

Aspectos reproductivos de la langosta espinosa *Panulirus* spp. en las costas de Nayarit, México

Dagoberto Puga-López*, José Luis Patiño-Valencia*, Vicente Hernández-Covarrubias**, Pedro Antonio Ulloa-Ramírez***, Magda Rosalía Torres-Herrera* y Jesús Trinidad Ponce-Palafox****

De mayo a septiembre de 2008 se realizó un estudio acerca de la reproducción de las langostas espinosas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* en las costas del estado de Nayarit, México. Se recolectaron 67 langostas hembras: 59 correspondieron a *P. inflatus* y ocho a *P. gracilis*. A cada una se le extrajeron los ovarios y se fijaron en solución Davidson para los análisis histológicos mediante la técnica Hematoxilina-Eosina. Se identificaron las fases sexuales considerando las hembras ovígeras y no ovígeras (I a VI), el índice gonadosomático (IGS) y las fases de desarrollo ovárico (I a VII). En mayo se encontraron todas las fases sexuales de *P. inflatus*. La talla de primera madurez sexual de hembras *P. inflatus* con base en las fases externas de II a VI fue de $LC_{50\%M} = 67.6$ mm y con las fases internas II a VII, de $LC_{50\%H} = 63.73$ mm. El IGS estimado fue mayor en mayo, junio y septiembre. La coloración de los ovarios fue desde blanco transparente hasta rojo oscuro brillante, según la escala cromática utilizada.

Palabras clave: Desarrollo ovárico, madurez sexual, histología.

Reproductive aspects of the spiny lobster *Panulirus* spp. on the shores of Nayarit, Mexico

From May to September 2008 a study on the reproduction of the spiny lobsters *Panulirus gracilis* and *P. inflatus* collected on the coast of the state of Nayarit, Mexico was conducted. Sixty seven female lobsters were collected: 59 were *P. inflatus* and eight *P. gracilis*. Ovaries were removed and fixed in Davidson's solution for histological analysis with hematoxylin-eosin technique. Sexual phases were identified considering the ovigerous and non-ovigerous females (I to VI), the gonadosomatic index (IGS) and ovarian development stages (I to VII). In May all sexual stages were found in *P. inflatus*. Size at maturity for females of *P. inflatus* considering external phases II to VI was at 67.6 mm cephalothorax length ($LC_{50\%M}$), considering internal phases II to VII, 63.73 mm ($LC_{50\%H}$). IGS was higher in May, June and September. Colors of the ovaries were from transparent white to bright dark red according to the color chart.

Key words: Ovarian development, sexual maturity, histology.

Introducción

Las langostas espinosas están consideradas como uno de los recursos pesqueros de gran importancia social y económica en México, que está entre los primeros siete países en cuanto a su producción anual (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 1994). Las especies que se aprovechan

comercialmente y que sostienen la pesquería son *Panulirus interruptus* (Randall 1840), *P. inflatus* (Bouvier 1895), *P. gracilis* Streets 1871 y *P. argus* (Latreille 1804). La primera aporta 94% en el Pacífico mexicano y en el Golfo de California en los estados de Baja California y Baja California Sur. *P. argus* aporta 99.5% en Yucatán y Quintana Roo en el Golfo de México y Mar Caribe. Las especies restantes aportan sólo 3.6% en Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero (DOF 2012).

Particularmente, *P. inflatus* se distribuye en aguas tropicales y subtropicales de la costa del Pacífico y coincide en la distribución con *P. gracilis*. La primera se localiza desde Bahía Magdalena en la costa suroccidental de la península de Baja California, incluido el litoral del Golfo de California hasta Puerto Ángel en Oaxaca (Holthius y Villalobos 1962), y la segunda se

* Centro Regional de Investigación Pesquera - Bahía de Banderas. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Tortuga Núm. 1, La Cruz de Huanacaxtle, AP 59, CP 63732, Bucerías, Nayarit. dagoberto.puga@inapesca.gob.mx

** Centro Regional de Investigación Pesquera - Mazatlán. Instituto Nacional de Pesca. SAGARPA. Av. Sábalo-Cerritos s/n AP 1177, Mazatlán, CP 82010, Sinaloa.

*** Instituto Nacional de Pesca. Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Atlántico. Pitágoras 1320, Colonia Santa Cruz Atoyac, México, DF, CP 03310.

**** Lab. Bioingeniería Costera, Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera - Centro Multidisciplinario de Bahía de Banderas, Universidad Autónoma de Nayarit.

distribuye a lo largo de la costa del Pacífico oriental de Baja California, México, a Paita, Perú y las Islas Galápagos (Holthius 1991, Hendrickx 1995). Ambas especies se distribuyen conjuntamente en una región que va desde Sinaloa hasta Oaxaca (Aramoni-Serrano 1982).

Por lo regular habitan en zonas rocosas o de coral, en aguas someras de cinco a 30 m de profundidad, son de gran tamaño y a menudo se les encuentra en agrupaciones densas, lo que facilita su estudio (Puga-López 1999). Se les captura con diversos métodos, entre ellos, trampas y redes "langosteras". *P. inflatus* es más abundante en la captura obtenida con trampas, mientras que *P. gracilis* predomina más en la pesca con redes (Pérez González *et al.* 1992a). Este recurso se captura desde Nayarit hasta Oaxaca con redes, por medio de buceo autónomo (SCUBA), semiautónomo y libre, con ganchos o fisgas (Briones-Fourzán *et al.* 1981).

En lo tocante a su reproducción, *P. inflatus* presenta una variación por zonas: en el sureste del litoral mexicano se produce principalmente entre agosto y octubre, y en el noroeste entre junio y noviembre. Sin embargo, durante todo el año es posible observar hembras ovígeras con desoves múltiples y continuos (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez 1992, Pérez-González *et al.* 1992b, Hendrickx 1995). La fase de mayor actividad reproductiva de *P. gracilis* inicia en mayo y termina en otoño, en tanto que la de *P. inflatus* presenta hembras ovígeras durante todo el año con desoves múltiples y continuos (Hendrickx 1995). La determinación del periodo de mayor actividad reproductiva de estas especies es de gran utilidad para la definición de medidas de regulación, tales como el establecimiento de los periodos de veda y la limitación de acceso a zonas de desove; asimismo, es importante conocer la talla de primera madurez sexual.

Considerando lo anterior, en los últimos años se han realizado algunos trabajos para las langostas del género *Panulirus*, que abordan aspectos relacionados con la actividad reproductiva de ambas especies: fecundidad (Azpeitia y Cervantes 1995, Juárez-Carrillo *et al.* 2001¹,

Santana-Morales *et al.* 2001²), madurez sexual (González-Moreno 2002) y madurez gonádica con una técnica histológica (Ayala-Martínez 1983, Nakamura 1994, Minagawa 1997, Minagawa y Sano 1997, Dupre 2000, Elorza y Dupre 2000, Tapia-Vázquez y Castro-González 2000, Ortega-Guzmán 2004, Puga-López 2004, Velázquez-Abunder 2007, Pérez-González *et al.* 2009). Sin embargo, es necesario realizar estudios con más detalle, que integren varias metodologías que proporcionen información puntual y completa de los aspectos reproductivos de este importante recurso.

En este sentido, el presente trabajo tiene el objetivo de interpretar la información básica acerca de los aspectos reproductivos de las langostas espinosas *P. inflatus* y *P. gracilis* recolectadas en las costas de Nayarit, México, con el fin de que esta información sea considerada para la toma de decisiones en el establecimiento de vedas y zonas de reproducción para el óptimo aprovechamiento de este importante recurso.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en las costas del estado de Nayarit, México, en la Bahía de Matanchén, en Santa Cruz de Miramar en 21° 26' 10.24" N y 105° 11' 40.07" O hasta Punta de Mita en 20° 46' 15.05" N y 105° 32' 21.88" O sobre la línea de costa, considerando los campos pesqueros dedicados a la captura de langosta, como son: Santa Cruz de Miramar, Platanitos, Chacala, La Peñita, Lo de Marcos, Punta Sayulita y Punta de Mita (Fig. 1).

Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) en la costa central de Jalisco. VIII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A. C. y II Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. Ensenada, Baja California, México. 29 de mayo a 1 de junio de 2001.

2. Santana-Morales O, G González-López, JA Jaramillo-Molina, C Velarde-Nuño, R Gutiérrez-González, C Ortega-Castellanos y E Juárez-Carrillo. 2001. Biología y reproducción de la langosta espinosa *Panulirus gracilis* Streets 1871 (Decapoda: Palinuridae) en la costa central de Jalisco. VIII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés A. C. y II Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. Ensenada, Baja California, México. 29 de mayo a 1 de junio de 2001.

1. Juárez-Carrillo E, I Sifuentes-Romero y E Ríos-Jara. 2001.

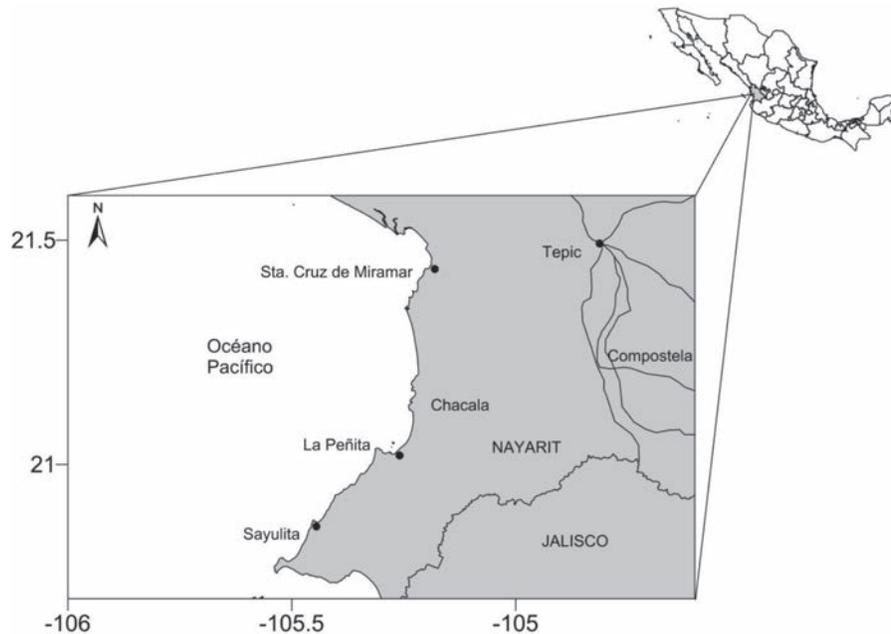


Fig. 1. Campos pesqueros en los que se recolectaron las langostas *Panulirus* spp.

Se realizaron muestreos mensuales de mayo a septiembre de 2008 en los diferentes campos pesqueros dedicados a la captura de langosta. Los organismos fueron capturados por los pescadores con redes de enmalle conocidas como chinchorros con longitud de entre 75 m y 200 m (promedio = 137.5 m) y con caída de 1.60 m y abertura de malla de cuatro a seis pulgadas a bordo de embarcaciones de fibra de vidrio de 22 pies de eslora y con motor fuera de borda de entre 75 HP y 100 HP, a profundidades de entre 0.5 m y 30 m. Después de la captura se tomó una muestra aleatoria entre 10 y 30 organismos de diferentes tallas para los análisis biométricos y la extracción de los ovarios. La determinación de la longitud del cefalotórax (LC) se realizó con vernier digital (± 0.1 mm) midiendo desde el margen anterior entre las espinas rostrales hasta el margen posterior del cefalotórax; el peso total (PT) se obtuvo con una balanza analítica con capacidad máxima de cinco kilogramos y precisión de ± 0.01 gramos.

Las hembras se clasificaron de acuerdo con su fase sexual y tomando en cuenta sus características externas en cuanto a la ausencia o presencia de huevecillos y la coloración de la masa ovígera (I a VI), conforme el criterio de Weinborn (1977) modificado por Briones-Fourzán *et al.* (1981). Asimismo, se extrajeron los ovarios de

todas las hembras haciendo dos cortes laterales en la parte blanda del cefalotórax con ayuda de tijeras tipo jardinero, dichos órganos se fijaron en solución Davidson (Bell y Lightner 1988) y se transportaron al Laboratorio de Histología del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Mazatlán, Sinaloa. Los ovarios se identificaron de acuerdo con su coloración y con base en la escala cromática propuesta por Puga-López (2004). Se registró la consistencia y el tamaño y se tomaron fotografías de cada ovario con una cámara digital marca Sony.

Posteriormente se enjuagaron las muestras (ovarios) y se pasaron a alcohol a 70%. Después de 48 horas se registró el peso de los ovarios (PG) en una balanza analítica con una precisión de ± 0.001 g. Para los análisis histológicos se tiñeron los tejidos (ovarios) con Hematoxilina-Eosina (Humason 1967). Las muestras finales se observaron en el microscopio compuesto de 1000 X y se tomaron fotografías con una cámara digital instalada en éste. Con el registro del peso de la gónada (PG) y las observaciones se determinó el índice gonadosomático (IGS), aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{IGS} = \text{PG} \frac{10^5}{L^3} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde: IGS = índice gonadosomático, PG = peso de la gónada (g), L = longitud del cefalotórax (mm).

Se determinó el ciclo de desarrollo ovárico a partir de las características internas de la gónada, considerando los criterios para los estadios de ovogénesis, su relación con el peso y color de la gónada (Minagawa y Sano 1997).

Para definir la talla de primera madurez sexual en las hembras se construyeron histogramas de frecuencia y se consideró a los organismos maduros a partir de la fase II hasta la fase VI, que toma en cuenta las características externas. También a partir de cortes histológicos de los ovarios se obtuvo la talla de primera madurez sexual considerando hembras maduras de las fases III a V, para lo que se utilizó la escala propuesta por Minagawa y Sano (1997), que toma en cuenta las características internas del ovario.

Se realizaron histogramas de frecuencia con relación al porcentaje acumulado en agrupaciones de tallas de 2 mm LC. En ambos casos se realizó la estimación de la talla de primera madurez sexual considerando aquella clase de talla en la que 50% de las hembras estuvieron maduras ($LC_{50\%M}$). También se determinó la proporción de las hembras ovígeras y no ovígeras y los organismos maduros de acuerdo con el desarrollo del ovario ($LC_{50\%H}$).

Resultados

Se obtuvieron 67 langostas hembras, de las cuales 59 correspondieron a *P. inflatus* (88.1%) y ocho a *P. gracilis* (11.9%). Las tallas fueron de 52.9 mm a 86 mm de LC y 162 g a 650 g de PT para *P. inflatus*, y de 58 mm a 75 mm de LC y 234 g a 438 g de PT para *P. gracilis*.

Se obtuvieron hembras ovígeras de *P. inflatus* en todos los meses con mayor porcentaje en agosto (70%) y menor porcentaje en julio (16.7%), de hembras ovígeras y no ovígeras de las distintas fases sexuales (considerando sus características externas). En el caso de *P. gracilis*, en mayo y junio se obtuvo 50% de hembras ovígeras y en julio y agosto 100% de hembras no ovígeras. Dado lo anterior, el análisis únicamente se realizó para *P. inflatus*.

Con relación a las distintas fases sexuales considerando las características externas (I a VI), las hembras de *P. inflatus* estuvieron presentes todos los meses de muestreo (Fig. 2), en mayo se presentaron todas las fases con un total de 28 langostas, en los demás meses sólo se presentaron cuatro fases: en agosto, I, III y IV registrándose porcentajes similares, y en septiembre el porcentaje mayor fue para la fase I, al igual que en junio.

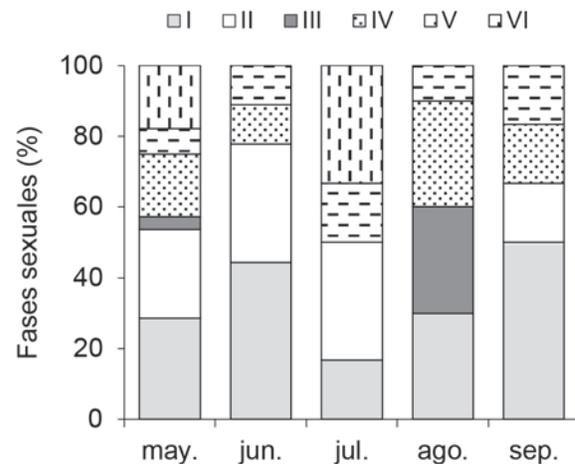


Fig. 2. Distribución mensual de las fases de maduración en hembras de *Panulirus inflatus* de acuerdo a sus características externas en Nayarit en 2008.

Por otra parte, los resultados de las fases de desarrollo del ovario considerando las características internas (fases I a VII) propuestas por Minagawa y Sano (1997) y determinadas con base en los análisis histológicos, demostraron que *P. inflatus* presentó la mayor dominancia reproductiva con el mayor número de langostas, a diferencia de *P. gracilis*. Al igual que el análisis externo, en mayo se registraron todas las fases (Fig. 3), en junio se observaron seis fases, en julio tres, en agosto cuatro y en septiembre cinco. Asimismo, se observa que la fase II (en desarrollo) estuvo presente en todos los meses de muestreo.

Por lo que respecta a las hembras maduras e inmaduras, considerando sus características externas y la relación con la longitud del cefalotórax (LC), se observó que el intervalo de esta medida en las hembras maduras de *P. inflatus* va de 50 mm a 86 mm LC con un valor promedio de 66 mm LC. En la fase I (hembras inmaduras) se encontraron organismos a partir de 56.0 mm hasta

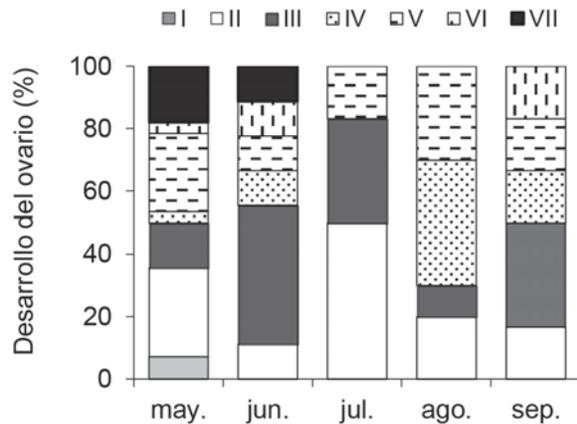


Fig. 3. Distribución mensual de las fases de maduración interna en hembras de *Panulirus inflatus* en Nayarit en 2008.

80 mm LC (Fig. 4a). En el caso de *P. gracilis* se obtuvieron organismos maduros en intervalos de tallas entre 68 mm y 76 mm LC, mientras que los inmaduros (dos hembras) midieron de 58 mm a 68 mm LC (Fig. 4b).

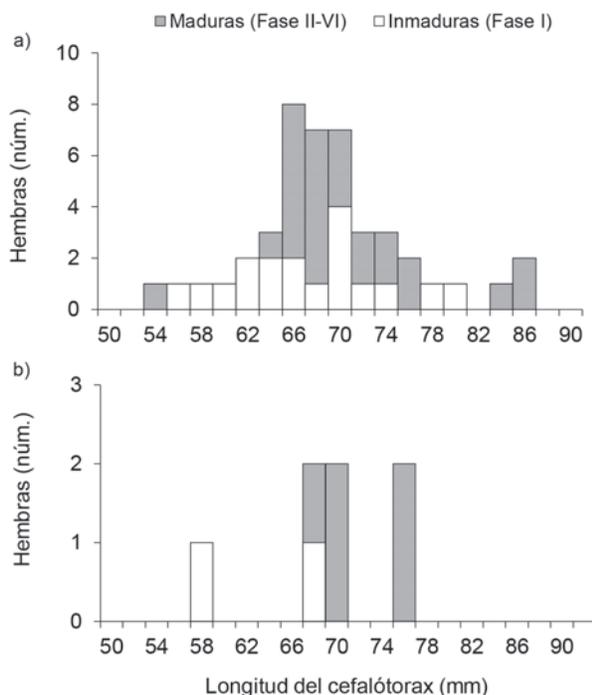


Fig. 4. Número de hembras maduras e inmaduras de a) *Panulirus inflatus* y b) *Panulirus gracilis*, en relación a la longitud del cefalotórax (LC) en las costas de Nayarit.

La talla de primera madurez sexual ($LC_{50\%M}$), considerando a las hembras maduras de las fases sexuales II a VI de *P. inflatus*, fue 67.6 mm. La relación entre LC y el porcentaje de hembras maduras indica que la frecuencia de organismos se incrementa a partir de 68 mm LC (Fig. 5a).

En el caso de la talla de primera madurez sexual, de acuerdo con las fases del desarrollo del ovario ($LC_{50\%H}$) de *P. inflatus*, se observa que la frecuencia se incrementa a partir de 54 mm LC (Fig. 5b). También se observa que esta especie alcanza la talla de madurez sexual de 50% = 67.5 mm LC, en el intervalo de talla de 66 mm a 68 mm LC en las fases de II a la VI. Para *P. gracilis* no se determinó la talla de primera madurez sexual por ninguno de los métodos, debido a que el número de organismos recolectados fue limitado.

En la figura 6 se observa que el índice gonadosomático (IGS) estimado para las hembras de *P. inflatus* registró el máximo de 4.67 en septiembre, el mínimo fue en mayo con 2.88. En *P. gracilis* se presentaron los siguientes valores: 2.88 en mayo, 2.21 en junio y 0.38 en julio.

En la tabla 1 se presenta el número total de hembras encontradas en las fases de desarrollo del ovario (I a VII) según la escala de Minagawa y Sano (1997). En ambas especies existen hembras ovígeras en las fases IV (re-desarrollándose) y V (re-madurando).

Las características de las fases del desarrollo del ovario de las hembras de *P. inflatus* y *P. gracilis* basadas en los cortes histológicos y considerando las diferentes coloraciones que presentaron de acuerdo con los diez colores establecidos en la escala cromática de Puga-López (2004), desde blanco transparente (hembras inmaduras) hasta rojo oscuro brillante (hembras maduras), se describen en la tabla 2 y las imágenes se presentan en la figura 7.

Discusión

Al analizar los resultados obtenidos en este estudio relacionados con el número de langostas recolectadas para todos los campos pesqueros de Nayarit, la especie más abundante fue *P. inflatus* (59 hembras), en relación con *P. gracilis* (ocho hembras). Estos datos coinciden con los de Puga-López (2004), quien para la misma zona

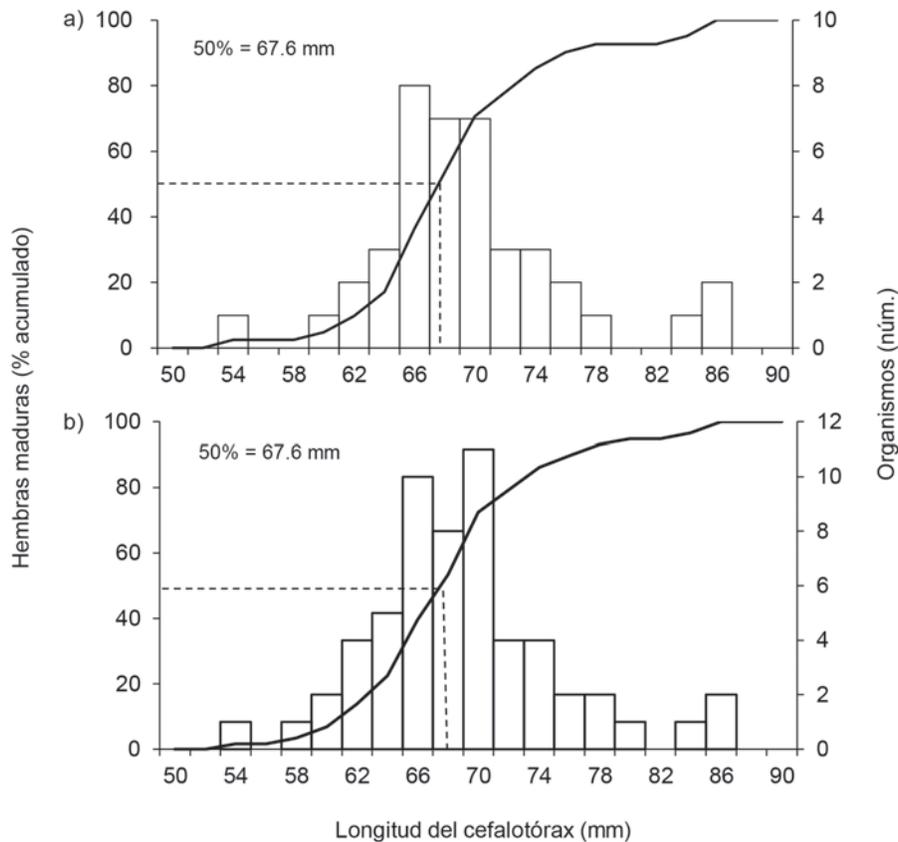


Fig. 5. Frecuencia relativa acumulada y la longitud del cefalotórax (LC) de las hembras de *Panulirus inflatus* en a) etapa de madurez externa (II-VI) y b) desarrollo del ovario (II-VII) en las costas de Nayarit.

Tabla 1
Hembras ovígeras de *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* encontradas en las diferentes fases de desarrollo ovárico de acuerdo a Minagawa y Sano (1997)

Fases de desarrollo ovárico	<i>Panulirus inflatus</i>			<i>Panulirus gracilis</i>		
	Núm. total de hembras	Hembras ovígeras (Núm.)	Hembras ovígeras (%)	Núm. total de hembras	Hembras ovígeras (Núm.)	Hembras ovígeras (%)
Fase I (inactivo)	1	0	0	1	0	0
Fase II (desarrollándose)	15	0	0	0	0	0
Fase III (maduro)	13	0	0	2	0	0
Fase IV (re-desarrollándose)	7	7	100	1	1	100
Fase V (re-madurando)	14	14	100	2	2	100
Fase VI (desovado)	3	0	0	0	0	0
Fase VII (en recuperación)	6	0	0	2	0	0
Total	59	21		8	3	

registró que el número de langostas capturadas fue mayor para *P. inflatus*. Por su parte, Patiño-Valencia *et al.* (2009) afirman que la abundancia de *P. inflatus* es mayor que *P. gracilis* con base en datos de captura de 2001 a 2006.

Si se compara lo anterior con datos de trabajos realizados en la costa del sur de Sinaloa, se puede observar que ahí la especie dominante es *P. gracilis* (Abitia *et al.* 1986, Hernández *et al.* 1986). Quizás esto se deba al tipo de arte que ahí

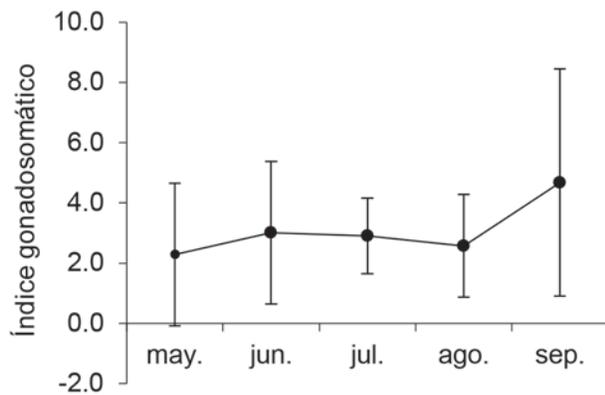


Fig. 6. Índice gonadosomático (IGS), promedio y desviación estándar de las hembras de *Panulirus inflatus* en las costas de Nayarit.

utilizan los pescadores (chinchorro) en sustratos arenosos, dado que *P. gracilis*, habita en sustratos mixtos (grava y arena) entre 15 m y 22 m de profundidad, en tanto que *P. inflatus* prefiere los sustratos rocosos con cavidades grandes a profundidad de 30.0 m en aguas relativamente claras (Gracia y Kensler 1980, Hendrickx 1995). Así pues, la diferencia en abundancia y composición en la captura se debe a la predilección por determinado hábitat de las especies y por el arte de pesca utilizado, considerando que en Nayarit también el buceo es arte de pesca.

La fase I de madurez sexual fue la más abundante en las hembras de *P. inflatus* en todo el periodo de muestreo (mayo a septiembre 2008), dato que coincide con lo registrado por Puga-López (2004) para organismos capturados en las costas de Nayarit. En cambio, para *P. gracilis* la fase II fue dominante, aunque hay que considerar

Tabla 2
Fases de desarrollo ovárico (I - VII) para la langosta *Panulirus inflatus* capturadas en las costas de Nayarit

Fase	Descripción
I (inactivo)	Los ovocitos y ovogonias de diferente tamaño reemplazando el tejido conectivo de la pared ovárica, sobresalen células germinales en toda la periferia del ovario. El tejido conectivo frecuentemente es mucho más visible del grupo de ovocitos. Las células germinales se encuentran distribuidas principalmente cerca del centro del ovario. Entre los ovocitos en crecimiento se detectan otras células pequeñas y en menor número (células foliculares). En esta etapa los ovarios se observaron flácidos, de color blanco transparente a anaranjado blanquecino (Fig. 7a).
II (desarrollándose)	Los ovocitos en desarrollo situados junto a la pared de los sacos ováricos disminuyendo el área de la zona germinal. La capa gruesa de tejido conectivo apenas se observa entre el racimo de ovocitos que empiezan a llenar los espacios vacíos del ovario. En esta fase los ovarios presentaron una coloración desde blanco transparente a anaranjado oscuro (Fig. 7b).
III (maduro)	El ovario ocupa mayor espacio en el interior del caparazón, siendo éste mucho más grande. Los ovocitos llenan totalmente el ovario no existiendo espacio entre los ovocitos individuales, además presentan una forma más o menos redondeada con los ángulos poco pronunciados. Se observan principalmente los granulados de vitelo de gran tamaño y la pared ovárica es delgada y frágil. El ovario presentó una coloración desde anaranjado a rojo oscuro brillante (Fig. 7c, d).
IV (re-desarrollándose)	La mayoría de las hembras son ovígeras (existe un primer desove), tienen ovarios que son similares al estadio de desarrollo, a excepción de la pared del ovario que es gruesa y los ovocitos son menos estrechos. Los ovarios presentan una coloración desde blanco cremoso hasta rojo intenso (Fig. 7e, f).
V (re-madurando)	En las hembras ovígeras, los ovocitos que no fueron expulsados en el primer desove están en crecimiento (madurando), aquí también se observaron ovogonias y ovocitos pre-vitelogénicos pero no son conspicuos. Los ovarios presentaron una coloración desde blanco transparente hasta anaranjado brillante (Fig. 7g).
VI (desovado)	Se observan los ovocitos que no fueron expulsados por el ovario y restos de la membrana folicular quedando mucho espacio vacío. El ovario es pequeño y presentó una coloración desde blanco transparente hasta anaranjado claro (Fig. 7h).
VII (recuperación)	El tejido conectivo es más abundante y existe mucho espacio vacío en el interior del ovario. Los ovocitos más avanzados se encuentran en reabsorción por el mismo ovario. El tejido conectivo grueso se introduce dentro de la masa de ovocitos. La pared del ovario es gruesa. El ovario es flácido y de color blanco transparente a anaranjado blanquecino (Fig. 7i).

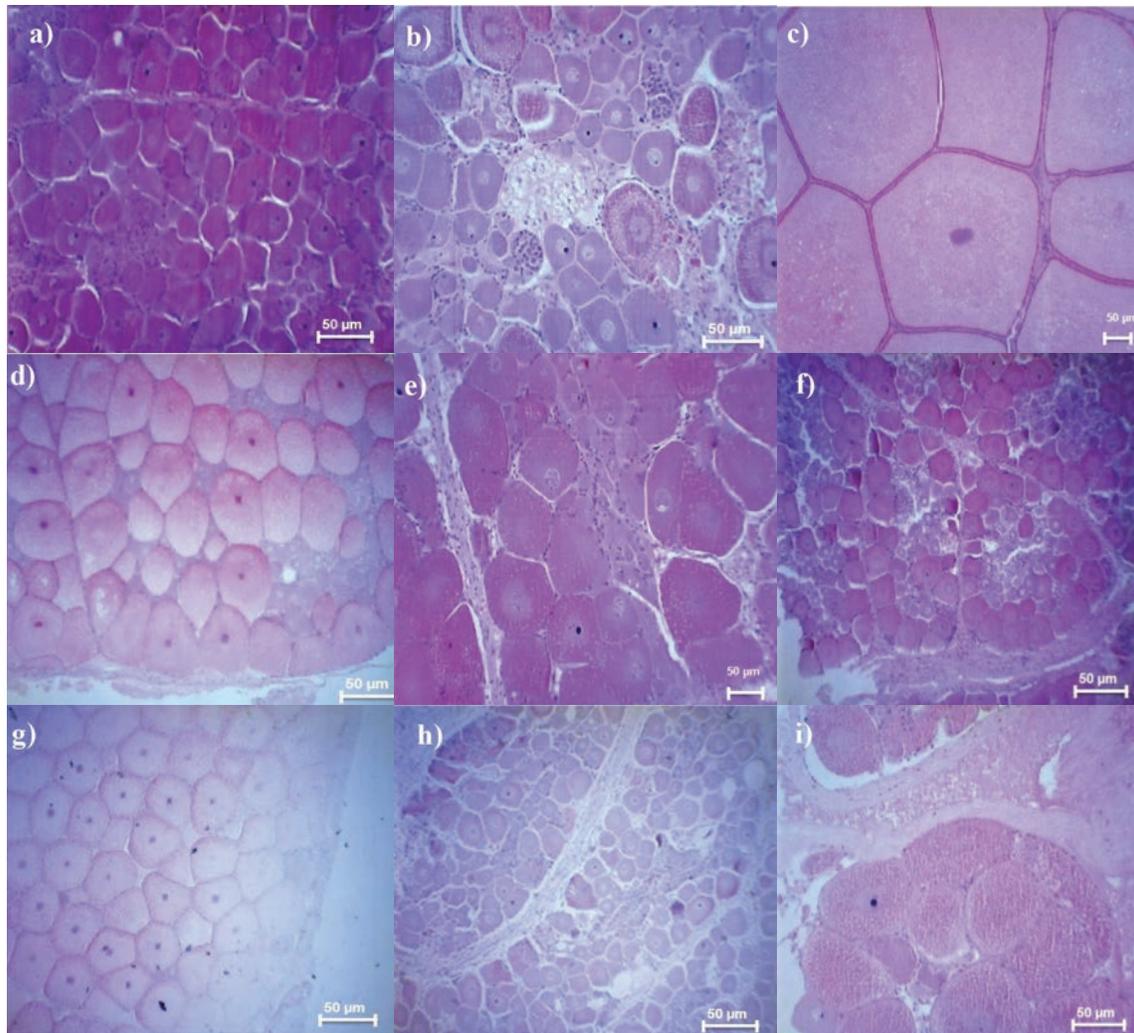


Fig. 7. Microfotografía de cortes histológicos de ovarios de hembras *Panulirus inflatus* de acuerdo a la escala de Minagawa y Sano (1997). a) Fase I = inactivo, b) Fase II = desarrollándose, c y d) Fase III = maduro, e y f) Fase IV = re-desarrollándose, g) Fase V = re-madurando, h) Fase VI = desovado, i) Fase VII = recuperación.

que el número de organismos recolectado es pequeño. En el sur de Sinaloa los resultados muestran que la fase más abundante es la III para esa especie, debido a que las hembras permanecen con la masa ovígera por un tiempo mayor, lo que hace más probable su captura (Pérez-González 1986, Torrescano y Leyva 1996).

La proporción de hembras maduras (fases II a VI) fue mayor que de inmaduras (fase I), y con relación a los intervalos de LC registrados en las maduras de *P. inflatus* es importante señalar que estos resultados son similares a los registrados por Rodríguez-Pérez (2009) para la misma especie en el sur de Sinaloa. En el caso de *P. gracilis*, dado el reducido número de organismos reco-

lectados durante el periodo de muestreo, no fue posible observar el comportamiento de madurez de las hembras con relación a la longitud del cefalotórax.

La talla de primera madurez sexual es muy importante para definir medidas regulatorias que puedan garantizar la sustentabilidad del recurso, en particular para definir la talla de primera captura o mínima legal. En la *tabla 3* se incluyen los resultados de este parámetro calculado por otros autores y es posible observar que comparativamente con la talla estimada para *P. inflatus* en este trabajo, la estimada en el sur de Sinaloa por González-Moreno (2002) es más grande, mientras que Arzola-González (2001), más pequeña;

Tabla 3
Talla de primera madurez de las langostas espinosas *Panulirus* spp.

LC de primera madurez (mm)	Localidad	Referencia
69.0	Sur de Sinaloa	González-Moreno (2002)
44.8	Sur de Sinaloa	Arzola-González (2001)
45.0	Sureste del Golfo de California	Pérez-González <i>et al.</i> (1992a)
a partir de 49.4 mm	Sur de Nayarit	Pérez-González <i>et al.</i> (2009)*
62.94	Bahía Matanchen, Nay.	Puga-López (2004)
62.63	Sur de Nayarit	Ortega-Guzmán (2004)
55.0	Zihuatanejo, Gro. y áreas circundantes	Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (1992)
67.6 mm	Costas de Nayarit	Este estudio

*no se estima la talla de primera madurez

para el sur de Nayarit la estimación de la talla de primera madurez está en el intervalo de 67.6 mm a 49.4 mm LC; más al sur, específicamente en el estado de Guerrero, la talla es 55.0 mm LC. Por su parte, Briones-Fourzan y Lozano-Álvarez (1977) señalan que encontraron hembras maduras de entre 54 mm LC y 56 mm LC. Patiño *et al.* (2011³) obtuvieron en Nayarit una talla de primera madurez para *P. inflatus* de 67.6 mm de LC. Estas diferencias en tallas de primera madurez se deben al arte de pesca utilizado en cada zona de captura, pues la captura en el buceo es selectiva.

Se considera que la madurez sexual en *P. inflatus* se alcanza en tamaños muy pequeños, de 45.0 mm LC, como lo registra Pérez-González *et al.* (1992a). En este estudio, se encontró que las hembras eran maduras a partir de 50.0 mm LC. Durante el periodo de muestreo se presentaron todas las fases de desarrollo de los ovarios, sobre todo III y V, que son las que indican la mayor maduración, esto quiere decir que durante todo el año en Nayarit se registra reproducción, tal como lo señalan Cabrera-Mancilla y Gutiérrez-Zavala (2010⁴), quienes encontraron ejemplares

en reproducción en diferentes fases de maduración en el estado de Guerrero.

Los resultados obtenidos en cuanto a la talla de madurez sexual (acumulativa a 50%) con observaciones histológicas (fases II a VII) indican que ésta es de 67.5 mm de LC para *P. inflatus*. La talla obtenida en este trabajo se compara con las determinadas para otras especies de langosta (Tabla 4) y se considera que las diferencias observadas se deben a la variación misma entre las diferentes especies.

Con relación al IGS, Pérez González *et al.* (2009) establecen que la presencia de hembras ovígeras y los altos índices de crías de *P. inflatus* ocurren durante los meses de verano, dato que coincide con lo mencionado por Pérez González *et al.* (1992b) y por Arzola-González *et al.* (2007) para el sureste del Golfo de California y por Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (1992) para el sur de la costas del Pacífico mexicano.

El IGS se determinó sólo para *P. inflatus*, no para *P. gracilis*.

Conclusiones

- Se encontraron hembras maduras (fase v) de *P. inflatus* en intervalos de tallas muy pequeños, lo que significa que estos organismos empiezan a madurar en tallas tempranas.
- Las hembras de *P. inflatus* encontradas en septiembre estaban maduras.

3. Patiño-Valencia JL, V Hernández-Covarrubias, FJ De la Cruz-González, J Tovar-Ávila, MC Luna-Raya, MR Torres-Herrera, ML Guevara-Rascado y R Sánchez-Regalado. 2011. Distribución y abundancia del recurso langosta (*Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis*) en las costas del estado de Nayarit. Informe de Investigación (Documento interno). CRIP-Bahía de Banderas, Instituto Nacional de Pesca. 38p.
4. Cabrera-Mancilla E y RM Gutiérrez-Zavala. 2010. Evaluación de la pesca de la langosta (*Panulirus inflatus* y *P. gracilis*), en el estado de Guerrero. Informe de Investigación (Documento interno). Instituto Nacional de Pesca. México. 50p.

Tabla 4
Talla de mínima de madurez sexual considerando el desarrollo del ovario en langostas del género *Panulirus*

Especie	Talla mínima de madurez sexual (mm)	Referencia
<i>Panulirus japonicus</i>	46.8	Minagawa y Sano (1997)
<i>Panulirus homarus</i>	43.0-45.0	Heydorn (1969), Berry (1971)
<i>Panulirus penicillatus</i>	45.0-50.0	Juinio (1987), Plaut (1993)
<i>Panulirus gracilis</i>	49.0	Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (1992)
<i>Panulirus interruptus</i>	cerca de 60.0	Wilson (1948)
<i>Panulirus cygnus</i>	64.0	Morgan (1972)
<i>Panulirus argus</i>	65.0-78.0	Davis (1975), Lyons <i>et al.</i> (1981), Gregory <i>et al.</i> (1982)
<i>Longipes longipes</i>	41.0	Gómez <i>et al.</i> (1994)

Agradecimientos

A los pescadores de las SCPP Costa de Chila y Boca de Ameca SC de RL de CV y Los Blakis en Progreso SC de RL de CV, por facilitar las instalaciones y proporcionar los especímenes para la extracción de los ovarios utilizados en los análisis histológicos, así como a los revisores del documento.

También se agradece a las integrantes del Comité Editorial de Ciencia Pesquera por las revisiones críticas realizadas al documento así como a los revisores externos.

Literatura citada

Abitia JB, R Esparza, JA Inzunza, VM López, J López y FA Ruiz. 1986. Estudio preliminar del recurso langostero en la zona norte de Mazatlán, Sinaloa (1984-1985): *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *Panulirus gracilis* (Streets 1871). Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 72p.

Aramoni-Serrano GP. 1982. Alimentación de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *Panulirus gracilis* (Streets 1871) en Zihuatanejo, Guerrero y su relación con el bentos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 66p.

Arzola-González JF. 2001. Biometría y crecimiento de las langostas de *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *P. gracilis* Streets 1871 en el sur de Sinaloa. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 37p.

Arzola-González JF, LM Flores-Campaña, MA Ortiz-Arellano e Y Gutiérrez-Rubio. 2007. Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las

langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Ciencia y Mar* 11(31): 15-22.

Ayala-Martínez Y. 1983. Madurez sexual y aspectos reproductivos de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall), en la costa oeste central de la península de Baja California, México. *Ciencia Pesquera* 4: 33-48.

Azpeitia A y JD Cervantes. 1995. Fecundidad de la langosta *Panulirus gracilis* Streets 1871, en el sur de Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 62p.

Bell YA y DV Lightner. 1988. *A handbook of normal Penaeid shrimp histology*. The World Aquaculture Society. EU. 114p.

Berry PF. 1971. The spiny lobsters (Palinuridae) of the east coast of Southern Africa: Distribution and ecological notes. *Oceanographic Research Institute Investigational Report* 27: 1-23.

Briones-Fourzán P y E Lozano-Álvarez. 1977. Aspectos generales de la biología y pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* en Zihuatanejo, Gro., y áreas circunvecinas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 51p.

Briones-Fourzán P y E Lozano-Álvarez. 1992. Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of Mexico. *Journal of Crustacean Biology* 12: 41-50.

Briones-Fourzán P y E Lozano-Álvarez. 1994. The spiny lobster fisheries in Mexico. *En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). Spiny lobster management*. Fishing News Book, EU, pp: 144-157.

Briones-Fourzán P, E Lozano-Álvarez, A Martínez y AS Cortés. 1981. Aspectos generales de la

- biología y pesca de las langostas en Zihuatanejo, Gro., México (Crustacea: Palinuridae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México 8(1): 79-102.
- Davis GE. 1975. Minimum size of mature spiny lobster, *Panulirus argus*, at Dry Tortugas, Florida. *Transactions of the American Fisheries Society* 4: 675-676.
- DOF. 2012. Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, *Diario Oficial de la Federación México*. 236p.
- Dupre ME. 2000. Reproducción, muda y desarrollo de la langosta Juan Fernández, *Jasus frontalis*. *Investigaciones Marinas* 28: 165-174.
- Elorza A y E Dupre. 2000. Arquitectura del ovario de la langosta de Juan Fernández, *Jasus frontalis*. *Investigaciones Marinas* 28: 175-194.
- González-Moreno BR. 2002. Madurez sexual durante la actividad reproductiva de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier) en las costas de Sinaloa, México (1990-1991). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 57p.
- Gómez ED, MAR Junio y NA Bermas. 1994. Reproduction of *Panulirus longipes longipes* in Calatagan, Batangas, Philippines. *Crustaceana* 67: 110-120.
- Gregory DR, RF Labisky y CL Combs. 1982. Reproductive dynamics of the spiny lobster *Panulirus argus* in South Florida. *Transactions of the American Fisheries Society* 111: 575-584.
- Gracia A y CB Kensler. 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México 7(2): 111-127.
- Hendrickx ME. 1995. Langostas. En: W Fischer, F Krupp, W Schneider, C Sommer, KE Carpenter y VH Niem (eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e Invertebrados, pp: 383-409.
- Hernández HJ, JA Nolasco, D López, V Macías, R Lugo, F Mesa, JR Rojas MA Ibarra y DH Flores. 1986. Estudio de algunos aspectos biológicos y ecológicos del ostión de roca *C. iridescens* (Hanley 1854) y de las langostas *P. inflatus* (Bouvier 1895) y *P. gracilis* Streets 1871, en la costa del municipio de San Ignacio, Sinaloa. Memoria Profesional, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 253p.
- Heydorn AEF. 1969. The rock lobster of the South African Westcoast *Jasus lalandii* (H. Milne-Eduards). 2. Population studies, behavior, reproduction, molting growth and migration. *Investigational Report of South Africa Department Industries* 71: 1-52.
- Holthuis LB. 1991. Marine lobster of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 13(125): 1-292.
- Holthuis LB y A Villalobos. 1962. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier) dos especies de langosta (Crustacea: Decapoda) de la costa del Pacífico de América. *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México 32(1-2): 251-276.
- Humason GL. 1967. *Animal tissue techniques*. WH Freeman & Co. EU. 569p.
- Junio MA. 1987. Some aspects of the reproduction of *Panulirus penicillatus* (Decapoda: Palinuridae). *Bulletin of Marine Science* 41: 242-252.
- Lyons WF, DG Barber, SM Foster, FS Kennedy 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: 1-45.
- Minagawa M. 1997. Reproductive cycle and size-dependent spawning of female spiny lobster (*Panulirus japonicus*) off Oshima Island, Tokio, Japan. *Marine and Freshwater Research* 48: 869-874.
- Minagawa M y M Sano. 1997. Oogenesis and ovarian development cycle of the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). *Marine and Freshwater Research* 48: 875-887.
- Morgan CR. 1972. The rock lobster of southwest Africa, *Jasus lalandii* (Milne-Eduards). Size frequency, reproduction, distribution and availability. *Investigational Report of Marine Research Laboratory South West Africa* 7: 1-66.
- Nakamura K. 1994. Maturation. En: BF Phillips, JS Cobb y J Kittaka (eds.). *Spiny lobster management*. Cambridge, United States, Blackwell Scientific Publications, EU, pp: 374-383.
- Ortega-Guzmán L. 2004. Madurez gonádica de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) en las costas de Nayarit. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 50p.
- Patiño-Valencia JL, J Tovar-Ávila, PA Ulloa-Ramírez, L Guevara-Rascado y R Sánchez-Regalado. 2009. Descripción de la pesquería de langosta en Nayarit, México, durante el periodo 2001-2006. *Ciencia Pesquera* 17(2): 41-49.
- Pérez-González R. 1986. Aspectos generales de la biología y la pesquería de las langostas *Panulirus*

- inflatus* y *P. gracilis* en la bahía de Mazatlán Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 84p.
- Pérez-González R, LM Flores-Campaña y A Núñez-Pastén. 1992a. Análisis de la distribución de tallas, captura y esfuerzo de las pesquerías de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *P. gracilis* Streets 1871 (Decapoda: Palinuridae) en las costas de Sinaloa, México. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 15: 1-5.
- Pérez-González R, LM Flores-Campaña, A Núñez-Pastén y A Ortega-Salas. 1992b. Algunos aspectos de la reproducción en *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *Panulirus gracilis* Streets 1871 (Decapoda: Palinuridae) en el sureste del Golfo de California, México. *Investigaciones Marinas CICIMAR* 7(1): 25-33.
- Pérez-González R, D Puga-López y R Castro Longoria. 2009. Ovarian development and size at sexual maturity of the Mexican spiny lobster *Panulirus inflatus*. *New Zealand Journal and Fresh Water Research* 43: 163-172.
- Plaut L. 1993. Sexual maturity, reproductive season and fecundity of the spiny lobster *Panulirus penicillatus* from the Gulf of Eilat (Aquaba). *Red Sea. Journal of Marine and Freshwater Research* 44: 27-35.
- Puga-López D. 1999. Asentamiento de larvas puerulos y postpuerulos de las langostas espinosas *Panulirus* spp. en las Tres Islas de la bahía de Mazatlán, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 53p.
- Puga-López D. 2004. Análisis de la madurez gonádica, desarrollo embrionario y desove en cautiverio de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) y *Panulirus gracilis* Streets 1871. Tesis de Maestría. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. México. 115p.
- Rodríguez-Pérez CP. 2009. Aspectos reproductivos de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) en las costas del Sur de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México. 77p.
- Tapia-Vázquez OM y JJ Castro-González. 2000. Fecundidad y anatomía microscópica del ovario de la langosta roja *P. interruptus* de Punta Eugenia, BCS. México. *Ciencia Pesquera* 14: 63-66.
- Torrescano CG y H Leyva. 1996. Eficiencia en redes de enmalle y nasas para la pesca de la langosta *Panulirus* White 1847, en el sur de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
- Velázquez-Abunder JI. 2007. Biología reproductiva de la langosta azul *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) en el parque nacional de Bahía de Loreto, Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. México. 76p.
- Weinborn JA. 1977. Estudio preliminar de la biología y semicultivo de los Palinúridos de Zihuatanejo, Guerrero, México. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México 1: 27-28.
- Wilson RC. 1948. A review of the southern California spiny lobster fishery. *California Fish and Game* 34: 71-80.

Recibido: 28 de junio de 2014.

Aceptado: 14 de febrero de 2015.