo en el bentos (juvenil algal) y se les encuentra en profundidades de uno a cuatro metros; sin embargo, se han encontrado en áreas más profundas cuando hay escasez de refugio y alimento en las áreas típicas de reclutamiento bentónico (Lozano-Álvarez *et al.*, 1991). La fase tardía (15-45 mm LC) corresponde a juveniles que habitan en hendiduras, compartiendo el refugio con otras especies (Herrnkind, 1980; Lipcius y Cobb, 1994; Butler y Herrnkind, 1997). En esta fase se les encuentra entre 2 m y 15 m de profundidad (1-8 brazas), tanto en la costa (Ríos-Lara *et al.*, 2011), como en sistemas arrecifales emergentes lejos de ella (Ríos-Lara *et al.*, 2007). Los juveniles permanecen en áreas de crianza entre 15 meses a dos años (Davis, 1979), y viven en cuevas y oquedades (Briones-Fourzan y Gutiérrez, 1991; Briones-Fourzan y Gutiérrez-Carbonell, 1992) (Fig. 25).

La mortalidad en juveniles se incrementa como una función de densidad inicial (reclutamiento), densidad del depredador y la disponibilidad de hábitat. La mortalidad denso-dependiente es el resultado de una interacción entre depredadores y la disponibilidad de sustrato preferencial. Cuando el hábitat presenta mayor complejidad, la sobrevivencia es mayor (Beukers y Jones, 1997). Las langostas que alcanzan tallas de entre 45 mm y 80 mm de LC, se dice que son subadultas (Butler y Herrnkind, 1997).

Son adultos aquellos organismos de entre 2 y 2.5 años, cuando ya son capaces de reproducirse y generalmente miden más de 80 mm LC. A los adultos jóvenes se les encuentra en zonas más o menos someras (15 m)



FIGURA 25. Juveniles de *Panulirus argus* en su hábitat natural (longitud total media 12 cm). Áreas de pesca de la zona centro (Dzilam Bravo).

en donde habitan también juveniles tardíos y subadultos, hasta en arrecifes coralinos o rocosos profundos arriba de 100 m de profundidad donde se encuentran las langostas más viejas (Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá, 1988; Lozano-Álvarez y Negrete-Soto, 1991; Ríos *et al.*, 2004, 2007). En la plataforma de Yucatán se les captura principalmente entre 15 m y 55 m de profundidad (nueve a 30 brazas).

Alimentación

Las langostas Palinuridae son omnívoras: en sus fases larvales la morfología de la boca, los apéndices y estructuras alimenticias sugieren que su alimentación se basa en organismos más grandes que las larvas, pero de consistencia suave como la de los hidrozooos, poliquetos y larvas de peces; y los mecanismos de detección de las presas están asociados a estímulos foto-químicos poco conocidos (Cox *et al.*, 1997; Cox y Johnson, 2003).

Los juveniles, subadultos y adultos de *P. argus* se alimentan de crustáceos (cangrejos), gasterópodos (*Strombus gigas*), almejas, equinodermos, poliquetos, peces y algas coralinas (Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990; Herrera *et al.*, 1994a, 1994b; Briones-Fourzán *et al.*, 2003) y sus hábitos alimenticios son nocturnos (Lozano-Álvarez y Aramoni-Serrano, 1996).

El área de mayor potencial alimentario de las langostas dentro de la plataforma está constituida por las zonas de ceibadal arenoso a 10 m de profundidad, debido a que las langostas acuden preferentemente a estas zonas por la gran cantidad de moluscos y a la estructura de la fauna ahí existente; sin embargo, adecuan su dieta según el hábitat, si bien los moluscos son el grupo principal (Herrera *et al.*, 1994a).

Depredadores

Las filosomas y puerulos de *P. argus* con frecuencia se encuentran en el contenido estomacal de peces pelágicos (Phillips y Sastry, 1980). En sus fases juveniles, la langosta es depredada por los pulpos (*Octopus* sp.) (Fig. 26) y cangrejos portúnidos (Andrée, 1981); el tiburón gata (*Ginglymostoma cirratum*) (Fig. 27), los meros (*Epinephelus morio* y *Epinephelus striatus*), el abadejo (*Mycteroperca bonaci*), las morenas (*Gymnotorax* spp.) (Fig. 28), el escochín o cochinita (*Balistes vetula* y *Balistes capriscus*) y varias especies de pargo de la familia Lutjanidae han sido reportados también como importantes depredadores de langostas tanto juveniles como adultas (Buesa, 1965; Cruz *et al.*, 1987; Ríos-Lara *et al.*, 1995; Herrera e Ibarzábal, 1995; Cruz y Phillips, 2000; Lavalli y Herrnkind, 2009).



FIGURA 26. El pulpo [*Octopus maya*] depredador de langostas.



FIGURA 27. El tiburón gata [*Ginglymostoma cirratum*] se encuentra entre los depredadores de langosta, común dentro de refugios artificiales en la costa de Yucatán.



FIGURA 28. La morena [*Gymnotorax* sp.] es otro de los depredadores de la langosta.

Enfermedades

Desde hace poco más de una década (1999) fue descubierto en los Cayos de Florida, el virus patogénico *Panulirus argus* Virus 1 (PaV1), que afecta la ecología y la fisiología de las poblaciones silvestres de *P. argus*, al grado de provocar muchas veces su muerte (Shields y Behringer, 2004).

Cuando las langostas están infectadas se vuelven sedentarias, dejan de alimentarse y mueren. La transmisión del virus se hace por ingestión

o contacto, y para los reclutas recién asentados, la infección se contrae por las partículas libres de virus en el medio acuático. Las langostas sanas tienden a separarse de las enfermas, por lo que generalmente los juveniles infectados viven solitarios. Sin embargo, evitar a los individuos enfermos puede resultar en el incremento de la competencia por el refugio entre las langostas sanas y las enfermas e incrementar la depredación sobre langostas infectadas (Behringer *et al.*, 2011).

Este virus también ha sido detectado en Cuba, Belice, St. Croix, St. Kitts y el Caribe mexicano, además de Florida. Aparece en mayor proporción en juveniles, pero se ha presentado también en adultos. Se ha observado en la captura con trampas de los Cayos de Florida (11%), así como en subadultos y adultos importados de Belice a México (50%) (Shields y Behringer, 2004; Huchin-Mian *et al.*, 2009; Behringer *et al.*, 2011).

En el Caribe mexicano se reporta su prevalencia en bajas proporciones y ésta ha sido mayor en organismos de clases de talla pequeña (Lozano-Álvarez *et al.*, 2008; Briones-Fourzán *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2010). En un estudio realizado en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro, basado en marcado-recaptura, se observó que 3.9% de las langostas juveniles recapturadas presentaba signos externos de la enfermedad ocasionada por PaV1, y en las que fueron vueltas a capturar varias veces, se pudo observar que no hubo crecimiento (Ramírez *et al.*, 2010). Aunque se conoce poco sobre la enfermedad, puede significar una amenaza potencial para las pesquerías de langosta del Caribe (Behringer *et al.*, 2011).

Movimientos

En varias especies de langostas espinosas se han observado diferentes tipos de movimiento: desplazamientos nocturnos diarios, migraciones masivas estacionales, movimientos nomádicos y movimientos de huida.

Los movimientos nocturnos diarios son recorridos cortos e irregulares con fines alimenticios, durante los cuales las langostas se desplazan de manera individual hacia las zonas de pastos y algas cercanas a sus refugios, en busca de alimento (Cruz *et al.*, 1987).

Los movimientos migratorios de la langosta espinosa (*P. argus*, *P. cignus*, *P. ornatus*) han sido ampliamente estudiados y se ha observado gran variabilidad en su amplitud y su dirección. Todas estas especies presentan

movimientos nomádicos de varios kilómetros y migraciones masivas por arriba de 500 km (Herrnkind, 1983). En *P. argus* y *P. guttatus*, se ha reconocido la importancia de las señales hidrodinámicas y magnéticas como parte de la habilidad para encontrar sus refugios durante las migraciones masivas (Herrnkind, 1980; Lomhmann *et al.*, 1995; Nevitt *et al.*, 1995; Lozano-Alvarez *et al.*, 2002).

Los conocimientos que se tienen sobre los movimientos masivos de langostas adultas en la costa norte de Yucatán proceden principalmente de las observaciones que se han hecho durante la pesca comercial (Fig. 29). Se sabe que después del primer “norte”, las langostas inician un movimiento en contra de la corriente dirigiéndose hacia el Caribe, que es aprovechado por los pescadores para pescar utilizando redes o mediante el buceo, siendo lo más común el uso de redes. Estos movimientos masivos siguen pulsos durante el invierno (diciembre-enero). Una de las hipótesis sobre las causas de esta migración es que se trata de una corrida con fines reproductivos, dirigiéndose las langostas, en contra de la corriente predominante de sur a norte, hacia aguas más cálidas en busca de mejores condiciones en términos de disponibilidad de refugio y alimento. Con menos frecuencia se han observado movimientos de langostas desde las zonas profundas hacia regiones costeras de complicada estructura arquitectónica, y éstos se llevan a cabo durante los meses de “nortes” (octubre-marzo) (Ramos, 1974; Fuentes, 1986; González-Cano, 1991; Ramírez, 1996; Ríos *et al.*, 2004).



FIGURA 29. Corrida de *Panulirus argus*.

Los movimientos nomádicos son realizados al azar, de forma individual y carácter esporádico. Los juveniles presentan movimientos no direccionales y el espacio en el que se mueven tiende a aumentar con la talla (Herrnkind y Butler, 1986; Yoshimura y Yamakawa, 1988). Un estudio de marcado-recaptura realizado recientemente en Banco Chinchorro en el Caribe mexicano, menciona que los movimientos de juveniles fueron de entre 11 m y 4.2 km con una media de 215 m, realizados entre 21 y 245 días y con valores extremos de 16, 19 y hasta 37 km (Ramírez-Estévez *et al.*, 2010). En un trabajo anterior realizado en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, los individuos juveniles recapturados presentaron movimientos de entre 0 km y 45 km en 30 a 120 días (Lozano-Álvarez *et al.*, 1991a). En esta misma bahía, donde se utilizan casitas comerciales en la pesquería de langostas, Lozano-Álvarez *et al.* (2003) registraron movimientos de 25 m a 416 m en un solo día para langostas subadultas (45-80 mm LC). Langostas marcadas en aguas costeras de Florida han presentado movimientos de entre cero y 101 km en periodos de uno a 619 días (Gregory y Labisky, 1986). En el Golfo de Batabanó, Cuba, juveniles y adultos se movieron un promedio de 11 km a 22 km, con distancias extremas de 64 km, en periodos de siete a 786 días (Cruz *et al.*, 1986).

En todos esos estudios se observó un desplazamiento de langostas hacia aguas más profundas en función de su talla, seguido de movimientos horizontales, por medio de los cuales se redistribuyeron en amplias zonas costeras.

El nomadismo se incrementa en la fase adulta, en primavera-verano, a causa de factores ambientales. Algunos de los factores que provocan el desplazamiento de las langostas son: las grandes precipitaciones en el mes de junio (disminución de la salinidad) en las regiones adyacentes a la costa, la intensidad y la duración de los vientos en los meses de abril a junio (turbulencia del agua debida al oleaje), y la temperatura promedio en el mar los meses más calientes del año (Buesa-Mas, 1965; Cruz *et al.*, 1987).

El movimiento de huida lo realizan las langostas ante la presencia de eventos ocasionales en el medio. En la plataforma de Yucatán, este movimiento se ha observado como respuesta a fenómenos como la marea roja, en los que las langostas (igual que otros organismos marinos) se desplazan hacia la costa, o bien hacia aguas profundas, saliendo de la franja de influencia de dicho fenómeno y buscando sitios saludables (Zetina-Ríos

et al., 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2011). Esto ocurre por lo regular al final del verano y principios del otoño (agosto-septiembre).

Crecimiento

Es difícil determinar la edad en organismos marinos tropicales debido a la amplitud de sus épocas de reproducción y de la variabilidad del crecimiento individual (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 2001), lo que se complica más cuando se trata de macrocrustáceos (camarones, cangrejos, langostas), ya que estos animales crecen por medio de ecdisis o mudas, durante las cuales pierden sus estructuras duras (Brown y Caputi, 1985). Luego entonces, para estudiar el crecimiento de langosta se han utilizado métodos como el marcado-recaptura (Davis y Dodrill, 1989; Lozano-Álvarez *et al.*, 1991b; Forcucci *et al.*, 1994; Briones-Fourzan *et al.*, 2007; Ehrhardt, 2008; Ramírez-Estévez *et al.*, 2010), o basados en el análisis de frecuencia de tallas (Munro, 1974; Cruz *et al.*, 1981; Arce *et al.*, 1991; González-Cano, 1991; Castaño y Cadima, 1993; Mateo y Tobías, 2002; De León *et al.*, 2005) y el contenido de lipofuscina en el sistema nervioso (Maxwell *et al.*, 2007). En la mayoría de los casos, los datos obtenidos con estos métodos se utilizan para calcular los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy (t_0 , κ y L_∞), aunque se reconoce que este modelo puede no ser el más adecuado para representar el crecimiento individual de los crustáceos (Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 2001).

En la región del Caribe, incluido México, el uso de métodos indirectos basados en el análisis de la frecuencia de longitudes, para estudiar el crecimiento de langosta *P. argus*, es más frecuente que los trabajos de marcado y recaptura, y más aún que el de contenido de lipofuscina en el sistema nervioso. Los mayores valores de κ y L_∞ son los estimados por métodos indirectos (Tabla 3).

TABLA 3

Parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy (κ y L_{∞}) estimados para langosta *Panulirus argus* en el Caribe por diferentes métodos

<i>Métodos indirectos (análisis de frecuencia de tallas)</i>			
K (año ⁻¹)	L_{∞} (mm de LC)	Autor	Lugar
<i>Frecuencia de tallas</i>			
0.22	192	Munro (1974)	Jamaica
0.27	154	Cruz <i>et al.</i> (1981)	Cuba
0.22	290	González-Cano (1991)	México
0.29	149	Arce <i>et al.</i> (1991)	México
0.30	161	Castaño y Cadima (1993)	Nicaragua
H:de 0.20 a 0.23	de 170 a 177	Mateo y Tobías (2002)	Islas Vírgenes
M:de 0.23 a 0.28	de 185 a 197		
De 0.20 a 0.27	de 177 a 190	De León <i>et al.</i> (2005)	Cuba
<i>Marcado y Recaptura</i>			
H:0.23	H: 215	Lozano-Álvarez <i>et al.</i> (1991)	México
M:0.20	M:257		
	H:151	Ehrhardt (2008)	Florida
	M:220		
0.337	200.5	Ramírez-Estévez <i>et al.</i> (2010)	México
0.405	201.5		
<i>Contenido de lipofuscina en el sistema nervioso</i>			
H:0.62	H:143	Maxwell <i>et al.</i> (2007)	Florida
M:0.47	M:182		

Reproducción

Entre los dos y los dos años y medio, los órganos reproductores de la langosta *P. argus* alcanzan su pleno desarrollo. La talla de primera madurez es reportada por varios autores para diferentes zonas del Caribe (Tabla 4). Se observa consistencia en cuanto a la talla de primera madurez en el Caribe mexicano, Colombia y Nicaragua, y difiere en Cuba, Turks y Caicos.

TABLA 4

Talla de primera madurez, a 50% y a 100%, para la langosta del Caribe medida como longitud cefalotorácica (LC) y longitud abdominal (LA)

Talla más pequeña de hembras ovígeras	50%	100%	País	Autores
72 mm de LC			Caribe Mexicano	González-Cano y Aguilar [1987]
74.8 mm LC [~133 mm LA]	99 mm LC [~172 mm LA]		Caribe Mexicano	Ramírez [1996]
67 mm LC	81 mm LC	97 mm LC	Cuba	Cruz y De León [1991]
83 mm LC	93 mm LC	108 mm LC	Turks y Caicos	Medley y Niñez [1997]
70 a 74 mm LC			Nicaragua	Castaño y Cadima [1993]
72 mm LC	92 mm LC		Colombia	Gallo <i>et al.</i> [1998]

Fuente: Ríos-Lara, 2009

De acuerdo con Chapa (1964), la época reproductiva de cualquier langosta espinosa puede dividirse en tres etapas:

- 1) El apareamiento, durante el cual el macho adhiere a la hembra un saco espermático en la región inferior del cefalotórax, entre las coxas de los apéndices ambulacrales II, IV y V, cerca de los orificios sexuales de la hembra, antes de que ésta desove. El saco espermático o espermatóforo posee un material cementante y de apariencia viscosa, que cambia de color y consistencia, de blanco a negro profundo. Debido a la apariencia de éste, los pescadores dicen que la hembra está “parchada”. El apareamiento de la langosta se produce en zonas arrecifales durante todo el año, con mayor frecuencia entre febrero y agosto (González-Cano y Aguilar, 1987; Cruz y De León, 1991; Castaño y Cadima, 1993; Ramírez, 1996; Ríos-Lara *et al.*, 2004).
- 2) Los óvulos son expulsados y fecundados. Para ello, la hembra rasga el espermatóforo con las quelas del quinto par de pereiópodos, liberando los espermatozoides que fertilizarán los óvulos expulsados al unísono. Una vez fecundados, los huevos se adhieren a los filamentos localizados en los pleópodos internos de la región abdominal de la hembra. Durante el desove, los óvulos son expulsados en dos o tres paquetes con un periodo de descanso entre cada uno (Buesa, 1965).
- 3) Durante la tercera etapa, las masas de huevecillos recién fecundados presentan una coloración naranja brillante, y posteriormente en un

estado más avanzado de madurez, toman coloración naranja oscuro, marrón o carmelita por el desarrollo de los ojos, antes de que las larvas eclosionen (Fig. 30).



FIGURA 30. Fase sexual de las hembras: Fase sexual 3 [izquierda] y fase sexual 5 [derecha]. En este caso, además de masa de huevos externa, las hembras presentan espermatóforo o parche completo, indicativo de un segundo apareamiento [fotografías tomadas de María Estela de León (2006). CIP, La Habana, Cuba].

Para la incubación de los huevos, las hembras se desplazan a aguas profundas, los huevos son retenidos durante aproximadamente un mes en el abdomen y, al madurar, eclosiona el primer estadio larvario (filosomas). La estación de desove se da por la influencia de un conjunto de condiciones ambientales cuyas variaciones anuales podrían resultar en retardos o adelantos en un intervalo de un mes Cruz *et al.* (1992).

Las langostas por lo general producen gran número de huevos (entre 150 000 y 1 950 000 en *P. argus*) y la cantidad es directamente proporcional al tamaño del individuo. En el Caribe mexicano, Ramírez (1996) estimó la fecundidad en un intervalo de 280 400 huevos a 1 308 200 huevos, con un promedio de 592 257 huevos para hembras de 75 mm a 145 mm de longitud cefalotorácica (LC). Aunque la fecundidad es alta, en estos organismos

la prolongación de la vida larval implica gran mortalidad por depredación de huevos y larvas (Kanciruck y Herrnkind, 1976; Kanciruck, 1980; Eggleston *et al.*, 1998).

En la costa de Quintana Roo se han reportado dos periodos de desove más intenso, uno que comienza en febrero y alcanza su máximo en mayo (con 70% de hembras grávidas) (Ramírez, 1996) y finaliza a principios de agosto, y otro de menor intensidad que abarca de septiembre a octubre, disminuyendo la actividad reproductiva durante los meses de invierno (González-Cano y Aguilar, 1987; González-Cano, 1991; Ramírez, 1996; Briones-Fourzán *et al.*, 1997, 2008).

Cabe señalar que debido a que los únicos trabajos que aportan información sobre la actividad reproductiva en el periodo de veda son los de Ramos (1975) y Ramírez (1996), el resto de la información con la que se cuenta deriva de la obtenida durante el periodo de pesca comercial (julio-febrero). De ahí que la información vertida a continuación sobre el aspecto reproductivo haga referencia sólo a este periodo.

Durante las temporadas 1997 a 2006, la presencia de hembras ovígeras en la captura fue variable, en prácticamente todos los meses a excepción de las temporadas 2003 y 2005 durante el periodo noviembre-febrero. Mayor presencia de éstas se pudo observar a mitad del verano y principios del otoño (julio-septiembre), así como en invierno (enero-febrero) (Tabla 5).

Considerando el número total de hembras ovígeras que aparecieron en cada temporada, como 100%, se han calculado los porcentajes correspondientes a cada mes dentro de cada temporada de captura. Se observa gran variabilidad entre los meses y el porcentaje de hembras ovígeras en un determinado mes cambia entre temporadas; no obstante, el mes de julio siempre es el mayor. Para las temporadas analizadas, el porcentaje de hembras ovígeras fue mayor a mitad del verano y principio del otoño, julio (1997-2006), agosto (1999, 2003), septiembre (2003, 2004) y en algunas temporadas en el invierno, enero (2005) y febrero (2000, 2006) y menor en los meses de octubre (1998, 1999, 2000, 2001, 2003 y 2005), enero (1998, 1999, 2000 y 2001), febrero (2001 y 2002), diciembre (2004) y septiembre (2006) (Fig. 31).

TABLA 5

Hembras ovígeras en la captura de langosta *Panulirus argus* de la zona noreste de Quintana Roo (Isla Mujeres) en diferentes temporadas de pesca. HO = Hembras ovígeras

Temporada	HO [%]	Meses en los que aparecieron HO	Meses de mayor presencia de HO	Meses en los que no aparecieron HO
1997	15.0	julio-octubre y diciembre- febrero	enero	noviembre
1998	12.5	julio a febrero	julio, agosto y febrero	
1999	06.0	julio-noviembre y enero-febrero	enero, agosto y febrero	diciembre
2000	22.0	julio, septiembre-febrero	julio	agosto
2001	12.0	julio-diciembre y febrero	julio-septiembre	enero
2002	11.0	julio-octubre y diciembre-febrero	julio, agosto, octubre y febrero	noviembre
2003	16.0	julio-octubre	julio-septiembre	noviembre-febrero
2004	14.0	julio, septiembre-febrero	septiembre, enero y julio	agosto
2005	15.0	julio-octubre	julio-septiembre	noviembre-febrero
2006	25.0	julio-octubre, febrero	julio, agosto y febrero	

Fuente: Ríos-Lara *et al.*, 2009.

Las longitudes medias de las hembras ovígeras capturadas en la zona noreste (Isla Mujeres) están entre 18.4 cm y 19.8 cm de longitud abdominal (LA), que correspondería aproximadamente a langostas de entre 9.4 cm y 10.1 cm de longitud cefalotorácica (LC). Sin embargo, se puede observar una mayor presencia de éstas en las clases 25 cm y 26 cm LA y en algunas temporadas (2000 a 2002), también en las clases 18 cm a 24 cm LA.

En la porción centro-occidental de la plataforma de Yucatán y la parte profunda alrededor del Parque Nacional Arrecife Alacranes se ha registrado la presencia de hembras en alguna etapa reproductiva (parchadas u ovígeras); generalmente, la cantidad de langostas en alguna de estas etapas se incrementa con la profundidad, y en la plataforma de Yucatán sucede en profundidades por arriba de los 43.2 m (24 brazas) durante todo el año; no obstante, los meses de mayor actividad reproductiva van de febrero a agosto, coincidiendo con lo que sucede con otras poblaciones del Caribe. En el estudio de Ríos-Lara *et al.* (2004) se menciona que cuando la proporción de machos fue mayor que la proporción de hembras, la cantidad de hembras ovígeras fue mayor que cuando se registraron más hembras

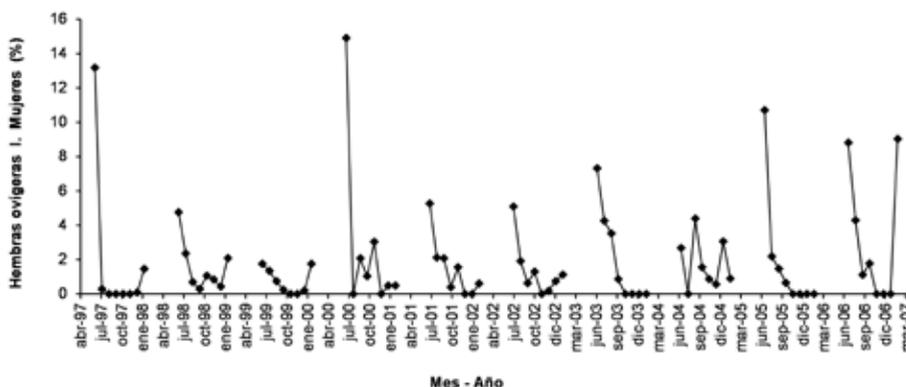


FIGURA 31. Presencia de hembras ovígeras en la captura comercial de la zona noreste (Isla Mujeres) de la península de Yucatán.

que machos, pero cuando la proporción de sexos fue uno a uno, entonces todas las langostas hembras registradas presentaron espermatóforo adherido, o bien, masa ovígera –febrero 2002– (Tabla 6).

TABLA 6

Composición de la captura proveniente de la zona profunda:
 MC = machos en la captura, HC = hembras en la captura, HO = hembras ovígeras, HP = hembras parchadas y TH = total de hembras

Mes	Año	MC (%)	HC (%)	HO/TH (%)	HP/TH (%)	HP + HO (%)	Zona
Ago.-sep.	1996	44	56	5	0	5	Cayo Arcas
Sep.-oct.	1996	30	70	9	0	9	Triángulos y Banco Nuevo
Oct.-nov.	1996	54	46	0	0	0	Alacranes y sur Alacranes
Nov.-dic.	1996	47	53	2	0	2	Cayo Arcas
Feb.	1997	66	34	0	0	0	Alacranes y Bajos norte
Feb.	1999	48	52	1	42	43	Alacranes
Feb.	2000	62	38	38	53	91	Noreste Alacranes
Oct.	2000	47	53	1	2	3	Sureste Alacranes
Jul.	2001	74	26	16	9	25	Suroeste Alacranes
Feb.	2002	52	48	39	61	1	Suroeste Alacranes
Jul.	2002	61	39	26	1	27	Suroeste Alacranes
Sep.	2002	61	39	7	27	34	Suroeste Alacranes

Fuente: Ríos-Lara *et al.*, 2004.

Principales características del hábitat

La larga duración del periodo larvario de *P. argus*, le brinda a ésta la posibilidad de una amplia dispersión, que se asocia con corrientes superficiales (manejadas por el viento) y oceánicas. En la última fase larval migra hacia sitios de asentamiento en la costa o zonas someras de sistemas arrecifales, en donde inicia su fase bentónica (Ríos-Lara, 2009).

La selección del hábitat y la interacción social juegan un papel importante en la historia de vida de las langostas (Lipcius y Eggleston, 2000) después del asentamiento, su distribución está fuertemente relacionada con áreas de características requeridas por estos organismos, en términos de refugio y alimento (Ríos-Lara, 2009). La sobrevivencia, el crecimiento, la reproducción y los movimientos durante los cambios estacionarios y los diferentes estadios del ciclo de vida de estos organismos, a menudo están relacionados con la distribución de recursos críticos y las interacciones entre congéneres con la necesidad de estos recursos (Herrnkind, 1980; Kanciruk, 1980).

Los puerulos habitan aguas someras, por lo regular bahías y prefieren hábitats de arquitectura compleja como las raíces sumergidas de mangle, camas de pastos (*Thalassia testudinum*) y los parches de alga roja (*Laurencia* spp.), así como objetos flotantes o fijos (redes, sargazos, etc) (Buesa, 1965; Witham *et al.*, 1968; Munro, 1974; Marx y Herrnkind, 1985; Herrnkind y Butler, 1986; Salas *et al.*, 1996). Durante este primer periodo bentónico, los individuos por lo general son solitarios (Butler *et al.*, 1997).

La fase juvenil bentónica temprana corresponde a los juveniles recién asentados, para los cuales el hábitat no cambia drásticamente después de realizado el asentamiento definitivo en el bentos (Lipcius y Cobb, 1994).

En la segunda fase, habitan en cuevas y hendiduras (Briones-Fourzan y Gutiérrez Carbonell, 1992; Lipcius y Cobb, 1994; Ríos-Lara, 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2011), que comparte con otras especies (Herrnkind, 1980; Ríos-Lara *et al.*, 2011). Los juveniles en toda esta etapa (de 15 meses a dos años) residen en áreas de crianza habitualmente someras (Davis, 1979).

Se han reportado juveniles de entre 2.5 y 10 cm de longitud total, en sitios donde el fondo está compuesto por sustrato particulado, cubierto por pastos y macroalgas, también en los bordes de las lagunas internas del Arrecife Alacranes a una profundidad media de 7 m y son abundantes

durante los meses de invierno: noviembre-enero (Ríos-Lara *et al.*, 2007). Los sitios se caracterizan por presentar una estructura compleja y sujeta a cambios temporales y espaciales; aunque dos áreas separadas en el espacio tengan rasgos comunes de composición de flora y fauna, las mayores abundancias de langosta se relacionan con condiciones de mayor diversidad biológica (Ríos-Lara *et al.*, 2011) (Figs. 32 y 33).

En áreas en donde se capturan juveniles (entre 1.8 m y 12 m de profundidad) se ha observado que las langostas se distribuyen en pequeños parches dentro de una gran área, que muestran principalmente la estructura del fondo (Fig. 34). Los grupos de algas y pastos marinos observados en áreas alrededor de los hábitats de langosta, están conformados sobre todo por algas verdes y rojas y en menor número de especies, algas cafés, además de los pastos *Syringodium filiforme* y *Thalassia testudinum* (Tabla 7). Gran número de especies habita o se alimenta en los sitios en donde se captura langosta, algunos de ellos comparten el hábitat y algunos son depredadores, como el pulpo (*Octopus maya*) y el tiburón gata (*Ginglymostoma cirratum*), muy frecuentes en las zonas langosteras (Tabla 8).



FIGURA 32. Características del hábitat de *Panulirus argus* en aguas poco profundas del Arrecife Alacranes en Yucatán.



FIGURA 33. Características del hábitat de *Panulirus argus* en las áreas de pesca en la costa de Yucatán.

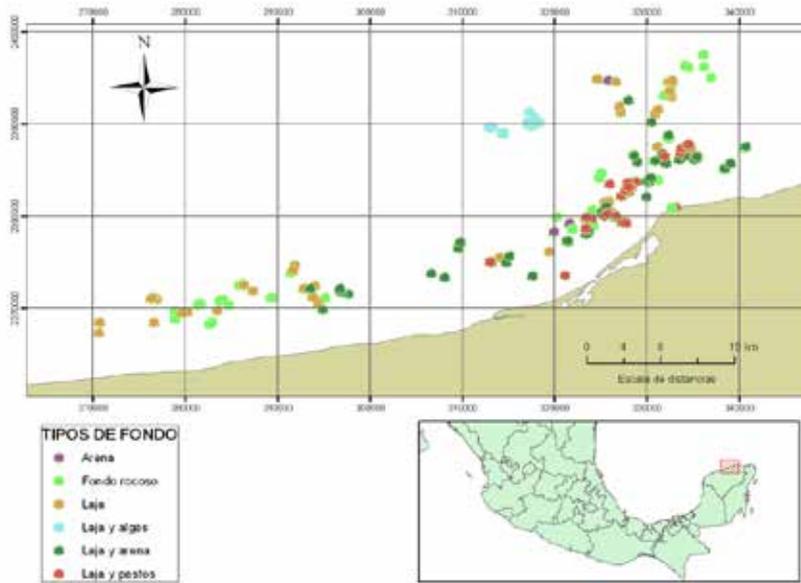


FIGURA 34. Distribución de los tipos de fondo más comunes en las áreas preferidas por las langostas, entre los 1.8 y los 12 m de profundidad, en la zona centro de Yucatán (Dzilam de Bravo).

Sobre el hábitat en donde se captura la mayor cantidad de adultos se tiene poca información; por lo regular arriba de 30 m de profundidad con trampas, al menos en la plataforma de Yucatán.

Se sabe que el hábitat para estos organismos consiste de sitios provistos de abundantes refugios como cuevas, oquedades, rendijas o grietas. Además, la distribución espacial de las hembras adultas (ovígeras) muestra que los sitios en donde se captura langosta, son parches distribuidos de acuerdo con la conformación del fondo, y en una escala mayor, las agrupaciones de éstas se sitúan en elevaciones arrecifales, así como en cordilleras y orillas de formaciones rocosas situadas en aguas profundas y que al parecer constituyen formaciones de una escala geológica (Ríos-Lara *et al.*, 2004).

En el Arrecife Alacranes se ha observado que el hábitat en donde se encuentran organismos subadultos y adultos entre 20 m y 30 m de profundidad, son sitios que presentan una arquitectura compleja y alta diversidad, conformados por asociaciones coralinas de coral duro o rocoso (Hexacorales), como los corales masivos *Montastrea cavernosa*, *M. annularis*,

TABLA 7
Especies de algas y pastos observados en áreas
alrededor de los hábitats de langosta

Chlorophyta (algas verdes)	Rhodophyta (algas rojas)
<i>Caulerpa cupressoides</i>	<i>Halymenia floresia</i>
<i>Caulerpa prolifera</i>	<i>Gracilaria cornea</i>
<i>Caulerpa paspaloides</i>	<i>Gracilaria cervicornis</i>
<i>Caulerpa racemosa</i>	<i>Euचेuma isiforme</i>
<i>Codium</i> sp.	<i>Hypnea musciformis</i>
<i>Halimeda incrassata</i>	<i>Laurencia</i> sp.
<i>Halimeda discoidea</i>	<i>Ceramium</i> sp.
<i>Halimeda monile</i>	<i>Bryothamnium triquetrum</i>
<i>Haloptilon cubense</i>	<i>Bryothamnium seaforthii</i>
<i>Acetabularia crenulata</i>	<i>Acanthophora spicifera</i>
<i>Avrainvillia longicaulis</i>	<i>Haloptilon cubense</i>
<i>Rhipocephalus phoenix</i>	<i>Heterosiphonia gibbesii</i>
<i>Penicillus dumetosus</i>	<i>Spyridia filamentosa</i>
<i>Penicillus</i> sp.	<i>Jania adherens</i>
<i>Udotea</i> sp.	
Phaeophyta (algas pardas o cafés)	Pastos (dzilar)
<i>Dyctyota dichotoma</i>	<i>Syringodium filiforme</i>
<i>Dictyopteris jamaicensis</i>	<i>Thalassia testudinum</i>
<i>Sargassum filipendula</i>	
<i>Padina gymnospora</i>	
<i>Dilophus</i> sp.	
<i>Lobophora</i> sp.	

Siderastre, corales cerebro *Diploria*, *Meyrina*, *Manicina*, corales en hoja planos y en placas *Leptoceris* y *Agaricia* y corales suculentos *Mycetophyllia*, así como coral suave (Octocorales) como *Gorgonia* (Ríos-Lara *et al.*, 2007).

En los Bajos del Norte algunos buzos han observado langostas adultas aproximadamente a 30 m de profundidad (20 brazas), en refugios localizados en la pendiente sobre las paredes rocosas arrecifales, con una arquitectura compleja y paisaje con una gran diversidad (Fig. 35). Este sistema arrecifal rocoso ubicado en la parte central de la plataforma de Yucatán, está conformado por varias elevaciones sobre el lecho marino entre 80 m y 86 m de profundidad (44-48 brazas), que es de gran importancia en términos pesqueros, ya que es muy productivo; sin embargo, en la literatura no se describe. La elevación más grande de este sistema se encuentra

TABLA 8

Lista de especies de peces observadas en caladeros de pesca de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la costa central de Yucatán, México. Las especies se ordenaron siguiendo el criterio de Nelson (2006) para las categorías supragenéricas, mientras que los géneros y especies fueron ordenados alfabéticamente. Los nombres comunes son los utilizados en las costas de la península de Yucatán

<i>Orden</i>	<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	<i>Nombre común</i>
Perciformes	Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i>	
	Acanthuridae	<i>Acanthurus bahianus</i>	cirujano
	Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i>	chabelita*
Tetraodontiformes	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	sargo
	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	cochinilla
	Balistidae	<i>Calamus calamus</i>	mojarra**
Perciformes	Chaetodontidae	<i>Chaetodon ocellatus</i>	mariposa
Myliobatiformes	Dasysidae	<i>Dasyatris americana</i>	raya**
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i>	globo
Perciformes	Gobiidae	<i>Elacatinus oceanops</i>	bulkay
Perciformes	Serranidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	cabrilla**
	Serranidae	<i>Epinephelus morio</i>	mero**
Orectolobiformes	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	gata**
Perciformes	Haemulidae	<i>Haemulon plumieri</i>	chacchí
	Pomacanthidae	Híbrido (<i>Holacanthus ciliaris</i> y <i>Holacanthus bermudensis</i>)	ángel
Perciformes	Serranidae	<i>Hypoplectrus puella</i>	hamlet
	Labridae	<i>Lachnolaimus maximus</i>	boquinete***
	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i>	pargo lunar**
	Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i>	pargo** mulato
	Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	rubia**
Perciformes	Serranidae	<i>Mycteroperca bonaci</i>	negrillo**
	Serranidae	<i>Mycteroperca microlepis</i>	abadejo**
	Lutjanidae	<i>Ocyurus chrysurus</i>	canané**
	Blenniidae	<i>Parablennius marmoratus</i>	
	Sciaenidae	<i>Pareques umbrosus</i>	
Batrachoidiformes	Pomacanthidae	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	angel gris
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Sanopus reticulatus</i>	
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i>	pez piedra
Perciformes	Serranidae	<i>Serranus subligarius</i>	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Sphoeroides spengleri</i>	
Perciformes	Pomacentridae	<i>Stegastes</i> sp.	damisela
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i>	iguano
Myliobatiformes	Urotrygonidae	<i>Urobatis jamaicensis</i>	raya guitarra

*especie guía, **especie de importancia comercial, *** especie guía y de importancia comercial)

Fuente: Zetina-Ríos *et al.*, 2011.

entre $23^{\circ} 04'$ y $23^{\circ} 20'$ N y $88^{\circ} 45'$ y $88^{\circ} 45'$ O, y las partes más someras se encuentran en profundidades entre 5 m y 29 m (tres y 16 brazas); dos elevaciones más pequeñas se encuentran, una entre $23^{\circ} 04'$ y $23^{\circ} 07'$ N y $88^{\circ} 56'$ y $88^{\circ} 59'$ O a una profundidad en su parte somera de 25 m (14 brazas) y otra entre $23^{\circ} 09'$ y $23^{\circ} 11'$ N y $88^{\circ} 53'$ y $88^{\circ} 57'$ O a una profundidad de 23.5 m (13 brazas).



FIGURA 35. Paisaje de la pendiente en Bajos del Norte, en la plataforma de Yucatán [30 m de profundidad].

Sobre la estructura del hábitat de los adultos más grandes se sabe poco; sin embargo, existen descripciones de los tipos de fondo. La zona de pesca más profunda en donde la captura de langosta se hace con trampas (entre 48 m y 54 m de profundidad 27 y 30 brazas) en la plataforma de Yucatán, ha sido clasificada por Logan *et al.* (1969) como fondo duro (coquina). Este tipo de fondo está formado de roca carbonatada sedimentaria compuesta casi en su totalidad de fragmentos de conchas de moluscos, trilobites, braquiópodos y otros invertebrados, transportados erosionados y dispersados mecánicamente por corrientes y olas. Las coquinas poco consolidadas y poco cementadas se consideran granos de piedra (grava) en el sistema de clasificación de Dunham y tal vez correspondan al tipo de fondo llamado en la descripción popular local “chochol”. Las rocas que están bien cementadas se conocen como biosporitas de acuerdo con la clasificación de las rocas sedimentarias; se exhiben como camas bien desarrolladas o estratificaciones cruzadas, de embalaje estrecho y buena orientación de los fragmentos de que están compuestas y tal vez correspondan a las “lajas”

en la descripción local. Dada la historia geológica de la formación de la plataforma y la descripción anterior, sería de esperarse que éstos fueran muy parecidos a los fondos que se observan a menor profundidad, cerca de la costa.

Mecanismos de distribución, transporte y retención de larvas

Las formas larvales de peces y crustáceos están entre los nadadores más fuertes del zooplancton y en los estadios tardíos. Las larvas son capaces de nadar a velocidades sostenidas que pueden exceder la corriente ambiente en la plataforma continental (Cobb y Caddy, 1989). Empero, diversos factores oceanográficos son de gran relevancia en el movimiento larval hacia zonas de asentamiento que muchas veces se encuentran en la costa a grandes distancias, o bien en la retención en sus sitios de origen.

Un resultado consistente de varias investigaciones es la importancia combinada del flujo conducido por el viento y por flotación como el mayor determinante del transporte larval en las plataformas continentales (Epifanio y Garvine, 2001). Otros procesos oceánicos involucrados en el transporte larval, la distribución, los mecanismos de retorno y la retención, son el transporte de Ekman, los giros en la mesoescala y las corrientes (Rimmer y Phillips, 1979; Booth, 1995; Pollock *et al.*, 1995; Acosta *et al.*, 1997). Por otra parte, en estudios sobre larvas de langosta (*Homarus americanus*) se ha encontrado que la conducción del viento y las corrientes geostróficas superficiales son insuficientes para que éstas puedan llegar a los sitios de reclutamiento, lo que hace pensar que el nado direccional puede ser clave (Katz *et al.*, 1994); para otras especies (*P. interruptus* y *P. cygnus*) se ha encontrado que en los primeros estadios larvales son transportadas por las corrientes superficiales manejadas por el viento lejos de la costa, y en el último estadio larval migran verticalmente en la columna de agua por lo que las corrientes superficiales las afectan menos y así pueden ser llevadas hacia la costa por corrientes oceánicas profundas (Johnson, 1971; Phillips *et al.*, 1979).

En el Caribe se han reportado mecanismos semejantes para el regreso de las larvas de *P. argus* a la vecindad de sus poblaciones madre (Menzies y Kerrigan, 1979). Se ha señalado que las larvas filosomas son liberadas en arrecifes lejanos de la costa situados cerca de la corriente (Herrnkind, 1980);

que sufren metamorfosis de su estadio larval a postlarval también lejos de la costa y que pueden ser capaces de nadar activamente hacia ésta por orientación del sonido, la turbulencia y señales asociadas a ésta (Calinsky y Lyons, 1983; Marx y Hernnkind, 1986; Booth y Phillips, 1994). Sobre la forma de llegar a los sitios de asentamiento se ha referido que los estadios tempranos de las larvas de esta especie se desplazan a una velocidad horizontal de sólo dos a tres veces la longitud de sus cuerpos ($<1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$), que es insignificante si se compara con la magnitud de las corrientes oceánicas, y se considera que en ciertas condiciones, el éxito del transporte hacia la costa es posible aun sin la migración horizontal y vertical (Yeung y Lee, 2002). Al respecto, Kittaka (1994) dice que estos organismos pueden ajustar su posición vertical en la columna de agua para tomar ventaja de las corrientes en diferente dirección para migrar hacia la costa.

En otros casos en los que los arrecifes en donde se lleva a cabo la reproducción están cerca de la costa, éstos podrían estar dentro de un régimen de corrientes de retención y ahí podrían realizarse la metamorfosis y el asentamiento (Gregory *et al.*, 1982).

Patrones de circulación observados y simulados por Yeung y Lee (2002) indican que donde la corriente converge en la costa es un punto de entrada de larvas, y en donde hay eventos frecuentes y largos periodos de giros y contracorrientes hay puntos de retención. Según Lee *et al.* (1992), es de esperarse que la convergencia de Ekman en la costa y la circulación ciclónica como resultado de los giros, concentren derivantes pasivos dentro de los giros y también en sus bordes ciclónicos. Al respecto se ha observado que los estadios larvales tempranos de langosta se concentran en los giros y meandros débiles, y que todos los estadios de filosomas están ligados a las corrientes, sobre todo los tardíos. Sin embargo, Stoner *et al.* (1997) plantean que es improbable que las filosomas de *P. argus* desovadas localmente sean retenidas en la costa por los giros en la duración de su larga vida larval completa.

Distribución de larvas en el Caribe mexicano y en el Golfo de México

La distribución y la abundancia de larvas de *P. argus* en el Caribe mexicano y el Golfo de México, y su relación con las corrientes marinas, han sido abordadas por Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá (1988), Manzanilla-Gazca (2004) y Briones *et al.* (2008). Se han identificado los 11 estadios reportados para esta especie. Los primeros ocho estadios presentan una distribución más amplia que los últimos tres, debido que en los estadios nueve a once tienden a migrar verticalmente hacia aguas más profundas (Baisre, 1964) respondiendo a los cambios de iluminación diurna y nocturna (Ritz, 1972).

Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá (1988) reportaron que 90% de las filosomas colectadas dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) en el Golfo de México pertenecían a *P. argus* y que hay mayor abundancia relativa en el Caribe mexicano que en el Golfo de México. Por otra parte, muestran que hay una reducción de 40% entre el primero y el segundo estadios, debido muy probablemente a una alta mortalidad en los estadios tempranos; además, reportan filosomas a 200 m de profundidad, confirmando lo reportado por Buesa-Más (1972).

La distribución espacial de las filosomas en el Caribe mexicano sugiere un flujo constante de larvas en diferentes estadios de desarrollo durante todo el año. La corriente de el Caribe converge en la costa, y sería un punto de entrada de larvas de otras poblaciones cercanas; sin embargo, se han encontrado concentraciones de filosomas en esta zona cerca de sitios reportados como áreas de desove (Banco Chinchorro, frente a las bahías de Espíritu Santo y Ascensión, y alrededor de Isla Mujeres) (Ramírez, 1996; Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004). El patrón hidrológico con flujos cíclicos hacia la costa en esta zona actúa como un sistema de retención larval, esto sugiere que las larvas que ahí se asientan tienen su origen en la misma población y en menor grado en otras poblaciones de el Caribe. Por otra parte, las aguas oligotróficas que caracterizan a el Caribe, la limitación de hábitat debido al tipo de plataforma que hay en Quintana Roo y la dinámica de las corrientes en esta zona podrían permitir el transporte de larvas de la parte noroeste (importante zona de crianza) hacia la plataforma de Yucatán.

Para el Golfo de México se reportan diferencias en los patrones de distribución de larvas entre primavera y verano y ello está asociado con la velocidad de la corriente superficial. Las filosomas más jóvenes se han encontrado en primavera, en la zona oceánica al norte de la península, lo que permite su incorporación al sistema de giros oceánicos del Golfo. Durante el verano, las larvas son transportadas por las corrientes hacia la porción más occidental del Golfo y las más desarrolladas se han encontrado en el Banco de Campeche, se cree que debido al efecto de retención de giro en la zona. En general, se ha establecido la hipótesis de que los patrones de distribución de los últimos estadios indican posibles áreas de asentamiento, mientras los estadios tempranos pueden proporcionar información sobre los sitios de apareamiento y desove (Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá, 1988; Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004) (Fig. 36).

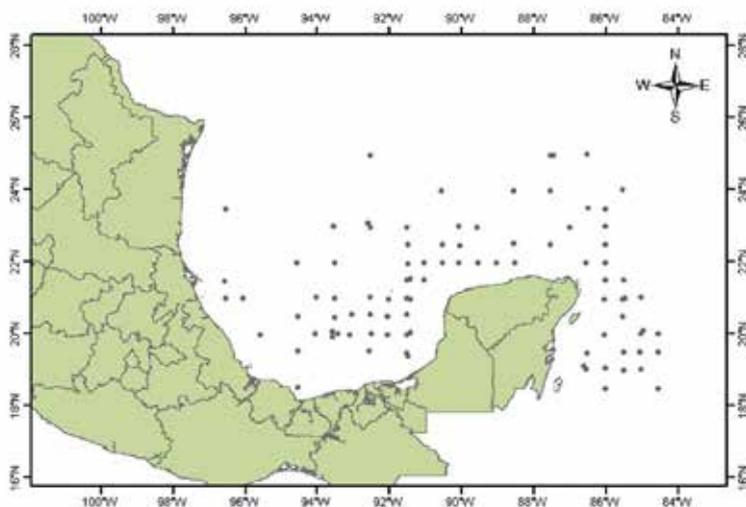


FIGURA 36. Distribución de larvas de *Panulirus argus* en el Golfo de México y en el Caribe mexicano [se consideraron tanto larvas tempranas como tardías]. La información plasmada en este mapa fue tomada de la literatura (Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá, 1988; Manzanilla-Domínguez y Gasca 2004) y después georreferida.

Relación entre factores oceanográficos y la distribución de langosta

Las corrientes marinas son de gran importancia en la distribución y la abundancia espacial de poblaciones de langosta *P. argus* en el Caribe, debido principalmente a su asociación con los procesos de dispersión y retención larval. También tienen influencia en los procesos de sedimentación y formación de la arquitectura del fondo marino y en la determinación de las características ambientales del ecosistema a diferentes escalas; por tanto, influyen también en el proceso de reclutamiento al bentos y en los movimientos en estadios postlarvarios de la especie.

Como se sabe, la langosta *P. argus* se reproduce todo el año, su actividad reproductiva, su alta fecundidad y su amplia distribución en el Caribe permiten un abastecimiento constante de larvas al plancton que se dispersan por toda la región. La prolongada etapa planctónica de las larvas permite desplazamientos de gran magnitud que son de “búsqueda” de condiciones propicias para el asentamiento. Se dice que donde el hábitat bentónico para el asentamiento de larvas es restringido, éstas adoptan conductas que mantienen la dispersión direccional o la minimizan (Jamieson y Phillips, 1993; Crawford y Jamieson, 1996); éste parece ser un mecanismo exitoso de sobrevivencia en aguas de poca productividad y reducidas plataformas continentales e insulares (características de las aguas de el Caribe), lo que además ha permitido una amplia distribución de la especie (Ríos-Lara, 2009).

Algunos autores afirman que las poblaciones de langostas que sostienen muchas de las pesquerías en el Caribe son alimentadas por reclutas de otras fuentes, que es posible que las larvas liberadas en un sitio determinado que entran a la corriente sean transportadas a otros sitios. Se menciona que las poblaciones desovantes del sur y el este son probables exportadores de larvas, mientras los países del norte y el oeste tal vez son importadores que dependen, al menos para una parte de su reclutamiento, de los países corriente arriba. Las corrientes y los patrones de dispersión de *P. argus* sugieren un flujo predominante en un sentido de sur a norte (Cochrane *et al.*, 2004).

También se sostiene que las contracorrientes y los giros pueden retener y regresar a las larvas a su población fuente (Menzies y Kerrigan, 1979; Yeung y Lee, 2002). En el Caribe se han localizado diferentes zonas de

retención larval: en el sur de Cuba (García *et al.*, 1991), en América Central (Honduras), entre La Española y Puerto Rico, frente a la costa de Quintana Roo, en el Banco de Campeche (Manzanilla y Gasca, 2004) y alrededor de los cayos de Florida (Yeung y Lee, 2002) (Fig. 37).



FIGURA 37. Zonas de retención larval en el Caribe (Adaptado de FAO, 2006 por Ríos-Lara, 2009).

En la región oceánica del sur de Cuba, la presencia de un giro anticiclónico constante contribuye a la retención de larvas locales, incrementando el regreso de puerulos hacia la costa sur. Según Cruz *et al.* (1994), es posible que el reclutamiento en esta región dependa del *stock* de desove local; la relación establecida entre los índices de reclutamiento (juveniles, pre-reclutas y reclutas de dos años), como entre la captura y la abundancia de juveniles, respaldan esta hipótesis.

En el margen oeste de la plataforma de Yucatán, donde es característico un giro semipermanente y la circulación superficial está influenciada por la presencia y la dinámica de los *eddies*, también está indicado como zona de retención larval; en esta zona se han encontrado larvas de etapas tardías (Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004).

En Florida, las densidades más altas de estadios larvales tardíos de langosta se han encontrado en el frente de las corrientes cerca de la costa, y las densidades bajas en las áreas de un giro donde la corriente es

desplazada lejos de la costa. La asociación de los estadios tardíos con el frente de la Corriente de Florida soporta la hipótesis de que el reclutamiento de larvas proviene de fuentes situadas al sur en el Caribe y muy probablemente también del Banco de Campeche. Por otra parte, cuando las larvas tienen una vida planctónica dentro del periodo de duración de los giros en el frente de la corriente, es muy posible la retención y el reclutamiento en la población natal local (Yeung y Lee, 2002).

La fuerza del flujo de la corriente de este a oeste, así como los giros localizados en el Caribe manifiestan la alta probabilidad de mezcla de poblaciones larvales de diferentes orígenes y también del proceso de retención. En este sentido se reportan altas densidades larvales en el sur de Cuba, Jamaica, la entrada al este de Yucatán (Bahía de La Ascensión), al este de Belice, norte de Honduras, norte de Venezuela en la corriente de Florida y en el canal de las Bahamas (Baisre *et al.*, 1978; Alfonso *et al.*, 1991; Cruz, 1999).

También se han reportado larvas en la plataforma de Yucatán y al noroeste y al sur del Golfo de México (Olvera-Limas y Ordóñez-Alcalá, 1988; Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004). En el Golfo de México, las mayores concentraciones se han encontrado cerca del talud al noroeste del Banco de Campeche; en el Caribe mexicano, cerca de Banco Chinchorro, frente a la Bahía del Espíritu Santo y Bahía de la Ascensión y alrededor de Isla Mujeres, todos estos sitios señalados como áreas de reproducción o en donde se registra la presencia de hembras en algún estado reproductivo –parchadas u ovígeras en diferentes etapas de desarrollo embrionario– (Austin, 1972; Yeung y McGowan, 1991; Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004; Ríos-Lara *et al.*, 2004). Estudios realizados en el Golfo de México y la Corriente de Florida muestran que las mayores concentraciones larvales se han encontrado entre cero y 50 m de profundidad y, por otro lado, algunos de los sitios en donde se reportan altas densidades larvales coinciden con las zonas definidas como de retención.

Es probable que las subpoblaciones de langosta espinosa del Caribe tengan un intercambio genético importante debido a la configuración de las corrientes y también a la ocurrencia frecuente de perturbaciones ciclónicas que mueven grandes cantidades de agua superficial. Sin embargo, en algunas zonas los movimientos de las masas de agua en giros locales hacen suponer que las larvas procedentes de los núcleos poblacionales de

mayor magnitud son retenidas. Armsworth (2002) afirma que la existencia de auto-reclutamiento en una población local fuente dentro de una metapoblación, podría garantizar su permanencia; sin embargo, esta condición no sería necesaria si alguna subregión dentro de una metapoblación estuviera suficientemente interconectada para permitir el crecimiento de una población local.

En general, se podría decir que las poblaciones de langosta que se distribuyen en el Caribe dependen en gran parte de procesos de auto-reclutamiento, pero también del aporte de larvas provenientes de otras poblaciones, debido a la buena conectividad que existe entre los diferentes núcleos poblacionales vía las corrientes marinas. Los *stocks* pueden estar conectados por influjos de larvas de otras áreas y formar una metapoblación genéticamente homogénea.

Los niveles de asentamiento son diferentes en las distintas zonas de la región, dependiendo de las características ecológicas del área, del hábitat disponible, de la dinámica local, de los procesos oceanográficos y meteorológicos (mecanismos de transporte y retención larval), del tamaño del *stock* desovante y, además, del éxito de los puerulos en hallar hábitat adecuado para asentarse (Ríos-Lara, 2009). La magnitud del asentamiento parece estar relacionada con procesos globales como El Niño (Pearce y Phillips, 1994), el viento y los componentes de la tensión del viento (Acosta *et al.*, 1997; Eggleston *et al.*, 1998), así como la variabilidad en las corrientes (Yeung *et al.*, 2001).

La temporalidad del asentamiento máximo para las langostas en la región se ha reportado para diferentes sitios, habiendo variación entre algunos de ellos. En Bermudas ocurre en los meses de verano; en Cuba, Jamaica y Caribe mexicano coincide en otoño; en Antigua se reporta asentamiento máximo nueve de los doce meses del año, de otoño a primavera, y en Costa Rica se presenta en primavera-verano (Tabla 9).

En Florida se reportan inconsistencias en la temporalidad del reclutamiento. En la plataforma de Yucatán, la única evidencia de dos periodos de asentamiento es la existencia de dos máximos de la captura por unidad de esfuerzo de langostas juveniles y adultas, uno en julio y otro en diciembre-enero (Ríos-Lara *et al.*, 2004).

En el Caribe mexicano y en la plataforma de Yucatán, la estructura peninsular, los componentes meteorológicos cíclicos que caracterizan la

TABLA 9
Asentamiento máximo de langosta en el Caribe
y en la plataforma de Yucatán

<i>País</i>	<i>Asentamiento máximo</i>	<i>Autores</i>
Bermudas	agosto a septiembre	Peacock [1974]; Ward [1989]
Cuba	septiembre a diciembre	Briones-Fourzan y Gutiérrez [1991]; Briones-Fourzan [1994]
Caribe mexicano	septiembre a diciembre	Briones-Fourzan y Gutiérrez [1991]; Briones-Fourzán [1994]; Briones-Fourzán <i>et al.</i> [2008]
Jamaica	noviembre a diciembre	Young [1991]
Antigua	septiembre a mayo	Bannerot <i>et al.</i> [1992]
Costa Rica	mayo a septiembre	Umaña y Chacón [1994]

Fuente: Ríos-Lara, 2009.

zona (nortes, secas y lluvias), la fertilización de la zona costera y el régimen de corrientes, favorecen la distribución de langosta en sus diferentes estadios.

Aunque no se han hecho estudios específicos para evaluar el asentamiento de langostas por periodos largos, la presencia de éstas en sus primeras etapas bentónicas (puerulos) en la zona litoral (Salas *et al.*, 1996), y la presencia de langostas pequeñas (3 cm de longitud total) en el Arrecife Alacranes en zonas de pastizales, en Banco Chinchorro, Cozumel, Isla Mujeres, Contoy y en aguas someras de la costa yucateca y Caribe mexicano, sugieren que existen condiciones en todos estos sitios, que facilitan el asentamiento. Por otra parte, existen importantes núcleos poblacionales en diferentes etapas de crecimiento, con diferencias en su distribución, su abundancia y la estructura de la población espacial (Ríos-Lara *et al.*, 2004, 2007, 2011), de los cuales depende el desarrollo de la pesquería en la zona.

Las condiciones oceanográficas, geológicas y meteorológicas prevalentes en la península de Yucatán, relacionadas con la presencia de larvas filosomas, la localización de hembras ovígeras, las evidencias de ubicación de los núcleos poblacionales de langosta en aguas someras y aguas profundas, así como la migración de langostas adultas que viajan de aguas profundas del norte de la plataforma de Yucatán hacia aguas de el Caribe (Contoy) con fines reproductivos, sugieren una mezcla de larvas de diferente origen en la zona (Fig. 38). También un aporte de larvas de núcleos poblacionales ubicados en la plataforma hacia otros sitios.

Muy probablemente, las larvas que alimentan a las poblaciones locales de langosta provienen de diferentes regiones de el Caribe que nutren a la Corriente de Yucatán pero sobre todo de la parte noreste (norte de Cozumel) y de poblaciones locales ubicadas al norte y noreste (norte de Sisal y suroeste de Alacranes) del Banco de Campeche (Fig. 39).

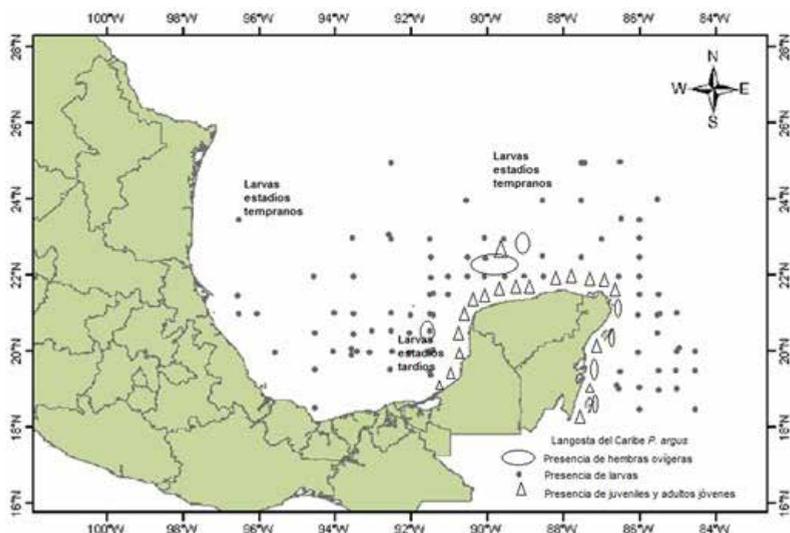


FIGURA 38. Distribución de larvas filosoma colectadas en el Golfo de México y el Mar Caribe mexicano, presencia de juveniles y adultos jóvenes y presencia de hembras ovígeras [Fuentes de información: Olvera y Ordoñez, 1988; Ríos *et al.*, 2004; 2009; Manzanilla-Domínguez y Gasca, 2004].

Análisis de la pesquería y situación actual del recurso

Aspecto regional de las pesquerías de langosta *Panulirus argus*

La langosta *P. argus* soporta valiosas pesquerías en los países costeros de la región de el Caribe, proporcionando gran número de empleos y altos retornos económicos (Cochrane *et al.*, 2004). El valor promedio de la captura entre 1996-2000 excedió los US\$ 500 millones de dólares y generó alrededor de 58 700 empleos directos y 194 600 indirectos (Cochrane y Chakalall, 2001). El alto valor económico del recurso ha ocasionado un incremento continuo de sus capturas en la región y a partir de los años 90 éstas han fluctuando alrededor de las 30 000 t anuales (Fig. 40).

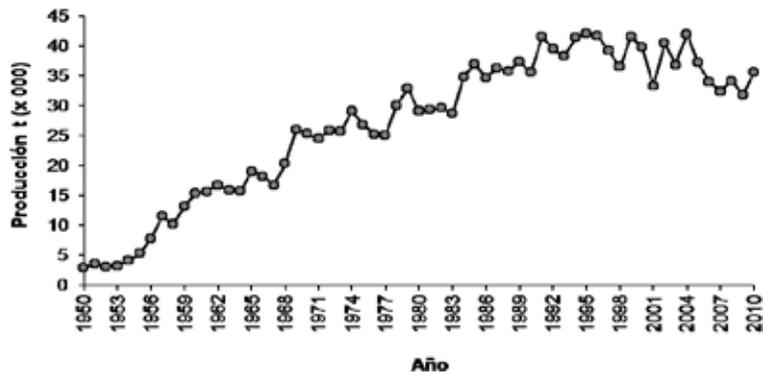


FIGURA 40. Producción de langosta *Panulirus argus* en la región de el Caribe (1950-2003) [Datos: FAO, 2006].

La región del Caribe es considerada como la mayor productora de langosta *P. argus* en todo el mundo, con 17% de la producción mundial (Salas *et al.*, 2005). En los últimos años (datos hasta 2006), el principal productor de langosta en la región ha sido Bahamas, con alrededor de 9 000 t; México, por su parte, ocupa el octavo lugar de producción con una captura promedio de alrededor de 1 100 t (Fig. 41).

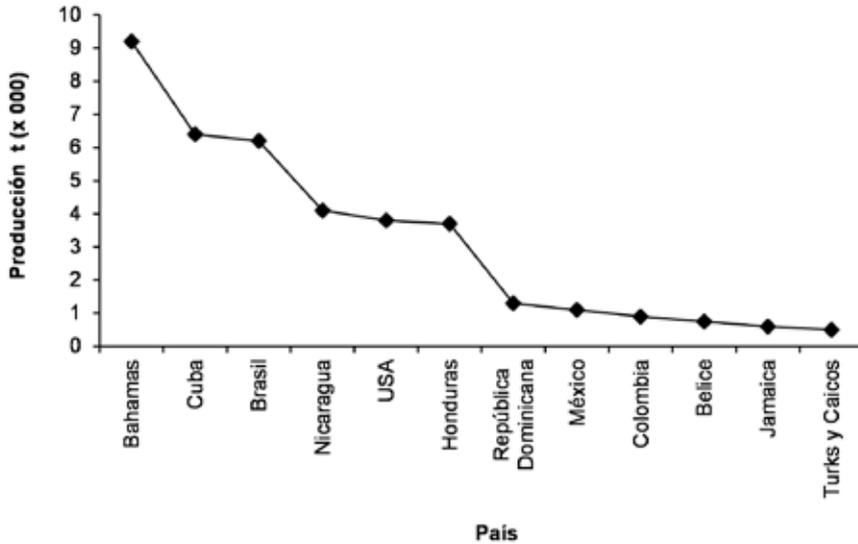


FIGURA 41. Principales productores de langosta espinosa *Panulirus argus* (captura promedio 2000-2005) [Datos: FAO, 2006].

Capturas históricas de la pesquería en la península de Yucatán

Las capturas totales de langosta más altas en Yucatán y Quintana Roo se registraron en las temporadas 1987 (1696 t), 1988 (1479 t), 1995 (1470 t), 2002 (1583 t) y 2010 (1396 t), con un espacio entre ellas de entre siete y ocho años. Sin embargo, el promedio en los últimos años (2003-2010) fue de aproximadamente 990 t \pm 230 t (Fig. 42). Aunque hay fluctuaciones en la producción por estado, actualmente 48% de la langosta se captura en Yucatán y 52% en Quintana Roo (Fig. 43). La serie de captura que aquí se presenta se construyó tomando como base la captura de cola de langosta,

multiplicándola por un factor tres para convertirla a langosta entera según la relación peso abdominal-peso total calculada por González-Cano (1991) y Zetina-Moguel y Ríos-Lara (2001). La fuente de esta información fue primero la Delegación de Pesca de la Secretaría de Pesca (SEPESCA) y, a partir de 1995, la Subdelegación de Pesca en los estados de Quintana Roo y Yucatán, unos años perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y después a la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA).

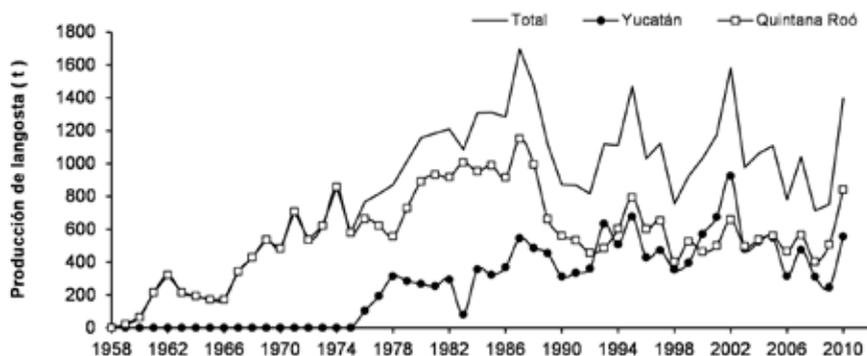


FIGURA 42. Producción de langosta total y en los estados de Yucatán y Quintana Roo.

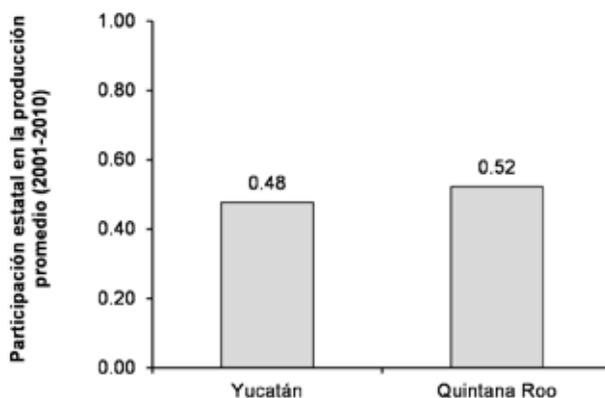


FIGURA 43. Producción de langosta (porcentaje promedio) por entidad federativa (Yucatán y Quintana Roo).

Comportamiento de la captura por zona de pesca

La producción de langosta en cada zona de pesca presenta variaciones, y en algunas de ellas ha habido una reducción a lo largo del tiempo.

En la zona poniente, a partir de 1998, la captura ha sido muy variable (entre las cero y las 29 t), muy probablemente debido al cambio de embarcaciones menores por embarcaciones mayores. En la zona centro, desde 2006, la producción se ha reducido 50%. La zona oriente es la más productiva de la península; sin embargo, la captura presenta gran variabilidad; todos los repuntes han sido notables. En la zona profunda, la pesquería inició en forma regular a partir del año 2000, primero se observaron capturas muy altas, incluido el repunte de 2002, de 2004 a 2008 parecía haberse equilibrado alrededor de 125 t, pero en 2009 y 2010 ha bajado la producción en aproximadamente 48%. En Arrecife Alacranes mermó la producción ligeramente a partir del año 2000; empero, a excepción de 2009, ha mantenido su nivel alrededor de las 100 toneladas (Fig. 44).

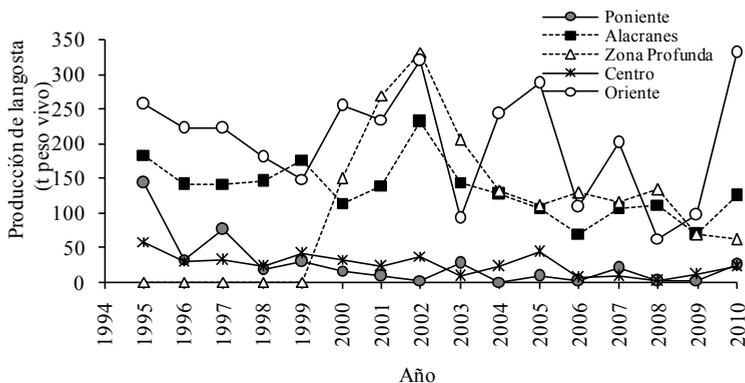


FIGURA 44. Comportamiento de la captura en las zonas de pesca de la península de Yucatán (zonas uno a cinco en *figura 1*).

En la zona norte, la captura se mantuvo hasta 2002, después bajó en aproximadamente 50%, y no es hasta 2010 que se obtiene una producción igual a las que se obtenían hasta el 2002 (alrededor de 120 t). Los repuntes en la producción a nivel península no son perceptibles en esta zona a excepción del año 1987. En la zona noreste ha habido una reducción de la captura a partir de 1989; en la zona centro, la producción ha sido muy

variable a lo largo del tiempo y en ambas zonas se observan los repuntes de 1987, 1995 y 2010 salvo el ocurrido en 2002. En la zona sur, el nivel de captura se ha incrementado ligeramente de 2005 a 2010, en ésta no hubo repuntes como en las otras zonas e, incluso en 2002, a diferencia de otras zonas, fue menor que otras temporadas (Fig. 45).

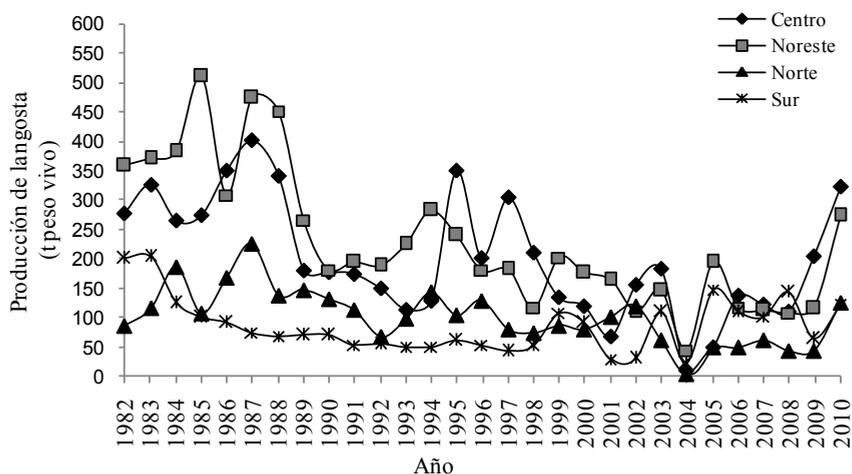


FIGURA 45. Comportamiento de la captura en las zonas de pesca de la península de Yucatán [zonas seis a nueve de figura 1].

Como ya se mencionó, en la plataforma de Yucatán se capturan langostas juveniles y subadultas por buceo libre y semiautónomo (*hookah*) y adultas cuando se usan trampas. Se observa gran variación entre temporadas en el caso de juveniles y más estable en la producción de adultos y se observa una disminución a lo largo del tiempo en ambos casos. Sin embargo, durante la temporada 2010 se puede observar un repunte extraordinario de la producción, principalmente de organismos juveniles y subadultos (Fig. 46).

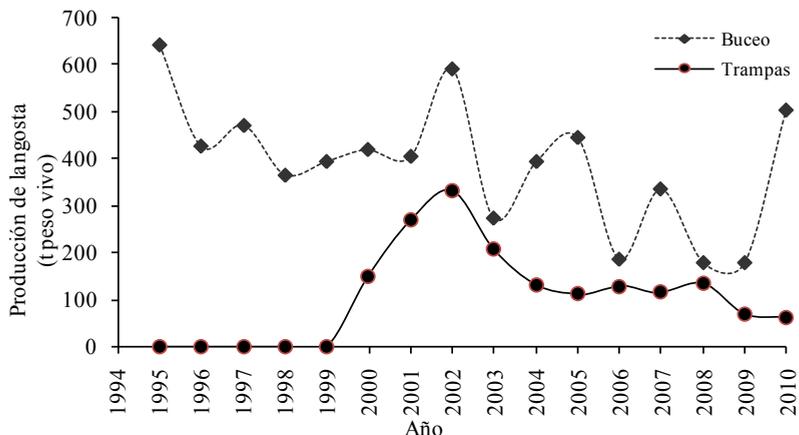


FIGURA 46. Comportamiento de la captura obtenida con trampas en la zona profunda (cuatro) y la obtenida por buceo en las zonas de pesca poniente, centro de Yucatán, oriente y Alacranes (zonas uno, dos, tres y cinco de figura 1).

La producción de langosta por zona tiene variaciones de una temporada a otra, pero los porcentajes correspondientes a cada zona presentan un patrón regularmente sostenido. El cálculo de la producción promedio de 2000-2010 da una idea del nivel de producción por zona. Las zonas más productivas en los últimos años, en orden de magnitud son: la zona oriente, luego las zonas profunda, noreste, centro de Quintana Roo y la zona Alacranes (Fig. 47).

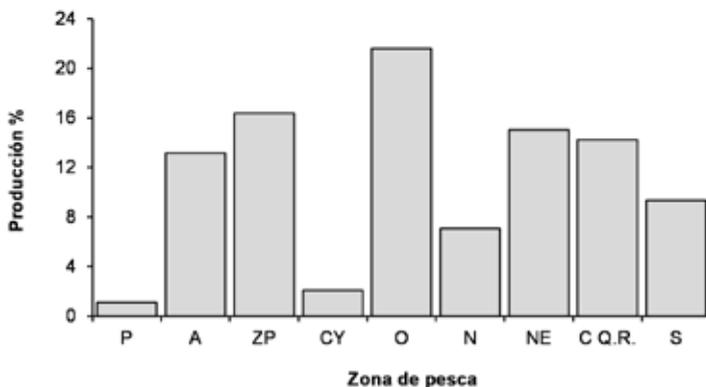


FIGURA 47. Producción promedio (2000-2010) de langosta *Panulirus argus* por zona de pesca en la península de Yucatán.

Captura por Unidad de Esfuerzo

En las diferentes etapas del estudio de esta pesquería se han discutido las unidades más convenientes de captura por unidad de esfuerzo. La composición del esfuerzo ha variado debido a la incorporación de componentes tecnológicos que disminuyen los tiempos de búsqueda de lugares de pesca y la velocidad a la que se puede llegar a estos sitios. Por otra parte, al iniciarse la captura de langosta con trampas en el estado de Yucatán, comenzó una etapa de expansión de las áreas de pesca. Las características del esfuerzo pesquero de la flota langostera que usa trampas son distintas a las del esfuerzo pesquero por buceo o del esfuerzo que se realiza cuando se usan redes.

No obstante en los análisis realizados y el estudio de los componentes individuales que determinan capacidades predatorias del esfuerzo pesquero, se ha optado por unidades simples y que interpretadas en el contexto de las condiciones locales y temporales permitieran las mejores inferencias sobre la evolución de la pesquería.

La captura por unidad de esfuerzo se ha registrado históricamente tomando el día de pesca de una embarcación como la unidad de esfuerzo y la captura se registra en kilogramos de colas de langosta. En los registros o estadísticas de la captura por unidad de esfuerzo se consideran dos flotas: la flota mayor (embarcaciones tramperas y otras que trabajan como nodrizas de pequeñas embarcaciones, en ambos casos las operaciones de pesca son de varios días) y la flota menor conformada por lanchas con motor fuera de borda que operan en las cercanías de la costa, y generalmente hacen viajes de un día; sin embargo en raras ocasiones algunas lanchas hacen viajes hasta de tres días.

Composición de la captura por especie de embarcaciones de la flota menor de Yucatán de la zona oriente

Como se mencionó líneas arriba, la pesquería de langosta es multiespecífica y en una jornada de pesca, además de langosta se capturan varias especies de peces y pulpo, éste último durante los meses que coinciden las temporadas de pesca de ambos recursos (agosto-diciembre). Para hacer

los cálculos de la CPUE de cada especie, presentados en este documento, fueron consideradas sólo aquellas lanchas que pescaron langosta y además especies de escama y/o pulpo (Fig. 48). Las especies de escama siempre representan el mayor volumen.

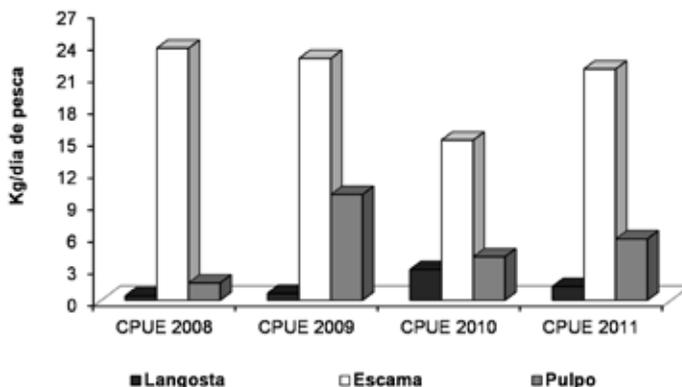


FIGURA 48. Composición de la captura por especie. Las especies de escama son: meros, boquinete y pargos principalmente.

Esfuerzo pesquero

La pesquería de langosta ha tenido cambios importantes en términos de cantidad y calidad del esfuerzo pesquero (tamaño de la flota, tipo de embarcaciones, artes de pesca, sistemas de localización y diversificación de los artes de pesca) y en la expansión de las áreas de pesca, y esto se ve reflejado en la producción (Ríos-Lara *et al.*, 2011).

Durante los últimos 20 años, la experiencia en la pesca de langosta por buceo se incrementó en las costas de Yucatán y aunque la enseñanza del buceo y la técnica de captura siguen siendo transmitidas de manera práctica, entre familiares, amigos y pescadores que requieren apoyo para las operaciones de pesca, en la actualidad hay un mayor número de buzos que recurren a cursos de buceo para adquirir conocimientos y técnicas propias del buceo deportivo y que son adecuadas a sus necesidades. Aun así, un factor más que limita el esfuerzo pesquero es la incapacidad temporal o total de los buzos, originada por accidentes.

La localización de los sitios específicos para llevar a cabo la captura de langosta en la actualidad se facilita por el uso de los GPS, cada vez más accesibles en precio.

Los grupos de pescadores, en las localidades pesqueras, comparten el conocimiento de la mayor parte de los sitios o “piedras” en los que hay buenas probabilidades de capturar langosta o peces de alto valor comercial y que constituyen el complemento económico de la pesquería de langosta.

En las embarcaciones menores, el aumento en la potencia de los motores fuera de borda y el uso de motores de cuatro tiempos ha reducido los tiempos necesarios para desplazarse entre sitios de pesca, y disminuido los costos del combustible.

La pesca con trampas se ha expandido hacia las costas yucatecas y el conocimiento de caladeros en aguas profundas se ha incrementado. Las embarcaciones mayores parecen haber llegado a un equilibrio en la aplicación del esfuerzo pesquero, en términos de la expansión de las áreas de pesca accesibles y conocidas.

Por otra parte, factores independientes de la pesquería influyen en la dinámica de la población de langosta y, como consecuencia, en la producción, entre ellos se encuentran los fenómenos naturales como los huracanes, nortes, marea roja y el fenómeno del Niño, y también el impacto ambiental relacionado con actividades antropogénicas (Ríos-Lara, 2009; Ríos-Lara y Salas, 2009).

También han tenido repercusión sobre la producción en esta pesquería: 1) el crecimiento explosivo de la actividad turística en Quintana Roo; y 2) el surgimiento de la pesquería de pepino de mar en la plataforma de Yucatán, dado que en ambas pesquerías se utiliza el buceo como técnica de pesca y las jornadas dirigidas a la captura de langosta en algunas zonas, ahora son dirigidas a la captura de pepino de mar.

En la actualidad, la pesca por buceo de langosta y pepino de mar está imprimiendo una nueva dinámica del esfuerzo pesquero, caracterizada por un mayor nomadismo a lo largo de la costa de Yucatán. Los buzos migran temporalmente a las zonas de pesca de pepino de mar y establecen relaciones sociales que permiten la incursión de buzos de otras comunidades pesqueras a los caladeros que antes se consideraban exclusivos de la comunidad local.

En las costas de Quintana Roo hay un esfuerzo pesquero desconocido pero muy probablemente apreciable por la captura durante las incursiones de buceo turístico. Este mismo fenómeno se presenta en Yucatán durante las temporadas vacacionales y con menor intensidad, debido a la poca accesibilidad, en el Arrecife Alacranes.

El comportamiento del mercado internacional también ha jugado un papel preponderante en el comportamiento de los pescadores de langosta y, por ende, en su producción (Ríos-Lara *et al.*, 2011).

En realidad existen pocos trabajos que aborden de manera integral el estudio del esfuerzo pesquero, pero está claro que éste tiene elementos de carácter social de una importancia mayor que los meramente económicos.

Composición de tallas en la captura comercial

La composición de tallas de la población de langosta capturada en la península de Yucatán responde a la ubicación de las zonas de pesca y a la distribución de los diferentes núcleos de individuos de las diferentes edades que habitan en ellas. Las zonas de captura difieren, entre otras características, en su conformación geológica, la profundidad, la complejidad del hábitat y su productividad, todas ellas determinantes de la densidad y el tamaño de los organismos que ahí se capturan. Así, en las zonas de pesca que se encuentran cercanas a la costa (poniente, centro de Yucatán, norte), o en sistemas arrecifales de baja profundidad (Alacranes) y bahías (La Ascensión y Espíritu Santo) se capturan organismos principalmente juveniles y subadultos y, en arrecifes de mayor profundidad se capturan subadultos y adultos (zonas profunda, noreste y sur) (Tabla 10).

TABLA 10
Tallas modales de langosta presentes en la captura de las zonas de pesca en la península de Yucatán

<i>Zona</i>	<i>Clases modales</i>
Poniente, centro Yucatán, oriente, Alacranes, norte y centro de Q. Roo (bahías)	>13.5 <15 cm LA
Zona profunda	26 cm LA
Noreste	>16 <18 cm LA
Sur	>18 <23 cm LA

En la composición de tallas de las subpoblaciones de langosta que se captura en las diferentes zonas de pesca de la plataforma de Yucatán (zonas poniente, centro, oriente, Alacranes y profunda), se observan variaciones entre las diferentes temporadas; sin embargo, siguen patrones muy parecidos dentro de cada una.

En la zona poniente, las distribuciones de frecuencias por temporada presentan dos picos modales a excepción de las temporadas 1990 a 1992 y 1998, en las que se observa un sólo pico. En las temporadas 2000 y 2006 se observa que los picos modales se movieron hacia la derecha; sin embargo, esto podría ser explicado por la mezcla que se hace de los organismos capturados en la zona poniente con los capturados en la zona profunda que son de mayor talla, en algunos sitios en donde se obtienen las muestras. En términos del comportamiento de la mediana entre temporadas, en esta zona es variable, con valores entre 13 cm y 19 cm LA, y un valor total de 15 cm LA (para todas las temporadas)

En la zona profunda se capturan principalmente organismos de entre 20 cm y 28 cm LA con mayor incidencia sobre las clases 24 cm a 26 cm. En la zona centro, la composición de tallas es muy parecida en todas las temporadas, con variaciones del pico modal entre los 14 cm y 17 cm LA, a excepción de 1992 cuando la talla modal fue de 13 cm LA y 1997 la temporada en que se observaron dos picos (15 cm y 20 cm LA).

En la zona oriente, la composición de tallas presenta un patrón muy regular, con movimiento del pico modal entre las clases 14 cm y 16 cm LA entre temporadas

En la zona Alacranes, la composición de tallas presenta un patrón muy regular, con movimiento del pico modal entre las clases 12 cm y 16 cm en las primeras temporadas; en las temporadas 1997 y 1998, la composición cambia y el pico modal se mueve hacia la derecha; sin embargo, de la temporada 1999 a 2009 la composición vuelve a ser muy parecida a la de las primeras temporadas

Considerando la composición de tallas de todas las zonas de pesca de la península de Yucatán, la composición de tallas entre zonas muestra un solapamiento importante (Fig. 49); sin embargo, existen diferencias entre ellas. Las langostas más pequeñas se capturaron en la zona oriente, y las más grandes en la zona profunda (Fig. 50).

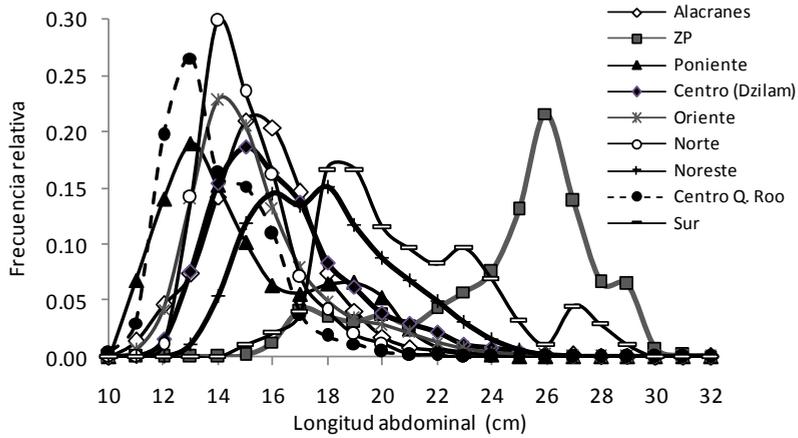


FIGURA 49. Composición de tallas de la captura comercial de langosta en zonas de pesca de la península de Yucatán.

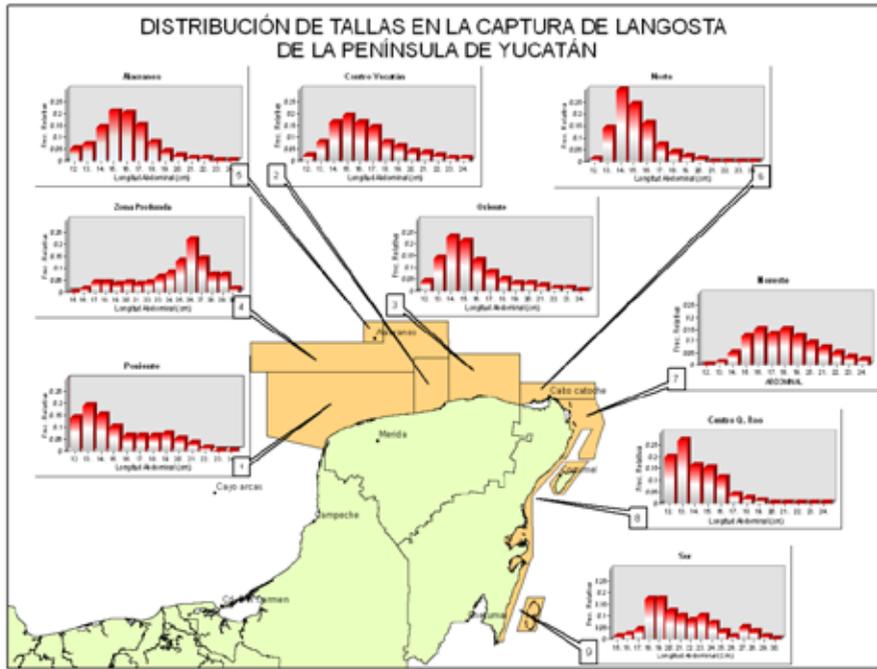


FIGURA 50. Composición de tallas de las langostas que se capturan *Panulirus argus* en cada zona de pesca de la península de Yucatán.

Cambios de la composición de tallas en la captura

Se han hecho estudios orientados a conocer la evolución temporal de la composición de tallas de los organismos que se capturan en las áreas de pesca de la costa de Yucatán (zonas: poniente, centro, oriente, zona Profunda y Alacranes), y se ha mostrado que si bien existen diferencias de tallas entre temporadas de pesca, no hay una tendencia clara que indique cambios en la estructura de la población explotada a través del tiempo, en ninguna de las zonas de pesca (Ríos-Lara y Peniche-Ayora, 2011).

Porcentaje de langostas por abajo de la talla mínima legal (<13.5 cm LA) presente en la captura

A partir de 1998, año en el que hubo una modificación en la legislación sobre la talla mínima de captura, el porcentaje de langosta por debajo de la talla mínima legal en todas las zonas ha tenido cambios. En la zona poniente bajó de 44% (1986-1998) a 26% (1999-2006); en la zona centro, de 28% (1991-1998) a 1% (1999-2010); en la zona oriente, de 44% (1987-1998) a 7% (1999-2010), y en Alacranes, de 31% (1989-1998) a 16% (1999-2010). Esto parece indicar que la proporción de langostas de tallas pequeñas que se capturan en la pesca comercial ha sido aproximadamente la misma antes y después del cambio en la NOM-006-PESC-1993, y esto se explica porque la langosta que alcanza el peso comercial (4 onzas = 113.4 g) es aceptada en el mercado aun cuando no alcanza la talla, en este caso, de 13.5 cm de LA.

Estimaciones de la abundancia

En la península de Yucatán, la estimación de la densidad (número de organismos o biomasa por unidad de área: m², hectárea, km²) y de la abundancia (número de organismos o biomasa de langostas en un área naturalmente o artificialmente delimitada: Laguna arrecifal del Arrecife Alacranes, zona de pesca del centro y oriente de la costa de Yucatán hasta la isóbata de los 20 m), ha sido prolífica en términos metodológicos y ha incluido observaciones de la pesquería (observación directa, captura, captura por unidad de esfuerzo, etc.) y procedentes de exploraciones y conteos de organismos independientes de la pesca comercial. También se

han utilizado métodos que combinan información de diferente naturaleza buscando complementarla para mejorar la inferencia.

En la práctica, la importancia de poder evaluar un *stock*, la densidad o la abundancia en un área específica en la que se realiza la pesca, está en la capacidad de analizar las consecuencias de diferentes acciones de manejo y poder obtener hipótesis acerca de la dinámica y el estado de la pesquería en el contexto local (Punt y Hilborn, 1996).

Desde esta perspectiva, las evaluaciones del tamaño de la población de langosta y su dinámica se han estudiado utilizando modelos estructurados por edades, que recogen el conocimiento sobre la biología y el comportamiento de las poblaciones animales, así como acerca de la historia de la pesquería. Por otro lado, y de manera complementaria, se siguen usando los modelos dinámicos de biomasa; éstos también se aplican cuando los datos disponibles se limitan a series de captura, de captura por unidad de esfuerzo, estimaciones de densidad y del tamaño del área de explotación.

Otra vertiente explorada en la evaluación de las poblaciones, sobre todo tocante a *stocks* locales, son los modelos de decaimiento basados en la disminución de la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo acumulado en las áreas de pesca en el transcurso de la temporada de pesca, o en escalas de tiempo más cortas. También se han utilizado técnicas de evaluación del tamaño de la población de langosta y su biomasa, basadas en la observación directa en transectos para estimar la densidad, la abundancia y la biomasa.

La explotación de langosta en la península de Yucatán se lleva a cabo en un área muy extensa, en la que hay diferencias en términos de distribución del recurso y del esfuerzo, forma de captura, nivel organizativo de las comunidades pesqueras y políticas de manejo local, razones por las cuales el área de captura se ha dividido en nueve zonas de pesca. Las diferencias locales en la cantidad y la calidad de información existente y útil para hacer evaluaciones del *stock* y estimaciones de abundancia, han requerido el análisis de la pesquería por zona, con base en la información existente en cada una. Se han realizado análisis de la pesquería y las evaluaciones del *stock* para áreas extensas y para algunas de las zonas de pesca. Se han hecho evaluaciones globales para la plataforma de Yucatán, Alacranes, zona norte-noreste, Punta Allen y Banco Chinchorro (Sosa-Cordero *et al.*, 1996; Zetina-Moguel y Ríos-Lara, 1998; Ríos-Lara *et al.*, 2000; González-

Cano *et al.*, 2001; Bello-Pineda *et al.*, 2005; Ley-Cooper, 2006; Ríos-Lara y Monroy, 2007; Ríos-Lara y Salas, 2009). Las evaluaciones del *stock* más recientes se han hecho para la plataforma de Yucatán (zonas 1 a 5) y para la zona norte-noreste (zonas 6 y 7) (Ríos-Lara y Salas, 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2012). De estas estimaciones es posible inferir, aunque de manera burda, la abundancia de las subpoblaciones y densidades aproximadas. Un inconveniente de estos modelos es que la inferencia no considera la forma de distribución espacial de las langostas que, al menos durante el día, sigue patrones de aglomeración.

En algunos trabajos relacionados con la estimación de abundancia se ha utilizado información relacionada con el hábitat potencial y más recientemente los trabajos han incluido exploraciones submarinas que permiten precisar con mayor exactitud la magnitud de los hábitats utilizados como refugio o entornos efectivos y que, por tanto, permiten mejores inferencias sobre la abundancia de langostas en la costa de la península de Yucatán o en áreas específicas.

Las estimaciones de abundancia realizadas en el pasado incluyen estudios bastante precisos realizados en el Arrecife Alacranes en los que se usaron técnicas de percepción remota (mapas satelitales de fondos con verificación), métodos de muestreo probabilístico y técnicas de estimación basadas en métodos numéricos y remuestreo. Se sabe que la densidad de langostas en las áreas de pesca está en el orden de 26 organismos por hectárea; empero, la densidad real puede ser muy alta en puntos muy localizados (hasta 200 organismos en 20 m² al lado de hábitats rocosos desiertos) (Ríos-Lara *et al.*, 2011).

En la actualidad se avanza en la incorporación de datos de exploraciones submarinas expresamente diseñadas para mejorar la calidad de las estimaciones densidad y abundancia y se usa cada vez más información procedente de la experiencia de pesca de los buzos que capturan langosta.

Evaluación de la población

Las evaluaciones más recientes de la población de langosta de la plataforma de Yucatán y la zona norte-noreste del Caribe mexicano han permitido obtener valores que se usan actualmente como puntos de referencia para el manejo del recurso. Las series de captura utilizadas para las

evaluaciones comprenden de 1976 a 2010, las de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de 1989 a 2010 y los datos de peso medio (PM) obtenidos por técnicas de muestreo de las operaciones de pesca en los puertos de Yucatán comprenden de 1987 a 2010; para la zona norte-noreste, las series de captura abarcan de 1982 a 2009 y los datos de CPUE de 1994 a 2009.

Para la plataforma de Yucatán los puntos de referencia que se han utilizado han sido: la tasa de explotación (F) y el rendimiento máximo sostenido (RMS). según las últimas evaluaciones en esta zona, la estimación de la tasa de explotación es alta ($F = 0.43$), y las capturas obtenidas son cercanas a RMS (85%). Para la zona norte-noreste la estimación de biomasa indica que ha habido una disminución constante y la captura promedio que se obtiene actualmente es cercana al RMS (78%) (Ríos-Lara y Salas 2009; Ríos-Lara *et al.* 2012).

Otro indicador del estado del recurso que deriva de las evaluaciones de la población de langosta y de los estudios de la dinámica poblacional es el comportamiento de la captura; los resultados obtenidos del análisis de la pesquería presentados por Ríos-Lara *et al.* (2012), indican que la producción de langosta se ha reducido en todas las zonas de pesca de la península a excepción de la zona centro (que se mantiene con pocas fluctuaciones en los últimos 20 años) y sur de Quintana Roo (que presenta un ligero incremento en los últimos 10 años). Por otro lado en la plataforma de Yucatán ha disminuido la CPUE en los últimos años y esto se interpreta como indicador de un deterioro del recurso que se manifiesta con más claridad en algunas zonas de pesca.

En conjunto, los indicadores derivados de las evaluaciones y los estudios de biología y dinámica de la población de langosta sugieren que la pesquería está siendo aprovechada en su nivel máximo, sin embargo, las características biológicas de las langostas hacen necesario explorar formas de manejo novedosas que permitan la sustentabilidad. Es recomendable la incorporación de métodos de análisis alternativos a los ya usados y que permitan el enlace de los diferentes niveles de conocimiento que se tiene hasta ahora.

Estado actual de la pesquería

Los análisis de la pesquería y las evaluaciones realizadas indican que está plenamente desarrollada y la recomendación en los últimos años ha sido no incrementar el esfuerzo pesquero en ninguna de las áreas de captura de la península de Yucatán (Carta Nacional Pesquera. DOF, 2010). Con base en el informe nacional presentado durante el Taller Regional sobre las Pesquerías de Langosta del Caribe realizado por la FAO en 2006, la pesquería mexicana fue catalogada como estable en las condiciones climáticas imperantes.

Un cambio de clima en términos estadísticos significa tendencias en una escala mayor a las decenas de años que incluye tendencias o frecuencia de sucesos que alteren ambientes. Ambos aspectos parecen constantes en la historia de la Tierra, pero sea cual fuere el origen, astronómico, solar, de alteración de ciclos de elementos como el carbono por parte de los humanos, o de otros organismos favorecidos por los efectos de las actividades antropogénicas, las poblaciones de langosta de el Caribe, que en realidad es una fracción del Atlántico, difícilmente desaparecerán. Sin embargo las pesquerías sí pueden colapsarse y desaparecer.

Estrategias de manejo

Reglamentación vigente

La regulación del aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de Jurisdicción Federal del Golfo de México y mar Caribe se estipula en la Norma Oficial Mexicana NOM-006-PESC-1993 para regular el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción

federal del Golfo de México y el mar Caribe, así como del océano Pacífico incluyendo el Golfo de California, publicada en el *Diario Oficial* del 31 de diciembre de 1993 y modificada en sus apartados 3.4 y 3.5 el 21 de abril de 1995, el 1 de julio de 1997 y el 11 de agosto de 1998. Las medidas de regulación para el aprovechamiento de las especies de langosta son:

Las especies biológicas objeto de la NOM-006-PESC-1993 son la langosta pinta (*Panulirus guttatus*), la langosta verde (*Panulirus laevicauda*) y langosta del Caribe (*Panulirus argus*) de las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y el mar Caribe, así como la langosta roja (*Panulirus interruptus*), la langosta azul (*Panulirus inflatus*), la langosta insular (*Panulirus penicilatus*) y la langosta verde (*Panulirus gracilis*), de las aguas de jurisdicción federal del océano Pacífico incluyendo el Golfo de California.

Los titulares de permisos o concesiones para el aprovechamiento comercial de langosta quedan obligados a colaborar y participar en los programas que se establezcan para el más eficiente aprovechamiento del recurso.

La captura de langosta podrá realizarse mediante la utilización de trampas que permitan extraer a los organismos vivos y devolver al medio natural a los ejemplares menores a la talla mínima de captura establecida y a las hembras con hueva.

En el caso de las aguas de jurisdicción federal de Quintana Roo y Yucatán, la captura de langosta podrá realizarse mediante buceo libre o *apnea*, buceo autónomo con *scuba*, buceo con compresor o *hookah* y “casitas” pudiéndose utilizar ganchos como instrumentos complementarios.

Cualquier otro equipo o método de captura requerirá autorización de las autoridades correspondientes, con base en la opinión del Instituto Nacional de Pesca.

La talla mínima de captura para el Golfo de México y el mar Caribe para las especies langosta pinta (*Panulirus guttatus*) es de 135 mm de longitud abdominal y para la langosta del caribe *Panulirus argus* de 135 mm de longitud abdominal, equivalente a 74.6 mm de longitud cefalotorácica y 223 mm de longitud total.

Los titulares de concesiones o permisos para el aprovechamiento de langosta, están obligados a devolver al mar, en las mejores condiciones de sobrevivencia posibles, los ejemplares de langosta que no cumplan con la talla mínima y las langostas hembras en estado avanzado de madurez

reproductora. La época de veda inicia el 1º de marzo y finaliza el 30 de junio.

El Parque Nacional Arrecife Alacranes, las reservas de la Biósfera Banco Chinchorro, Isla Cozumel, Punta Nizuc, Punta Cancún, Isla Mujeres e Isla Contoy son zonas de gran importancia para la pesquería de langosta en Yucatán y Quintana Roo, debido a que en estos sitios se obtiene una parte significativa de la producción. En estos sitios existen lineamientos de manejo propios de cada área, que en casos como Alacranes y Banco Chinchorro limitan el incremento del esfuerzo y la captura de langosta en temporada de veda.

La Carta Nacional Pesquera (CNP), especifica en la ficha de la langosta de el Caribe, que la pesquería está en su máximo aprovechamiento sustentable y que el esfuerzo de pesca no debe incrementarse en ninguna de las áreas de pesca (DOF, 2010).

El esquema de manejo actual de la pesquería de langosta de el Caribe representa varias ventajas para el recurso, de las cuales se hace un resumen (Tabla 11).

Propuestas de manejo

En la dinámica de la población de langosta, las características más importantes son su alta fecundidad, la larga persistencia de los estadios larvales en las corrientes del océano abierto y su resiliencia. Estas características hacen que la langosta sea una especie que se puede dispersar por vastas zonas dentro de su área de distribución, la variabilidad en el reclutamiento inducida por el ambiente genera gran incertidumbre en la producción interanual local. La resiliencia, la persistencia y la dispersión son procesos complejos que dificultan la definición de unidad de *stock* apropiada para la instrumentación de políticas de manejo locales. No obstante, la política de los países en donde se desarrollan pesquerías de esta especie, requieren contar con herramientas que les permitan la toma de decisiones, y muchas veces es necesario llevar a cabo evaluaciones de los recursos aplicando modelos matemáticos que permiten predicciones. Los procesos biológicos y pesqueros deben ser analizados en una combinación de escalas, adquiriendo especial relevancia los ámbitos locales (Ríos-Lara, 2009).

TABLA 11
Esquema de manejo en la pesquería de langosta del Golfo de México y el mar Caribe (Ríos-Lara y Monroy-García, 2007)

<i>Regulación</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Observaciones</i>
Estacionalidad de pesca: Veda [1 de marzo-30 de junio].	Protege los picos reproductivos y permite el reclutamiento y crecimiento de juveniles. Limita la captura.	Instrumentar sólo esta medida de regulación es insuficiente para controlar el esfuerzo total de pesca; el pescador puede incrementar su eficacia y su capacidad de pesca.
Composición de la captura: Talla mínima de 135 mm de longitud abdominal y prohibición de la captura de hembras ovígeras.	Al permitirse mayor rendimiento por recluta, a mediano plazo se puede incrementar la captura, se evita la sobrepesca de crecimiento. Permite el reclutamiento de nuevos organismos, asegurando la persistencia de la población.	
Restricción en artes de pesca: número de trampas/embarcación: 100 y 150. Características de las trampas: acero y nailon, 1.30x0.9x0.4. Hilo de 2.5 mm	Control del esfuerzo de pesca, reducción de la presión de pesca y selectividad.	Si se instrumentan estas regulaciones para controlar el esfuerzo, no se deberían incorporar otras características no reguladas (embarcación o arte de pesca), que contribuya al incremento del esfuerzo pesquero.
Entrada límite: permisos, número de pescadores, número de embarcaciones. Flota mayor: 33 barcos (trampas y buceo). Flota menor 865.	Reduce o limita incrementos del esfuerzo de pesca y puede proteger a los pescadores locales de competidores.	Esta regulación es un paso para limitar el poder de pesca, en especial en pesquerías altamente rentables. Si los manejadores quieren proteger a los pescadores locales, al emitir los permisos de pesca se deberían especificar, la no transferencia.
Asignación de derechos de propiedad. Derecho territorial: de un total de 39 cooperativas. En Yucatán, cinco tienen concesiones de pesca por 20 años a partir de 1994 y las restantes trabajan a través de permisos de pesca anuales.	Dar incentivos para mantener una pesquería sustentable, prevenir la pesca ilegal, mantener la eficiencia económica, propiciar mayor rentabilidad, reducir la sobrecapitalización, generar valor agregado al recurso, ampliar mercado y aumentar la cooperación.	Las cooperativas con una buena forma de organización interna y conociendo la distribución del recurso, pueden mejorar sus ganancias y evitar la sobrecapitalización de la pesquería. Si un grupo de pescadores genera acuerdos internos de regulación, puede hacer un buen manejo de su recurso.

El planteamiento de manejo para la pesquería de langosta, al menos en las zonas uno a cinco a partir de las últimas evaluaciones del *stock*, es que el esquema de manejo actual (veda, talla mínima de captura y prohibición de la captura de hembras ovígeras), sería suficiente para mantener saludable la pesquería, siempre y cuando se cumpliera estrictamente en todos sus apartados y además no se incrementara el esfuerzo en ninguna de las zonas (Ríos-Lara y Salas, 2009). Una de las recomendaciones para el recurso regional es la conservación de la fecundidad de la población, como clave para que la pesquería de langosta sea sustentable (Ehrhardt, 2005). En este caso, la veda establecida (marzo-junio) incluye los meses de mayor actividad reproductiva y, si además la flota que pesca con trampas en la zona profunda no pescara al menos durante el mes de julio de cada temporada, disminuiría considerablemente el número de hembras ovígeras en la captura.

Tomando en cuenta la ubicación de algunas de las zonas de reproducción de langosta en la plataforma que ya han sido identificadas (Ríos-Lara *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2008), y con el conocimiento existente sobre los picos reproductivos (Ramírez, 1996; Briones *et al.*, 1997; Briones-Fourzán *et al.*, 2008), se podría estructurar un esquema de manejo que permitiera en cierta medida la protección de los reproductores sin que se afectara a los usuarios del recurso en forma drástica. Además, el conocimiento sobre los patrones de distribución de langosta en la plataforma (Ríos-Lara *et al.*, 2007; Ríos-Lara, 2009) podrían ser utilizados en la planificación de las zonas de pesca, en términos de esfuerzo, espacio y tiempo, a través de la rotación de las áreas de pesca.

La zona noreste se considera una de las más problemáticas en términos de población, organización de las sociedades cooperativas y de ordenamiento de la pesca, y las medidas que se tomen para el manejo de la pesquería, deben ser precautorias.

Para las zonas norte, centro y sur de Q. Roo, la principal estrategia de manejo del recurso es no incrementar el esfuerzo. Por otra parte, en estas dos zonas, las cooperativas que explotan langosta se encuentran en un proceso de certificación de su producto, lo cual influye sustancialmente en acciones de co-manejo que podrían ser benéficas tanto para los usuarios como para el propio recurso.

En la ficha de langostas del Caribe de la CNP publicada en 2006, se establecía para la pesquería de langosta del Caribe, el concesionamiento para todas las cooperativas langosteras, esto podría coadyuvar al mejor cuidado del recurso por parte de los usuarios.

Una estrategia general para el recurso sería la pronta instrumentación del Plan de Manejo Pesquero de Langosta en la Península de Yucatán.

Ámbito socioeconómico

La población pesquera en las costas de la península de Yucatán, de manera similar a otras regiones costeras del país, ha tenido un aumento significativo en las últimas décadas como resultado de movimientos migratorios de personas de zonas rurales y urbanas a la costa en busca de mejorar su bienestar económico. Estas personas se han integrado a la actividad, ya sea como pescadores o empleándose en alguna actividad relacionada con la pesca (Paré y Fraga, 1994; Salas *et al.*, 2005).

Sin embargo, la competencia por los recursos pesqueros a mayor escala se da en la fracción del sector pesquero que pueden competir con infraestructura (barcos, congeladoras, etc.), capital de inversión (avituallamiento, el equipamiento, reparación, renovación, etc.) y apoyos gubernamentales y crediticios.

Las comunidades pesqueras en relación con su organización política y social, el entorno físico, sociocultural, económico y de desarrollo turístico, difiere a lo largo de la costa de la península. La administración de los recursos naturales, incluidos los pesqueros, también es diferente. Aunque alrededor de la península existe gran cantidad de áreas naturales protegidas, en Quintana Roo se encuentra la mayor parte, y dentro de éstas se desarrollan las pesquerías más importantes. En algunos casos dentro de estas áreas hay mayor control del cumplimiento de la regulación pesquera; sin embargo, también hay mayor demanda de recursos, lo cual fomenta la pesca ilegal.

Por otra parte, la pesquería de langosta, aun cuando la especie ya no es reservada a sociedades cooperativas, se sigue manejando en este ámbito. En algunas de ellas se ha logrado alcanzar un buen manejo del recurso y lo han mantenido por muchos años; en otros casos, las cooperativas se manejan como empresas y algunos pescadores trabajan como empleados

en ellas. El manejo de la pesquería de langosta se ve influenciado por todo este entorno.

Un elemento determinante en la economía de los pescadores de langosta es la captura de otras especies en la pesquería; como se menciona párrafos arriba, la captura de otras especies de importancia comercial representa entre 30% y 90% de la captura total, dependiendo del mes y de la zona de pesca (Ríos-Lara y Monroy, 2007; Caamal-Madrigal, 2009; Ríos-Lara *et al.*, 2010).

Comercialización de la langosta de la península de Yucatán

La comercialización de la langosta espinosa en Yucatán se puede remontar al intercambio entre campesinos y pescadores, o la venta de langostas capturadas en la costa por pobladores de la costa a integrantes de los estratos sociales de mayores ingresos, hacendados y ciudadanos. Actualmente se pueden recoger registros anecdóticos de este comercio incipiente y local que incluye la presencia extranjera (no mexicana) en la península.

El siglo xx impuso formas variadas al desarrollo de las relaciones “económicas” en la península de Yucatán, y en los albores del siglo xxi una globalización comercial e informática penetró la mayoría de las estructuras sociales. Durante los últimos 20 años del siglo, Estados Unidos, Europa y Japón se convirtieron en consumidores de “recursos” al punto de amenazar equilibrios globales cuyos efectos, sin duda, cruzarán sus fronteras.

Las poblaciones de la langosta de el Caribe son uno de los recursos codiciados. En EU son un producto altamente valorado, no sólo como alimento sino como símbolo de “prosperidad económica”; en Japón es un producto apreciado por razones que combinan las tradiciones y la misma imagen, o una semejante, de prosperidad. Europa tiene también una tradición de admiración a las culturas mediterráneas, y su preferencia por el sabor de las langostas tiene componentes culturales y de dominio económico del mundo globalizado.

En la península de Yucatán, el aprovechamiento o la extracción de recursos propios destinados a un mercado externo responden a la posibilidad de mantener las condiciones mínimas de sobrevivencia y de alcanzar

estados de bienestar conocidos o imaginados y cuyo vehículo será la comercialización de los recursos “disponibles y propios”.

Los recursos federales o de la nación, como el petróleo, no aparecen en este panorama. Pero están de la mano de los recursos naturales accesibles, y la demanda de EU, Japón y Europa marca los ritmos, capacidades (por dotación de infraestructura: ellos aportan financiamientos al precio de los créditos nacionales) y rutas de comercialización de langosta de el Caribe.

Mercado interno

El mercado mexicano de langosta espinosa, a finales del siglo xx y principios del siglo xxi, se desarrolla por la demanda de las grandes ciudades (la más cercana, ciudad de Mérida-Progreso, así como DF, Guadalajara, Monterrey) y de los desarrollos turísticos del sureste (Cancún, Riviera Maya, Veracruz, etc.) y las costas del Pacífico mexicano (Huatulco, Acapulco). Es probable que la demanda de langosta en los mercados turísticos del Pacífico mexicano del norte, busquen satisfacción en las abundantes poblaciones de langosta de las costas de la Baja California y Sonora.

Yucatán es un mercado muy limitado de carne de cola de langosta; en Quintana Roo hay mayor demanda e incluye langostas vivas, langostas precocidas enteras, colas de langosta y pulpa o carne de langosta extraída del cefalotórax, las antenas y patas.

Actualmente existen redes de comercialización que van desde el desembarco en fresco hasta dos o tres intermediarios locales que sitúan los productos “primarios” o de un proceso de tratamiento en plantas capaces de acceder a los mercados nacionales que abarcan calidades de consumo extremas.

El mercado nacional incluye langostas vivas, enteras crudas, enteras precocidas, cola y pulpa de antenas y cefalotórax.

En el estado de Yucatán, el uso de trampas amplió la oferta de carne de langosta nacional y local; la imposición de medidas de regulación basadas en la talla permitió también la comercialización local de langostas de tallas sublegales.

Mercado internacional

El mercado internacional de langosta, desde México, tiene tres grandes objetivos: Norteamérica, Europa y Asia. En el pasado, Asia era Japón y este país conserva los mayores requerimientos de calidad; Europa, mediante las normas de la comunidad económica europea, solicita grados intermedios de calidad y EU es consecuente con la mayor demanda y la calidad que no necesariamente puede establecer criterios relacionados con los productos, pero que debido a la cantidad y a la inducción de rutas de mercado, pueden manejar criterios políticos de precios.

Según Salas *et al.* (2005), la langosta se exporta fresca refrigerada o congelada y los principales consumidores son EU y Taiwán. Cabe aclarar que estas modalidades se refieren a la exportación de cola de langosta. Los países europeos consumidores de langosta reportados en la literatura son España y Francia; sin embargo, también la consumen en Bélgica, Reino Unido y los países de el Caribe que mantienen polos turísticos.

Las redes de comercialización del mercado internacional de langosta se pueden seguir en la red global del internet y las instituciones del Estado mexicano y supranacionales, pero la investigación científica-académica en México relacionada con este tema tiene aún importantes limitaciones metodológicas.

Agradecimientos

Son muchas las personas que han apoyado por varios años nuestro trabajo, compartiéndonos su conocimiento, proporcionándonos información valiosa, dejándonos trabajar en sus plantas y a veces hasta en sus casas, contestando encuestas después de su jornada de pesca, proporcionándonos estadísticas, a veces ayudándonos a hacer nuestro propio trabajo en el campo o facilitándonos la tarea, contándonos historias, compartiendo el pescado o el ceviche, siendo siempre amistosos. No mencionaremos nombres específicos para no dejar a alguien fuera, pero agradecemos a todos y cada uno de los pescadores, secretarías y directivos de las federaciones regionales de sociedades cooperativas de la Industria Pesquera: zona oriente del estado de Yucatán, zona centro y poniente del estado de Yucatán, de Producción Pesquera, Turísticas Artesanales y de Acuicultura en el estado de Yucatán y de la Industria Pesquera del estado de Quintana Roo.

Literatura citada

- Acosta CA, TR Matthews y MJ Butler IV. 1997. Temporal patterns and transport processes in recruitment of spiny lobster (*Panulirus argus*) postlarvae to south Florida. *Marine Biology* 129: 79-85.
- Aguilar-Dávila W, A Aguilar-Perera y T Camarena-Luhrs. 1993. Densidad de langosta *Panulirus argus* en los refugios artificiales "casitas" en Bahía Ascensión, Quintana Roo, México. En: J González-Cano y R Cruz (eds.). *Memorias del 1 Taller Bilateral México- Cuba*. SEPESCA-INP. México, pp: 16-26.
- Alfonso I, MP Frías, JA Baisre y A Campos. 1991. Distribución y abundancia de larvas de langosta *Panulirus argus* en aguas alrededor de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas* 12(1-3): 5-19.
- Andrée SW. 1981. Locomotory activity patterns and food items of benthic postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*. Florida State University.
- Arce M, JC Seijo y S Salas. 1991. Cálculo del crecimiento de la langosta espinosa *Panulirus argus* Latreille, mediante funciones de singularidad. *Revista de Investigaciones Marinas* 12: 184-192.
- Arce AM, W Aguilar-Dávila, E Sosa-Cordero y JF Caddy. 1997. Artificial shelters (casitas) as habitats for juvenile spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean. *Marine Ecology Progress Series* 158: 217-224.
- Arceo P. 1991. Análisis bioeconómico de funciones captura-esfuerzo de la pesquería artesanal de langosta (*Panulirus argus* Latreille). Tesis de Maestría. CINVESTAV-Mérida. 75p.
- Arceo P y JC Seijo. 1991. Fishing effort analysis of the small scale spiny lobster (*Panulirus argus*) fleet of the Yucatán shelf. *FAO Fisheries Report* 431: 59-74.
- Armsworth P. 2002. Recruitment limitation, population regulation and larval connectivity in reef fish metapopulations. *Ecology* 83(4): 1092-1104.
- Austin HM. 1972. Notes on the distribution of phyllosoma of the spiny lobster, *Panulirus* spp in the Gulf of Mexico. *Proceedings Natural Shellfish Association* 62: 26-30.
- Baisre JA. 1964. Sobre los estadios larvales de la langosta común *Panulirus argus*. *Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba* 19: 1-37.

- Baisre JA, W Blanco, I Álvarez y ME Ruíz Quevedo. 1978. Distribución y abundancia relativa de las larvas de langosta (*Panulirus argus*) en el mar Caribe y Bahamas. *Revista Cubana de Investigación Pesquera* 3(1): 1-20.
- Bannerot SP, JH Ryther y S Griffith. 1991. Progress on assessment of recruitment of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*, to Antigua, west Indies. *Proceedings of the 37th Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, pp: 482-488.
- Bannerot SP, JH Ryther y M Clark. 1992. Large-scale assessment of the recruitment of postlarval spiny lobsters *Panulirus argus*, to Antigua west Indies. *Proceedings of the 38th Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, pp: 471-486.
- Behringer DC, MJ Butler IV, JD Shields y J Moss. 2011. Review of *Panulirus argus* Virus a decade after its discovery. *Diseases Aquatic Organisms* 94: 153-160.
- Bello-Pineda J, V Ríos, MA Liceaga, C Zetina, K Cervera, P Arceo y H Hernández. 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes reef, Yucatán, México. *Fisheries Research* 73: 37-47.
- Beukers J y GP Jones. 1997. Habitat complexity modifies the impact of piscivores on a coral reef fish population. *Oecology* 114: 50-59.
- Blázquez LE y E Romeu. 1982. Contribución al estudio de la circulación general en el Golfo de Batabanó, Zona B. *Academia de Ciencias de Cuba. Reporte de Investigación* 1: 1-33.
- Booth JD. 1995. *Jasus* phyllosomas in southern ocean. *The lobster. Newsletter* 5(2): 8-9.
- Booth JD y BF Phillips. 1994. Early life history spiny lobster. *Crustaceana* 66: 271-294.
- Briones P, L González y E Lozano. 1983. Biología y ecología de las langostas del género *Panulirus* en Q. Roo. 1.- Estadios Larvarios. Seminario de Investigación. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Briones-Fourzán P. 1991a. Marco teórico de la regulación en pesquerías de langostas. En: P Briones-Fourzán (ed.). *Memorias del taller Regional sobre Manejo de la Pesquería de Langostas*. UNAM/PESCA, Junio 6-9, 1988. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. *Publicación Técnica* 1: 1-10.
- Briones-Fourzán P. 1991b. Consideraciones para el manejo de *Panulirus guttatus* (Latreille) en Quintana Roo, México. En: P Briones-Fourzán (ed.). *Memorias del taller Regional sobre Manejo de la Pesquería de Langostas*. UNAM/PESCA, Junio 6-9, 1988. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. *Publicación Técnica* 1: 81-89.
- Briones-Fourzán P. 1993. Reclutamiento de las postlarvas de langosta *Panulirus argus* (Latreille 1804) en el Caribe mexicano. Patrones posibles mecanismos e implicaciones pesqueras. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Briones-Fourzán P. 1994. The spiny lobster fisheries in Mexico. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittara (eds.). Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell) Oxford, pp: 144-157.
- Briones-Fourzán P. 1995. Diferencias y similitudes en *Panulirus argus* y *Panulirus guttatus*, dos especies de langosta comunes en el Caribe Mexicano. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 19(2): 14-20.
- Briones-Fourzán P y D Gutiérrez. 1991. Variaciones en el patrón de reclutamiento de postlarvas de langosta *Panulirus argus* en Bahía de la Ascensión. México. *Revista de Investigaciones Marinas* 12: 45-56.
- Briones-Fourzán P y D Gutiérrez-Carbonell. 1992. Postlarval recruitment of the spiny lobster, *Panulirus argus* (Latreille 1804) in Bahía de la Ascension, Q. R. *Proceedings of the 38th Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 41: 492-501.
- Briones-Fourzán P y E Lozano-Álvarez. 2001. Effects of artificial shelters (casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus* in a habitat limited tropical reef lagoon. *Marine Ecology Progress Series* 221: 221-232.
- Briones-Fourzán P, E Lozano-Álvarez y DB Eggleston. 1994. The use of artificial shelters ("casitas") in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell), Oxford, pp: 340-361.
- Briones-Fourzán P, E Lozano, M Cabrera y P Arceo. 1997. Biología y ecología de las langostas (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *En: D Flores-Hernández, P Sánchez-Gil, JC Seijo y F Arreguín-Sánchez (eds.). Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México*. EPOMEX. UAC. Serie Científica. 7, pp: 81-99.
- Briones-Fourzán P, J Candela y E Lozano-Álvarez. 2008. Postlarval settlement of the spiny lobster *Panulirus argus* along the Caribbean coast of Mexico: patterns, influence of physical factors, and possible sources of origen. *Limnology and Oceanography* 53(3): 970-985.
- Briones-Fourzán P, K Baeza-Martínez y E Lozano-Álvarez. 2009. Nutritional indices of juvenile Caribbean spiny lobsters in a Mexican reef lagoon: are changes over a 10-year span related to the emergence of *Panulirus argus* Virus 1 (PaV1)? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 370: 82-88.
- Briones-Fourzán P, V Castañeda-Fernández de Lara, E Lozano-Álvarez y J Estrada-Olivo. 2003. Feeding ecology of the three juvenile phases of the spiny lobster *Panulirus argus* in a tropical reef lagoon. *Marine Biology* 142: 855-865.
- Briones-Fourzán P, E Lozano-Álvarez, F Negrete-Soto y C Barradas-Ortiz. 2007. Enhancement of juvenile Caribbean spiny lobsters: an evaluation of changes in multiple response variables with the addition of large artificial shelters. *Oecologia* 151: 401-416.

- Brown RS y N Caputi. 1985. Factor affecting the growth of undersize western rock lobster, *Panulirus cygnus* George, returned by fishermen to the sea. *Fishery Bulletin* 83(4): 567-574.
- Buesa-Más RJ. 1965. Biología de la langosta *Panulirus argus*, Latreille, 1804 (Crustacea, Decapoda, Reptantia) en Cuba. Centro de Investigaciones Pesqueras. Instituto Nacional de Pesca. La Habana, Cuba.
- Buesa-Más RJ. 1972. La langosta: nuestro recurso pesquero más importante. *Mar Pesca* 80: 12-19.
- Butler MJ IV y WF Herrnkind. 1991. The effect of benthic microhabitat cues on the metamorphosis of spiny lobster, *Panulirus argus*, postlarvae. *Journal Crustacean Biology* 11: 23-28.
- Butler MJ IV y WF Herrnkind. 1997. A test of recruitment limitation and the potential for artificial enhancement of spiny lobster (*Panulirus argus*) population in Florida. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 452-463.
- Butler MJ IV, WF Herrnkind y JH Hunt. 1997. Factors affecting the recruitment of juvenile Caribbean spiny lobsters dwelling in macroalgae. *Bulletin Marine Science* 61: 3-19.
- Caamal-Madrigal E. 2009. Seguimiento a la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus*, en el Parque Nacional Isla Contoy temporada 2008-2009. Reporte Técnico. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 17p.
- Caballero PPI y F Aldama D. 1994. Captura de langosta. Documento Técnico. Secretaría de Pesca. México. 32p.
- Caillouet CW Jr, GL Beardsley y N Chitty. 1971. Notes on size, sex ratio and spawning of the spiny lobster *Panulirus guttatus* (Latreille), near Miami Beach, Florida. *Bulletin Marine Science* 21(4): 944-951.
- Carrasco-Zanini G. 1985. Algunos aspectos del patrón de movimientos (regreso al refugio, ámbito hogareño y orientación) de la langosta del Caribe *Panulirus argus* (Latreille). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 66p.
- Castaña O y E Cadima. 1993. Biología y evaluación de la langosta espinosa. *Simposium sobre evaluación y manejo de las pesquerías de crustáceos en Nicaragua Managua*. Centro de Investigación de Recursos Hidrológicos (CIRH)/NOPRAD: 53p.
- Chapa SH. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico mexicano y su pesquería. SIC/Dirección General de Pesca. Ind. CXAS/INIBP 6:5-68.
- Cobb JS y JF Caddy. 1989. The population biology of decapods. En: JF Caddy (ed.). *Marine Invertebrates Fisheries and their Assessment*. John Wiley y Sons. New, York, pp: 327-374.
- Cochrane KL y B Chakalall. 2001. The spiny lobster fishery in the WECAFC region –an approach to responsible fisheries management. *Marine Freshwater Research* 52: 1623-1631.
- Cochrane KL, B Chakalall y G Munro. 2004. The whole could be greater than the sum of the parts: the potential benefits of cooperative management of the

- Caribbean spiny lobster. En: A Payne, C O'Brien y IL Rogers S (eds.). *Management of Shared Stocks*. Blackwell, Oxford, pp: 223-239.
- Colinas-Sánchez F y P Briones-Fourzán. 1990. Alimentación de las langostas *P. argus* y *P. guttatus* (Latreille 1804) en el Caribe Mexicano. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 17: 89-109.
- Cox SL y DJ Johnson. 2003. Feeding biology of spiny lobster larvae and implications for culture. *Review in Fisheries Science* 11(2): 89-106.
- Cox C, JH Hunt, WG Lyons y GE Davis. 1997. Nocturnal foraging of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus* on off shore reef of Florida, USA. *Marine Freshwater Research* 48: 671-679.
- Crawford WR y GS Jamieson. 1996. Modelling advection of Dungeness crab (*Cancer magister*) in Dixon Entrance and northern Hecate Strait, British Columbia. En: BR Melteff (ed.). *High latitude crabs: biology, management and economics*. University of Alaska, Fairbanks, Alaska. *Sea Grant Report* 96(2): 489-506.
- Cruz R. 1999. Variabilidad del reclutamiento y pronóstico de la pesquería de langosta (*Panulirus argus* Latreille, 1804) en Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad de la Habana. La Habana, Cuba. 80p.
- Cruz R y ME De León. 1991. Dinámica reproductiva de la langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. *Revista de Investigaciones Marinas* 12(1-3): 234-245.
- Cruz R y BF Phillips. 2000. The artificial shelters (pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). *Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell), Oxford, pp: 400-419.
- Cruz R, R Coyula y AT Ramírez. 1981. Crecimiento y mortalidad de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la Plataforma suroccidental de Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 6: 89-119.
- Cruz R, ME de León y R Puga. 1992. The cuban spiny lobster fishery. *The Lobster Newsletter* 5(1): 2-12.
- Cruz R, ME de León y R Puga. 1994. Relaciones entre los índices de abundancia de puerulos, juveniles y reclutas en la langosta espinosa *Panulirus argus*. *Congreso de Ciencias del Mar Cuba*. La Habana, Cuba.
- Cruz R, R Brito, E Díaz y R Lalana. 1986. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. II. Patrones de movimiento. *Revista de Investigaciones Marinas* 7(3): 19-35.
- Cruz R, JA Baisre, E Díaz, R Brito, C García, W Blanco y C Carrodegas. 1987. Atlas biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba. 125p.
- Davis GE. 1979. Management recommendations for juvenile spiny lobster, *Panulirus argus*, in Byscaine National Monument, Florida. us Department Internal. So. Florida. Research. Report M-530. 32p.

- Davis GE y JW Dodrill. 1989. Recreational fishery and population dynamics of spiny lobster, *Panulirus argus*, in Florida Bay, Everglades National Park, 1970-1980. *Bulletin of Marine Science* 44: 78-88.
- De la Torre R y DL Miller. 1982. Update on the Mexican Caribbean's artificial habitat-based spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery: The of design, material and placement optimums. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 34: 582-589.
- De León ME, J López Martínez, D Lluch Cota, S Hernández-Vázquez y R Puga. 2005. Decadal variability in growth of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* (Decapoda: Paniluridae) in Cuban waters. *Revista de Biología Tropical* 53(3/4): 475-486.
- DOF. 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-006-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de Jurisdicción Federal del DOF. 1998. Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-006-PESC-1993 en su apartado 3.5. Diario Oficial de la Federación. Martes 11 de agosto de 1998.
- Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico incluyendo el Golfo de California. Diario Oficial de la Federación. Viernes 31 de diciembre de 1993.
- DOF. 2006. Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. Viernes 25 de agosto de 2006.
- DOF. 2010. Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. México. 2 de diciembre de 2010.
- Eggleston D, RN Lipcius, LS Marshall Jr y SG Ratchford. 1998. Spatio temporal variation in postlarval recruitment of the Caribbean spiny lobster in the central Bahamas: lunar and seasonal periodicity, spatial coherence, and wind forcing. *MEPS* 174: 1616-1599.
- Ehrhardt NM. 2005. Population dynamic characteristics and sustainability mechanisms in key Western Central Atlantic spiny lobster, *Panulirus argus* fisheries. *Bulletin Marine Science* 76(2): 501-525.
- Ehrhardt NM. 2008. Estimating growth of the Florida spiny lobster, *Panulirus argus*, from molt frequency and size increment data derived from tag and recapture experiments. *Fisheries Research* 93: 332-337.
- Epifanio CE y RW Garvine. 2001. Larval Transport on the Atlantic Continental Shelf of North America: A Review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 51-77.
- FAO. 2006. Informes nacionales presentados al Quinto Taller Regional sobre la Evaluación y la Ordenación de la Langosta común del Caribe. 19-29 de septiembre de 2006. Mérida, Yucatán, México. Informe de Pesca 826 FIE/R826 (Bi).
- Farmer MW, JA Ward y BE Luckhurst. 1989. Development of spiny lobster (*Panulirus argus*) phyllosoma larvae in the plankton near Bermuda. *Proceedings of the Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 39: 289-301.

- Field JM y MJ Butler IV. 1994. The influence of temperature, salinity, and post-larval transport on the distribution of juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in Florida Bay. *Crustaceana* 67: 26-45.
- Fonseca ME y P Briones-Fourzán. 1998. Fecundity of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in the Caribbean coast of México. *Bulletin of Marine Science* 63(1): 21-32.
- Forcucci D, MJ Butler y JH Hunt. 1994. Population dynamics of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, in Florida Bay, Florida. *Bulletin of Marine Science* 54: 805-818.
- Fuentes CD. 1986. Estado del conocimiento biológico-pesquero de la langosta, (Latreille, 1804), en el Caribe mexicano. Documento Predoctoral. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Secc. de Graduados. 62p.
- Fuentes CD. 1988. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe Mexicano. *En: Los recursos pesqueros del país. xxv Aniversario*. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca, pp: 441-462.
- Gallo J, M Rojas y F Correa. 1998. Aspectos sobre la biología y pesquerías de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en la República de Colombia. *Workshop on the spiny lobster in the WECAF Area*. Reporte Nacional de Colombia. 18p.
- García C, B Hernández, J Baisre y R Cruz. 1991. Factores climáticos en las pesquerías cubanas de langosta (*Panulirus argus*): su relación con las migraciones masivas. *Revista de Investigaciones Marinas* 12(1-3): 131-139.
- González-Cano J. 1991. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean. Ph. D. Thesis. Imperial College, University of London. 448p.
- González-Cano J y C Aguilar. 1987. Explotación de langosta espinosa en el norte del Estado de Quintana Roo durante la temporada 1986-1987. Análisis de la composición por tallas y de producción de la captura comercial. Informe técnico (Documento interno). Estación de Investigaciones Pesqueras Isla Mujeres. Instituto Nacional de la Pesca. SEPESCA. 12p.
- González-Cano J y C Aguilar-Cardozo. 1993. Análisis global sobre la introducción de refugios artificiales en la pesquería de langosta en la Península de Yucatán, México. Informe técnico (Documento interno). Estación de Investigaciones Pesqueras Isla Mujeres. Instituto Nacional de la Pesca. SEPESCA. 8p.
- González-Cano J, F Márquez-Farías y A Ramírez. 2001. Evaluación preliminar de la fracción de la población de langosta que se captura en aguas someras de Banco Chinchorro, Q. Roo. Informe técnico (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca, CRIP Puerto Morelos, Quintana Roo. México. 39p.
- González-Cano J, GV Ríos-Lara, A Ramírez-Estévez, C Zetina-Moguel, C Aguilar-Cardozo, K Cervera-Cervera, J Martínez, R Mena-Aguilar y M Coba-Ríos. 2000. La pesquería de langosta en el Caribe. *En: MA Cisneros-Mata, LF Beléndez-Moreno, E Zárate-Becerra, MT Gaspar-Dillanes, LC López-González,*

- C Saucedo-Ruíz y J Tovar-Ávila (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo 1999-2000*. INAPESCA-SAGARPA, pp: 547-581.
- Gregory DR Jr y RF Labisky. 1986. Movements of spiny lobster *Panulirus argus* in south Florida. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 2228-2234.
- Gregory DR Jr, RF Labisky y CL Combs. 1982. Reproductive dynamics of the spiny lobster *Panulirus argus* in South Florida. *Trans. Am. Fish. Soc.* 111: 575-584.
- Gutiérrez-Carbonell D, J Simonin-Díaz y P Briones-Fourzán. 1992. A simple collector for postlarvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 41: 517-527.
- Herrera A y D Ibarzábal. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. *Revista de Investigaciones Marinas* 19(1): 59-63.
- Herrera A, R Brito, D Ibarzábal, G González, G Gotera, E Díaz, C Arrinda y J Espinosa. 1994a. Alimentación natural de la langosta *Panulirus argus* en la región de Los Indios (Plataforma sw de Cuba) y su relación con el bentos. *Revista de Investigaciones Marinas* 12(1-3): 172-182.
- Herrera A, J Espinosa, E Diaz-Iglesias, D Ibarzabal, R Brito, G González y G Gotera. 1994b. Datos sobre el cobo *Strombus gigas* (Mollusca: Gastropoda) en la dieta de la langosta *Panulirus argus* (Crustacea: Decapoda) del borde de la plataforma suroccidental de Cuba. En: RS Appeldoorn y B Rodríguez (eds.). *Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture*. Fundación Científica Los Roques. Venezuela, pp: 159-167.
- Herrnkind WF. 1980. Spiny lobsters: patterns of movements. En: JS Cobb y BF Phillips (eds.). *The Biology and Management of Lobsters*. Vol. 1. *Physiology and Behavior*. Academic Press. New York. pp: 349-401.
- Herrnkind WF. 1983. Movements patterns and orientation of Crustacea. En: F Vernberg y W Vernberg (eds.). *Biology of Crustacea*. 5: Behavior and ecology of crustacea. Academic Press. New York, pp: 41-105.
- Herrnkind WF y JJ Butler IV. 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters, *Panulirus argus*. *Marine Ecology, Progress Series* 34: 23-30.
- Huchin-Mian JP, P Briones-Fourzán, R Simá-Álvarez, Y Cruz-Quintana, JA Pérez-Vega, E Lozano-Álvarez, C Pascual-Jiménez y R Rodríguez-Canul. 2009. Detection of *Panulirus argus* Virus 1 (PaV1) in exported frozen tails of subadult-adult Caribbean spiny lobsters *Panulirus argus*. *Diseases of Aquatic Organisms* 86: 159-162.
- Jamieson GS y A Phillips. 1993. Megalopal spatial distribution and stock separation in Dungeness crab. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science* 50: 416-429.
- Johnson MW. 1971. The palinurid and scyllarid lobster larvae of the eastern Pacific and their distribution is related to the prevailing hydrography. *Bulletin Scripps Institute Oceanography, California University* 19: 1-36.

- Kanciruk P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). *En: JS Cobb y BF Phillips (eds.). The Biology and Management of Lobsters*. London, Academic Press. Vol. II. Ecology and Management, pp: 59-96.
- Katz CH, JS Cobb y M Spaulding. 1994. Larval behavior, hydrodynamic transport, and potential offshore to inshore recruitment in the American lobsters *Homarus americanus*. *Marine Ecology, Progress Series* 103: 265-273.
- Kittaka J. 1994. Larval rearing. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). Spiny Lobster Management*. Oxford. Fishing News Books (Blackwell Sci. Publications), pp: 402-423.
- Lavalli KL y WF Herrnkind. 2009. Collectives defense by spiny lobster (*Panulirus argus*) against triggerfish (*Balistes capriscus*): effects of number of attackers and defenders. *Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 15-28.
- Lee TN, C Rooth, E Williams, M McGowan, AF Szmant y ME Clarke. 1992. Influence of Florida Current, gyres and wind driven circulation on transport of larvae and recruitment in the Florida Keys coral reefs. *Continental Shelf Research* 12(7-8): 971-1002.
- Lewis JB. 1951. The phyllosoma larvae of the spiny lobster, *Panulirus argus*. *Bulletin Marine Science, Gulf and Caribbean* 1: 89-103.
- Lewis JB, HB Moore y W Babis. 1952. The postlarval stages of the spiny lobster *Panulirus argus*. *Bulletin Marine Science* 2: 324-337.
- Ley-Cooper K. 2006. Evaluación de estrategias para la explotación óptima de la población de langosta *Panulirus argus* en la Reserva de la Biósfera de Banco Chinchorro, Quintana Roo. Tesis de Maestría. Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 124p.
- Lipcius RN y JS Cobb. 1994. Introduction: Ecology and fishery biology of spiny lobsters. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka. (eds.). Spiny Lobster Management*. Oxford. Fishing News Books (Blackwell Sci. Publications), pp: 1-30.
- Lipcius RN y DB Eggleston. 2000. Introduction: ecology and fishery biology of spiny lobsters. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell), Oxford, pp: 1-42.
- Little EJ Jr. 1977. Observations on recruitment of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*, to the south Florida coast. *Florida Marine Research Publications* 29: 1-358.
- Logan BW, JL Harding, WM Ahr, JD Williams y RG Snead. 1969. Carbonate Sediments and Reefs, Yucatan Shelf, Mexico. Part 1. Late Quaternary Carbonate Sediments of Yucatan Shelf, Mexico. The American Association of Petroleum Geologist. The Collegiate Press. Menasha, Wisconsin. 198p.
- Lomhmann KJ, D Pentcheff, GA Nevitt, GD Stetten, RK Zimmer-Faus, HE Jarrard y LC Boles. 1995. Magnetic orientation of spiny lobster in the ocean: experiments with undersea coil systems. *Journal of Experimental Biology* 198: 2041-2048.

- Lozano-Álvarez E y F Negrete-Soto. 1991. Pesca exploratoria de la langosta *Panulirus argus* con nasas frente a la Bahía de la Ascensión en el Caribe mexicano. *Proceedings of the International Workshop on Lobster Ecology and Fisheries*. La Habana Cuba. July 1990.
- Lozano-Álvarez E y G Aramoni-Serrano. 1996. Alimentación y estado nutricional de las langosta *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Guerrero, México. *Revista Tropical* 44: 453-461.
- Lozano-Álvarez E y E Spanier. 1997. Behaviour and growth of spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille, 1804), under the risk of predation. *Marine and Freshwater Research* 48: 707-713.
- Lozano-Álvarez E y P Briones-Fourzán. 2001. Effects of artificial shelters (Casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in a habitat-limited tropical reef lagoon. *Marine Ecology, Progress Series* 221: 221-232.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzan y BF Phillips. 1991a. Fishery characteristics, growth and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascension, México. *Fisheries Bulletin* 89: 79-89.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzan y J González-Cano. 1991b. Pesca exploratoria de langostas con nasas en la plataforma continental del área de Puerto Morelos. Q. Roo. México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México* 18(1): 49-58.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzán y F Negrete-Soto. 1993. Ocurrence and seasonal variations of spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille) on the shlef outside Bahía de la Ascención, México. *Fisheries Bulletin* 91: 808-815.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzán y F Negrete-Soto. 1994. An evaluation of concrete block structures as shelter for juvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. *Bulletin Marine Science* 55(2-3): 351-362.
- Lozano-Álvarez E, G Carrasco-Zanini y P Briones-Fourzán. 2002. Homing and orientation in the spotted spiny lobster, *Panulirus guttatus* (Decapoda, Palinuridae) towards a subtidal coral reef habitat. *Crustaceana* 75(7): 859-873.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzán y ME Ramos-Aguilar. 2003. Distribution, shelter fidelity, and movements of subadult spiny lobsters (*Panulirus argus*) in areas with artificial shelters (casitas). *Journal of Shellfish Research* 22: 533-540.
- Lozano-Álvarez E, P Briones-Fourzán, A Ramírez-Estévez, D Placencia-Sánchez, JP Huchín-Mian y R Rodríguez-Canul. 2008. Prevalence of *Panulirus argus* Virus 1 (PaV1) and habitation patterns of healthy and diseased Caribbean spiny lobsters in shelter-limited habitats. *Disease Aquatic Organism* 80: 95-104.
- Lyons WG. 1980. Possible sources of Florida's spiny lobster population. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 33: 253-266.
- Lyons WG, DG Barber, SM Foster, FS Kennedy Jr. y GR Milano. 1981. The spiny lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction. *Florida Marine Research Publications* 38: 1-38.

- Macdonald CD. 1986. Recruitment of the puerulus of the spiny lobster *Panulirus marginatus* in Hawaii. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* 43: 2118-2125.
- Manzanilla-Domínguez H y R Gasca. 2004. Distribution and abundance of phyllosoma larvae (Decapoda, Palinuridae) in the southern Gulf of Mexico and the western Caribbean Sea. *Crustaceana* 77(1): 75-93.
- Marx JM y WF Herrnkind. 1985. Macroalgae (Rhodophyta: *Laurencia* spp.) as habitat for young juvenile spiny lobster *Panulirus argus*. *Bulletin Marine Science* 36: 423-431.
- Marx JM y WF Herrnkind. 1986. Spiny lobster, Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Florida). us. Departm. of the Interior/U.S. Army Corps of Engineers. Biological Report.
- Maxwell KE, TR Matthews, MRJ Sheehy, RD Bertelsen y CD Derby. 2007. Neuro-lipofuscin is a measure of age in *Panulirus argus*, the Caribbean spiny lobster, in Florida. *Biological Bulletin* 213: 55-66.
- Mateo I y WJ Tobias. 2002. Preliminary estimations of growth, mortality and yield per recruit for spiny lobster *Panulirus argus* in St. Croix, USVI. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 53: 164-176.
- Medley PAH y CH Niñez. 1997. A recruitment index and population model for spiny lobster (*Panulirus argus*) using catch and effort data. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* 54: 1414-1421.
- Menzies RA y JM Kerrigan. 1979. Implications of spiny lobster recruitment patterns of the Caribbean a biochemical genetic approach. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 31: 164-178.
- Miller DL. 1982. Construction of shallow water habitat to increase lobster in Mexico. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 34: 168-179.
- Morgan GR. 1980. Population dynamics of spiny lobsters. En: JS Cobb y BF Phillips (eds.). *The Biology and Management of Lobsters*. Academic Press. Vol. 2. pp: 189-217.
- Munro JL. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Research Report. Zoology Department. University of West Indies 3: 1-57.
- Muñoz-García I, A Núñez- Pasten, R Pérez-González, MI Borrego y LM Valadez. 2004. Estado actual del conocimiento sobre larvas filosomas de *P. inflatus* y *P. gracilis* en las costas mexicanas del Pacífico y en el Golfo de California. *Contribución al estudio de los crustáceos del Pacífico Este* 3: 213-234.
- Negrete SF. 1988. Algunos parámetros poblacionales de la langosta *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) en Puerto Morelos, Q. Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons. 624p.

- Nevitt GA, D Pentcheff, KJ Lomhmann y RK Zimmer-Faust. 1995. Evidence for hydrodynamic orientation by spiny lobsters in a patch reef environment. *Journal Experimental Biology* 198: 2049-2054.
- Olvera-Limas RM y L Ordoñez-Alcalá. 1988. Distribución y abundancia relativa y desarrollo larvario de langosta *Panulirus argus* y *Scyllarus americanus* en la ZEE del Golfo de México y Mar Caribe. *Ciencia Pesquera* 6: 7-31.
- Padilla-Ramos R y P Briones-Fourzán. 1997. Características biológicas de las langostas (*Panulirus* spp.) provenientes de las capturas en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Ciencias Marinas* 23(2): 175-193.
- Paré L y J Fraga. 1994. La costa de Yucatán y su vulnerabilidad ambiental. IIS-UNAM, Cuadernos de Divulgación No. 23. México, DF.
- Peacock NA. 1974. A study of the spiny lobster fishery of Antigua and Bermuda. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 26: 117-130.
- Pearce AF y BF Phillips. 1994. Oceanic processes, puerulus settlement and recruitment of the western rock lobster *Panulirus cygnus*. *Coastal and Estuarine Study* 45: 279-303.
- Phillips BF y AN Sastry. 1980. Larval ecology. En: JS Cobb y BF Phillips (eds). *The Biology and Management of Lobsters*. Vol. 2: Ecology and Management. Academic Press. New York, USA, pp: 1-25.
- Phillips BF, JS Cobb y CRW George. 1980. General biology. En: JS Cobb y BF Phillips (eds.). *Biology and Management of Lobsters*. Academic Press, New York. EU. 1: 1-82.
- Phillips BF, PA Brown, DW Rimmer y DD Reid. 1979. Distribution and dispersal of the phyllosoma larvae of the western rock lobster *Panulirus cygnus*, in the southeastern Indian Ocean. *Aust. Journal Marine Freshwater Research* 30: 773-783.
- Pollock DE, G Bailey y P van der Byl. 1995. Phyllosoma larvae in the south-east Atlantic: a case for long-distance dispersal. *The Lobster Newsletter* 8(2): 6-7.
- Punt A y R Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. Computerized Information. *FAO Series Fisheries*. 62p.
- Ramírez EA. 1996. Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa noreste de Quintana Roo. México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 70p.
- Ramírez-Estévez A, GV Ríos-Lara, C Aguilar-Cardozo, GF Escobedo, F Figueroa-Paz, V Sosa-Mendicuti y JD Martínez-Aguilar. 2008. Análisis de la población de langosta de la zona de Isla Mujeres Quintana Roo en las temporadas de pesca (1997-2006), con énfasis en las subpoblaciones de hembras ovígeras y hembras activas. Informe técnico (Documento interno). CRIP Puerto Morelos. INAPESCA. 25p.
- Ramírez-Estévez A, GV Ríos-Lara, E Lozano-Álvarez, P Briones-Fourzán, C Aguilar-Cardozo, GF Escobedo, F Figueroa-Paz, V Sosa-Mendicuti y JD Martínez-Aguilar. 2010. Estimación de crecimiento, movimientos y prevalencia de

- PaV1 en juveniles de langosta *Panulirus argus* en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro (Quintana Roo, México) a partir de datos de marcado-recaptura. *Ciencia Pesquera* 18(1): 55-66.
- Ramos PR. 1974. El recalón de Contoy. *Boletín Informativo*. Estación de Biología Pesquera Isla Mujeres. Instituto Nacional de la Pesca. Departamento de Pesca. México 1: 1-7.
- Ramos PR. 1975. Pesca experimental de langosta en temporada de veda en Isla Mujeres. Informe técnico (Documento interno). INAPESCA. Departamento de Pesca. México.
- Rimmer DW y BF Phillips. 1979. Diurnal migration and vertical distribution of phyllosoma larvae of the western rock lobster *Panulirus cygnus*. *Marine Biology* 54: 109-124.
- Ríos-Lara GV. 2000. Evaluación del funcionamiento del pesquero levable como arte de pesca para la captura de langosta *Panulirus argus* en la costa oriente del Estado de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. 82p.
- Ríos-Lara GV. 2009. Identificación del hábitat y de los factores que determinan la distribución espacial de langosta en la Plataforma de Yucatán: modelación y evaluación de la población. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. México 155p.
- Ríos-Lara GV y C Monroy García. 2007. Situación actual y exploración de escenarios de manejo para la pesquería de langosta *Panulirus argus* en la costa de Yucatán. Informe de Investigación (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. INAPESCA. 20p.
- Ríos-Lara GV y S Salas. 2009. Modelo estructurado por edades para la evaluación de la población de langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61: 162-175.
- Ríos-Lara GV e I Peniche-Ayora. 2011. Análisis de la estructura de la población de langosta capturada en la Plataforma de Yucatán de 1987 a 2010. *Resúmenes II Reunión Nacional de Innovación Acuícola-Pesquera*. León Gto. Nov. 2011, pp: 14.
- Ríos-Lara GV, C Zetina M y K Cervera C. 1995. Evaluación de “casitas” o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 19(2): 50-56.
- Ríos-Lara GV, C Zetina M y K Cervera C. 1996. Análisis del esfuerzo pesquero en la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán, México. Informe técnico (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. México. 12p.
- Ríos-Lara GV, K. Cervera-Cervera, JC Espinoza Méndez, M Pérez-Pérez, C Zetina-Moguel y F Chable-Ek. 1998. Estimación de las densidades de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*) en el área central del arrecife Alacranes, Yucatán. México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 50: 104-127.

- Ríos-Lara GV, C Zetina M y P Arceo B. 2000. Evaluación de la población de langosta de las costas de Yucatán y análisis del efecto de la reducción de la talla mínima sobre la biomasa y la captura. *Contribuciones de Investigación Pesquera. Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. Documento Técnico 8*: 16-26.
- Ríos-Lara GV, P Arceo-Briseño, C Monroy-García y E Cob-Pech. 2002. Evaluación de la población de langosta *Panulirus argus*. Cambios en la estructura de la población explotada en la Plataforma de Yucatán. Informe de Investigación (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de Pesca. 23p.
- Ríos-Lara GV, J Bello Pineda, CE Zetina-Moguel, K Cervera-Cervera y P Arceo-Briceño. 2003. Estimación de densidad, abundancia y biomasa de la langosta espinosa *P. argus* en el Arrecife Alacranes en los años 1997-1999 con aplicación de Sistemas de Información Geográfica. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 54: 272-284.
- Ríos-Lara GV, CE Zetina-Moguel, J Bello-Pineda, P Arceo-Briceño y C Monroy-García. 2004. Modelo de distribución geográfica de áreas de reproducción de la langosta (*Panulirus argus*) en zonas arrecifales profundas de la costa de Yucatán. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 55: 436-449.
- Ríos-Lara GV, S Salas, J Bello-Pineda e I Peniche-Ayora. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacran Reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential habitat. Evaluation and Management Coast Fisheries in Latin America and Caribbean. *Fisheries Research* 87: 35-45.
- Ríos-Lara GV, C Monroy-García, I Peniche-Ayora, CE Zetina-Moguel, R Medina-González, JC Espinoza-Méndez, C Aguilar-Cardozo, GF Escobedo, F Figueroa-Paz, JD Martínez-Aguilar, V Sosa-Mendicuti y R Moreno-Mendoza. 2010. Investigación biológica pesquera de la langosta *Panulirus argus* en la Península de Yucatán (Yucatán-Quintana Roo) de enero a diciembre de 2010. Informe de Investigación (Documento interno). Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de Pesca. México. 28p.
- Ríos-Lara GV, CE Zetina-Moguel, I Sánchez-Molina, JI Peniche-Ayora, R Medina-González, JC Espinoza-Méndez y R Moreno-Mendoza. 2011. Identificación y caracterización del hábitat de juveniles de langosta *Panulirus argus* en la costa central (Dzilam de Bravo) del estado de Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 63: 462-470.
- Ríos-Lara GV, C Zetina-Moguel, A Ramírez-Estévez y C Aguilar-Cardozo. 2012. Evaluación de los stock de langosta (*Panulirus argus*) en diferentes zonas de pesca de la costa de Yucatán y Quintana Roo, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 64: 442-448.
- Salas S, JC Seijo, MA Liceaga, MA Cabrera, D Aguilar, M Arce, H Núñez y P Arceo. 1992. Reclutamiento de la langosta (*P. argus*) en las costas de Yucatán y sus implicaciones en el aprovechamiento de la pesquería. CINVESTAV Unidad Mérida. Instituto Politécnico Nacional. Tercer Informe de Investigación.

- Departamento de Desarrollo Pesquero. Gobierno del Estado de Yucatán. México.
- Salas S, D Aguilar, MA Cabrera y P Arceo. 1996. Patrones de asentamiento de langosta (*Panulirus argus*) en la costa oriente de Yucatán. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 44: 536-552.
- Salas S, J Bello, V Ríos, MA Cabrera, R Rivas y A Santamaría. 2005. Programa Maestro del Sistema-Producto de las pesquerías de langosta en Yucatán. CONAPESCA-SAGARPA-CINVESTAV, Mérida, Yucatán. 127p.
- Sarver SK, JD Silberman y PJ Walsh. 1996. Mitochondrial DNA sequence evidence supports the recognition of two subspecies or species of the western Atlantic spiny lobster *Panulirus argus* (Latrielle). *Div. of Mar. Biol. & Fish. Rosenstiel School of Mar. & Atmosph. Sci. Univ. Miami. FL. EU.*
- Seijo JC, S Salas, P Arceo y D Fuentes. 1991. Análisis bioeconómico comparativo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* de la plataforma continental de Yucatán. *FAO. Fisheries Report 431 (Suppl.)* 39-58.
- Shane KS, JD Silberman y PJ Wals. 1998. Mitochondrial DNA sequence evidence supporting the recognition of two subspecies or species of the Florida spiny lobster *Panulirus argus*. *Journal Crustacean Biology* 18(1): 177-186.
- Shields JD y DC Behringer Jr. 2004. A new pathogenic virus in the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* from the Florida Keys. *Diseases of Aquatic Organisms* 59: 109-118.
- Silberman JD, SK Sarver y PJ Walsh. 1994. Mitochondrial DNA variation and population structure in the spiny lobster *Panulirus argus*. *Marine Biology* 120: 601-608.
- Sims HW y RM Ingle. 1967. Caribbean recruitment of Floridas's spiny lobster population. *Q. J. Florida Academic Science* 29: 207-242.
- Solis RMJ. 1963. Ensayo de nasas para langosta en la Bahía de la Ascensión, Q. Roo. México. *Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas y Pesqueras, Serie de Trabajo de Divulgación VII* (65).
- Sosa-Cordero E y A Ramírez-González. 1993. El uso de hábitats artificiales en la pesquería de langostas (*Panulirus argus*) de Quintana Roo, México. *Colegio de la Frontera Sur*. 10p.
- Sosa-Cordero E, AM Arce, W Aguilar-Dávila y A Ramírez-González. 1995. Introducción de hábitats artificiales en la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) de Cayos Contoy, Quintana Roo, México. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 19(2): 95-103.
- Sosa-Cordero E, A Ramírez-González y M Domínguez-Viveros. 1996. Evaluación de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) de Banco Chinchorro, Quintana Roo. México, con base en el análisis de frecuencias de tallas. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 44: 103-120.
- Sosa-Cordero E, AM Arce, W Aguilar-Dávila y A Ramírez-González. 1998. Artificial shetters for spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): an evaluation of

- occupancy in different benthic habitats. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 229: 1-18.
- Sosa-Cordero E, MA Liceaga-Correa y JC Seijo. 2008. The Punta Allen lobster fishery: current status and recent trends. En: R Townsend, R Shotton y U Uchida (eds.). *Case studies in fisheries self-governance. FAO Fisheries Technical paper* 504: 149-162.
- Stoner AW, N Mehta y TN Lee. 1997. Recruitment of *Strombus veligers* to the Florida Keys reef tract: relation to hydrographic events. *Journal Shellfish Research* 16: 1-6.
- Torres-Irineo E y S Salas. 2009. Análisis comparativo de patrones de captura de langosta dados diferentes métodos de pesca en la Península de Yucatán. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61: 461-470.
- Umaña LR y CHD Chacón. 1994. Asentamiento de estadíos postlarvales de la langosta *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae), en Limón, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 42(3): 585-594.
- Ward JA. 1989. Patterns of settlement of spiny lobster *Panulirus argus* post larvae at Bermuda. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 44: 566-578.
- Witham R, RM Ingle y EA Joyce Jr. 1968. Physiological and ecological studies of *Panulirus argus* from the St. Lucie estuary. Technical Report Series. Florida Board Conservation Marine Research Laboratory.
- WWF. 2006. Manual de prácticas pesqueras de langosta en el Arrecife Mesoamericano.
- Yeung C y Mcgowan MF. 1991. Differences in inshore-offshore and vertical distribution of phyllosoma larvae of *Panulirus*, *Scyllarus* and *Scyllarides* in the Florida Keys in May and June, 1989. *Bulletin Marine Science* 49: 699-714.
- Yeung C y TN Lee. 2002. Larval transport and retention of the spiny lobster, *Panulirus argus*, in the coastal zone of the Florida Keys, USA. Inst. of Mar./Atmosph. Studs., Rosenstiel Sch. Mar./Atmosph. Sci., Univ. Miami. 4600 Rickenbacker Causeway. Fl. EU.
- Yeung C, DL Jones, MM Criales, TL Jackson y WJ Richards. 2001. Influence of coastal eddies and counter currents on the influx of spiny lobster, *Panulirus argus*, postlarvae into Florida Bay. *Marine Freshwater Research* 52: 1217-1232.
- Yoshimura T y A Yamakawa. 1988. Ecological investigations of settled puerulus and juvenile stages of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus* at Kominato, Japan. *Journal Crustacean Biology* 8: 524-531.
- Young GR. 1991. A preliminary study of spiny lobster postlarval settlement in a Jamaican south coast bay. *Revista de Investigaciones Marinas* 12(1-3): 83-88.
- Zetina-Moguel CE y GV Ríos-Lara. 1998. Estimación del tamaño de la población, tasa de explotación y mortalidad por pesca de langosta *Panulirus argus* en las costas de Yucatán a través de diferentes modelos de evaluación. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 50: 162-175.

- Zetina-Moguel CE y GV Ríos-Lara. 2001. Modelos de crecimiento de langosta (*Panulirus argus*) y un método para calcular la edad. *Ciencia Pesquera* 14: 57-61.
- Zetina-Moguel CE, GV Ríos-Lara y K Cervera-Cervera. 1996. Relaciones morfo-métricas de la langosta *Panulirus argus* de las costas de Yucatán, México. *Ciencia Pesquera* 12: 41-45.
- Zetina-Ríos KE, R Moreno-Mendoza, R Domínguez-Cano y GV Ríos-Lara. 2009. Co-manejo para el estudio de hábitats rocosos afectados por la Marea Roja. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61: 283-286.
- Zetina-Ríos KE, V Ríos-Lara, R Moreno-Mendoza, JC Espinoza-Méndez y C Zetina-Moguel. 2011. Riqueza específica de peces en caladeros de pesca de langosta espinosa *Panulirus argus* en la costa central de Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* (en prensa).

*La pesquería de langosta Panulirus argus
en el Golfo de México y mar Caribe mexicano*
se terminó de imprimir en abril de 2013
en los talleres de Ediciones de la Noche
Madero #687, Zona Centro
44100, Guadalajara, Jalisco
El tiraje fue de 1,000 ejemplares.

www.edicionesdelanoche.com