



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS



**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA LANGOSTA AZUL
Panulirus inflatus (BOUVIER, 1895) EN EL PARQUE
NACIONAL "BAHÍA DE LORETO", GOLFO DE
CALIFORNIA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**CON LA ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA
ING. PESQ. JOSÉ IVÁN VELÁZQUEZ ABUNADER**

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR. 2005



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 13:00 horas del día 15 del mes de Junio del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA LANGOSTA AZUL *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895)
EN EL PARQUE NACIONAL BAHÍA DE LORETO, GOLFO DE CALIFORNIA"

Presentada por el alumno:

VELÁZQUEZ
Apellido paterno

ABUNADER
materno

JOSÉ IVÁN
nombre(s)

Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 3 | 1 | 4 | 6 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

MC. MARCIAL TRINIDAD VILLALEJO FUERTE

PRESIDENTE

DR. OSCAR EERRAÍN HOLGUIN QUIÑONES

SECRETARIO

DRA. BERTHA PATRICIA CEBALLOS VÁZQUEZ

SEGUNDO VOCAL

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ
Co-Director

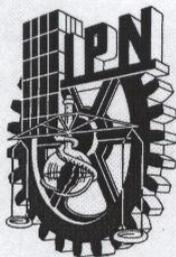
TERCER-VOCAL

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE





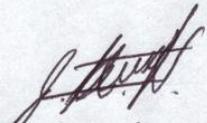
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 15 del mes Junio del año 2005, el (la) que suscribe JOSÉ IVÁN VELÁZQUEZ ABUNADER alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B031466 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: MC. MARCIAL TRINIDAD VILALEJO FUERTE y cede los derechos del trabajo titulado: "BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA LANGOSTA AZUL *Panuliris inflatus* (Bouvier, 1895)
EN EL PARQUE NACIONAL BAHÍA DE LORETO, GOLFO DE CALIFORNIA" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: jvelazqueza@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


JOSÉ IVÁN VELÁZQUEZ ABUNADER
nombre y firma

DEDICATORIA

A **Dios** por permitirme escalar el tercer peldaño de los cinco escalones que me propuse cuando empecé a tener uso de razón.

A mis padres **José Guadalupe Velázquez Muñoz** y **Olga Abunader Bejarano** por su apoyo incondicional y por creer en mi. Esta va por ustedes.

A mis hermanos **Enrique, Blanca, Guillermo** y **Yabné** por su entusiasmo y paciencia al ver que su hermano toda la vida se la ha llevado estudiando.

A mis amigos, aquí no menciono nombres para no hacer sentir mal a nadie pero ellos ya saben quienes son, así que siempre para adelante y nunca hacia atrás.

AGRADECIMIENTOS

Menciono mis agradecimientos a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron de forma directa e indirecta en la realización de este trabajo, espero no omitir.

Al **Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas** por aceptarme como su estudiante y brindarme el apoyo para realizar mis estudios.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al **Programa Institucional de Formación de Investigadores** del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo económico.

Al **M. en C. Marcial Trinidad Villalejo Fuerte** por la excelente dirección de este trabajo.

Al **Dr. Federico Andrés García Domínguez** por su buena asesoría y por ayudarme a terminar mi maestría lo más pronto posible.

A los **Drs. Patricia Ceballos Vázquez, Oscar Holguín Quiñones y Agustín Hernández Herrera** por sus acertadas correcciones hacia este trabajo.

A los **M. en C. Jorge López Rocha y Arturo Tripp Quezada** y a los Técnicos **Manuel Zamarrón, Viviana A. Ruelas y Fidel Camacho** por su ayuda en el procesamiento de muestras y trabajos de campo.

Al **C. P. Humberto Ceseña Amador** por su buen recibimiento y por su eficiencia para realizar mis trámites.

A mis compañeros de generación **Erick, Claudia, Elmo, René, José Ángel, Norma y Deivis** por esos momentos en la playa, las carnes asadas y las posadas. ¡Como olvidarlas!

A mis amigos del CICIMAR:

- **Saúl** por su gran amistad y ayuda en los momentos complicados.
- **Shelley** por su amistad incondicional y por aceptar ser mamá de mi Moustaches (solo su mamá).
- **Sandró** por su amistad y los ánimos que me dio.
- **Elmo y René** mis paisanos por soportarme durante este tiempo y por animarse aventurarse conmigo por acá en La Paz.
- **Dámaris, Betty, Jazmín y Carmen** las chicas de Guerrero gracias por su amistad y nobleza.
- **Nidia** por su amistad incondicional.
- **Sandy** gracias por esos momentos en el chat y su amistad.
- **Flavio y Armando**, gracias a ustedes tomé la decisión de venirme a seguir estudiando ya que representaron un ejemplo a seguir y demostrar que los Ingenieros Pesqueros si podemos.
- **Carlos Romero** por su apoyo cuando llegué a La Paz aún sin conocerme simplemente por el hecho de que egresamos de la misma universidad.
- A los **frijoles de conasupo** (picados y malos) por dejarme jugar fútbol con ustedes y permitirme ser un fríjol más en la olla.

A todos ellos gracias nuevamente y espero seguir sabiendo de ustedes. ¡Ánimo!

INDICE

| | |
|--|-----|
| GLOSARIO | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS | vii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. BIOLOGÍA Y PESQUERÍA DE LAS LANGOSTAS | 3 |
| 2.1 Posición taxonómica..... | 3 |
| 2.2 Características generales de la especie..... | 3 |
| 2.3 Ciclo de vida..... | 4 |
| 2.4 Crecimiento..... | 5 |
| 2.5 Migración..... | 5 |
| 2.6 Distribución..... | 6 |
| 2.7 Pesquería..... | 7 |
| 2.8 Reproducción..... | 9 |
| III. ANTECEDENTES | 11 |
| IV. JUSTIFICACIÓN | 16 |
| V. HIPÓTESIS | 18 |
| VI. OBJETIVOS | 19 |
| 6.1 General..... | 19 |
| 6.2 Específicos..... | 19 |
| VII. MATERIAL Y MÉTODOS | 20 |
| 7.1 Área de estudio..... | 20 |
| 7.2 Recolecta de muestras..... | 22 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 7.3 | Proporción de sexos..... | 22 |
| 7.4 | Madurez sexual..... | 23 |
| 7.5 | Histología..... | 23 |
| 7.6 | Talla de primera madurez..... | 24 |
| 7.7 | Fecundidad..... | 25 |
| VIII. | RESULTADOS..... | 27 |
| 8.1 | Distribución de tallas de hembras ovígeras..... | 27 |
| 8.1.1. | Total..... | 28 |
| 8.1.2 | Mensual..... | 30 |
| 8.2 | Proporción de sexos..... | 30 |
| 8.2.1. | Total..... | 30 |
| 8.2.2. | Mensual..... | 30 |
| 8.2.3. | Por clase de tallas..... | 30 |
| 8.3 | Madurez sexual de hembras..... | 34 |
| 8.4 | Porcentaje de hembras ovígeras..... | 35 |
| 8.5 | Madurez gonadal..... | 36 |
| 8.6 | Talla de primera madurez..... | 41 |
| 8.7 | Fecundidad y su relación con las variables morfométricas..... | 42 |
| 8.8 | Temperatura y su relación con el ciclo reproductivo..... | 47 |
| IX. | DISCUSIÓN..... | 49 |
| 9.1 | Distribución de talla de hembras ovígeras..... | 49 |
| 9.2 | Proporción de sexos..... | 50 |
| 9.3 | Porcentaje de hembras ovígeras..... | 52 |
| 9.4 | Madurez gonadal..... | 54 |

| | | |
|-------------|-------------------------------|-----------|
| 9.5 | Talla de primera madurez..... | 57 |
| 9.6 | Fecundidad..... | 60 |
| 9.7 | Temperatura..... | 62 |
| X. | CONCLUSIONES..... | 64 |
| XI. | RECOMENDACIONES..... | 65 |
| XII. | LITERATURA CITADA..... | 66 |

GLOSARIO

ATRESIA.- Estructura que resulta de la reabsorción de los ovocitos.

CÉLULAS FOLICULARES.- Células que envuelven al gameto femenino formando el folículo; estas células proveen los elementos con que nutre al gameto.

CICLO REPRODUCTIVO.- Evento repetitivo dentro de las gónadas y que conducen a la producción de gametos.

ETAPA REPRODUCTIVA.- Tiempo en que la mayoría de la población desova.

FAGOCITO.- Célula ameboide perteneciente al sistema de defensa del organismo especializada en englobar y dirigir cuerpos extraños no reconocidos por el mismo.

FECUNDIDAD.- Es la capacidad reproductiva de un organismo. Está basada en la tasa de producción de huevos en especies ovíparas y el número de embriones en los úteros de especies vivíparas.

GAMETOGÉNESIS.- Proceso que tiene como resultado la formación de gametos se inicia con células germinales (ovogonias y espermatogonias).

GÓNADA.- Órgano en el que tiene lugar el desarrollo de las células reproductoras o gametos.

GRÁNULOS DE VITELLO.- Forma usual de almacenamiento de alimentos en el ovocito.

INCLUSIÓN.- (en parafina). Técnica histológica mediante la cual un tejido es embebido en parafina, de tal forma que esta sustituye completamente al agua que poseía anteriormente el tejido. El propósito principal de la inclusión es el de permitir el corte del microtomo.

OVARIO.- Glándula genital femenina en la que tiene lugar la ovogénesis.

OVOCITO.- Célula sexual femenina en fase de crecimiento y que experimenta la meiosis.

OVOGONIA.- A partir del momento en que la gónada femenina se diferencia sexualmente, designa la célula diploide que todavía no ha iniciado su crecimiento.

PATRÓN REPRODUCTIVO.- Es la frecuencia con que se presenta el evento reproductivo en una población, pudiendo ocurrir rítmicamente o esporádicamente durante parte o todo el año.

PROPORCIÓN DE SEXOS.- La relación de hembras y machos en un grupo de organismos.

TALLA DE PRIMERA MADUREZ INDIVIDUAL.- Se define como la hembra madura más pequeña capturada en un periodo de muestreo, ya que se supone que las hembras de mayor talla se encuentran sexualmente maduras.

TALLA DE PRIMERA MADUREZ POBLACIONAL.- Se define como la talla en la cual el 50% de las hembras se encuentran sexualmente maduras.

TEJIDO CONJUNTIVO O CONECTIVO.- Tejido que se encuentra dentro y fuera de los folículos, rodeándolo; provee de soporte, transporte de nutrientes y sustrato para la diferenciación del tejido gonádico: así como de un tipo de células somáticas almacenadoras de nutrientes denominadas células de tejido vesicular conectivo.

TINCIÓN.- Proceso histológico que tiene como propósito resaltar ciertas estructuras celulares por medio de la utilización de colorantes naturales o artificiales, y que permiten una clara observación del tejido al microscopio.

VITELLO.- Material en forma de gránulos, presente en el citoplasma de un óvulo.

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.- Langosta azul, <i>Panulirus inflatus</i> | 4 |
| Figura 2.- Distribución de <i>Panulirus inflatus</i> | 7 |
| Figura 3.- Capturas anuales de <i>Panulirus inflatus</i> y <i>Panulirus gracilis</i> en Baja California Sur..... | 9 |
| Figura 4.- Área de estudio IC: isla del Carmen, ID: isla Danzante y CL: costa de Loreto..... | 21 |
| Figura 5.- Distribución de tallas total de hembras ovígeras. Colectadas a partir de febrero de 2003 a enero de 2004. N = 98..... | 27 |
| Figura 6.- Distribución de tallas mensual de hembras ovígeras (febrero de 2003 a enero de 2004)..... | 29 |
| Figura 7.- Proporción de sexos de <i>Panulirus inflatus</i> (febrero del 2003 a enero del 2004)..... | 32 |
| Figura 8.- Frecuencia por sexos de <i>Panulirus inflatus</i> y clase de tallas (febrero del 2003 a enero del 2004)..... | 33 |
| Figura 9.- Porcentajes de las fases de madurez sexual de las hembras de <i>Panulirus inflatus</i> durante el periodo de febrero del 2003 a enero del 2004. N = 266..... | 35 |
| Figura 10.- Porcentaje de hembras ovígeras y no ovígeras de <i>Panulirus inflatus</i> (febrero del 2003 a enero del 2004). N = 266..... | 36 |
| Figura 11a.- Corte histológico de la gónada de una hembra de <i>Panulirus inflatus</i> en estado 2 (desarrollo). OV: nidos de ovogonias, OD: ovocitos en desarrollo. Foto con objetivo 20x..... | 37 |
| Figura 11b.- Corte histológico de la gónada de una hembra de <i>Panulirus inflatus</i> en estado 3 (maduro). OI: ovocitos inmaduros, OM: ovocitos maduros. Foto con objetivo 20x..... | 38 |
| Figura 11c.- Corte histológico de la gónada de una hembra de <i>Panulirus inflatus</i> en estado 4 (posdesove). OR: Ovocitos en estado de reabsorción, F: restos de células foliculares. Foto con objetivo 20x..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 11d.- Corte histológico de la gónada de una hembra de <i>Panulirus inflatus</i> en estado 5 (inactividad). OR: Ovocitos en reabsorción avanzada. Foto con objetivo 20x..... | 39 |
| Figura 12.- Ciclo reproductivo de <i>Panulirus inflatus</i> . Frecuencia relativa de los estados gonadales entre febrero del 2003 a enero del 2004. N = 266..... | 41 |
| Figura 13.- Gráfica entre la longitud del cefalotórax y la frecuencia relativa acumulada de la población natural de hembras de <i>Panulirus inflatus</i> , en etapas de madurez sexual de la 2 a la 5 de la escala de Weinborn (1977)..... | 42 |
| Figura 14.- Relación fecundidad y longitud total mensual (abril de 2003 a noviembre de 2003)..... | 44 |
| Figura 15.- Relación de fecundidad y longitud de cefalotórax (abril de 2003 a noviembre de 2004)..... | 45 |
| Figura 16.- Relación de fecundidad y peso total (abril de 2003 a noviembre de 2004)..... | 46 |
| Figura 17.- Temperatura superficial del agua, porcentaje de hembras ovígeras y porcentaje de hembras maduras de <i>Panulirus inflatus</i> en el Parque Nacional "Bahía de Loreto durante el periodo de febrero de 2003 a enero de 2004..... | 48 |
| Tabla I.- Escala morfocromática de <i>Panulirus inflatus</i> propuesta por Weinborn (1977) modificada por Briones <i>et al.</i> (1981)..... | 23 |
| Tabla II.- Proporción mensual de sexos de <i>Panulirus inflatus</i> observadas y esperadas por mes..... | 32 |
| Tabla III.- Proporción de sexos de <i>Panulirus inflatus</i> observadas y esperadas por clase de tallas..... | 33 |

RESUMEN

Se estudió la biología reproductiva de la langosta azul *Panulirus inflatus* en el Parque Nacional “Bahía de Loreto”. En promedio 47 organismos fueron capturados mensualmente entre febrero de 2003 y enero de 2004 en las islas Danzante, Carmen y parte de la costa de Loreto. Se determinó el porcentaje de hembras ovígeras, se clasificó el estado reproductivo de las hembras mediante escalas morfocromática e histológica, se registró la temperatura del agua y se correlacionó con el ciclo reproductivo de la especie, se obtuvo la talla de primera madurez, se estableció la proporción de sexos total, mensual y por clase de tallas, se estimó la fecundidad absoluta y relativa en las hembras y se analizó su relación con las variables morfométricas. Los resultados indican dos picos reproductivos durante los meses de mayo (75%) y agosto (75%), el porcentaje más elevado de hembras ovígeras se encontró en octubre (88.9%), la temperatura tuvo una correlación positiva con el porcentaje de hembras ovígeras ($r_s=0.85$, $P=0.0003$) y con el porcentaje de hembras maduras ($r_s=0.73$, $P=0.0065$) de la escala histológica. La talla de primera madurez poblacional fue de 80 mm de longitud del cefalotórax. La fecundidad osciló entre 90,000 y 830,0000 huevos con un intervalo de tallas de 124 a 290 mm de longitud total mientras que la fecundidad relativa promedio fue de 950 huevos por cada gramo de peso. En la proporción de sexos, se observaron diferencias significativas en marzo con 1H:2.29M, mayo con una proporción de 1H:2.18M, junio con 1.86H:1M y enero con una proporción sexual de 1H:1.51M ($P<0.05$) mientras que por intervalo de tallas, las proporciones observadas fueron significativas ($P<0.05$) en 290-299 mm con una proporción de 1H:6.3M, 310-319 mm con 0H:16M, 320-329 mm con 0H:6M y 340-349 mm de LT con una proporción de 0H:4M. Los resultados sugieren que el patrón reproductivo de *P. inflatus* es discontinuo, y posiblemente está asociado a los cambios de temperatura observados en el área de estudio.

ABSTRACT

Reproductive biology of the blue lobster *Panulirus inflatus* at the National Park "Bahia de Loreto" was studied. 47 individuals on the average were sampled monthly from February 2003 to January 2004 at Isla Danzante and Isla Carmen as well as Loreto coast. Relative frequency of ovigerous females was determined, the reproductive state of females was classified with morphometrics and histological scales, sea surface water temperature was registered and correlated with the reproductive cycle of the lobster, also sex ratio was determined and the size of first maturity was estimated. Finally, relative and absolute fecundities in females were calculated and related with morphometrics data. The results indicate two reproductive peaks in the months of May (75%) and August (75%), the higher percentage of ovigerous females was registered in October (88.9%), the water temperature presented a correlation with the relative frequency of ovigerous females ($r_s = 0.85$, $P=0.0003$) and the percentage of maturity females ($r_s = 0.73$, $P=0.0065$) at the histological scale. The size of first maturity was 80 mm of carapace length, the absolute fecundity was between 90,000 to 830,000 eggs with sizes of 124 to 290 mm of total length, while the relative fecundity was 950 eggs per gram of weight. Significant differences in sex ratio were observed in March (1H:2.29M), May (1H:2.18M), June 2003 (1M:1.86H) and January 2004 with 1H:1.51M ($P<0.05$) while for size classes the sex ratio was significant ($P<0.05$) at 290-299 (1H:6.3M), 310-319 (0H:16M), 320-329 (0H:6M) and 340-349 mm of BL with sex ratio of 0H:4M. The results suggest that the reproductive pattern of *P. inflatus* is discontinuous, and it is possibly associated to the changes of temperature observed in the study area.

I. INTRODUCCIÓN

Se conoce como langostas a un grupo de crustáceos decápodos de la familia Palinuridae de amplia distribución mundial que comprende uno de los recursos pesqueros de mayor popularidad y alto valor, cuya demanda, los ubica dentro de la categoría de recursos con fuerte intensidad de pesca, plenamente explotados o en algunos casos sobreexplotados (Vega-Velázquez *et al.* 1996).

Las langostas espinosas pertenecen a la familia Palinuridae, que comprenden a 49 especies, de estas sólo 33 sostienen pesquerías comerciales. Pertenecen a tres géneros *Panulirus*, *Palinurus* y *Jasus* (Phillips *et al.* 1980 citado en Vargas-Moreno 1999).

Las langostas de importancia comercial distribuidas en México pertenecen al género *Panulirus*, pero de un total de siete especies, sólo cuatro constituyen una pesquería: la langosta roja o californiana *Panulirus interruptus*, la langosta azul o cabezona *Panulirus inflatus*, la langosta verde o pinta *Panulirus gracilis* y la langosta del Caribe *Panulirus argus*, las condiciones de explotación y el nivel de conocimiento de su biología son distintos para cada especie. En la península de Baja California, principalmente en la costa occidental de Baja California Sur, se explotan comercialmente tres especies: *P. interruptus*, *P. inflatus* y *P. gracilis*; la primera es la más importante en valor y volumen de captura, ya que contribuye con el 95-97% de la producción total (Vega-Velázquez *et al.* 1996).

Durante las últimas décadas, la captura total de langosta en la península muestra a nivel general, una serie de fluctuaciones de entre 900 y 1,800 t anuales, con un promedio anual de 1,300 t. Dichas variaciones observan un patrón oscilatorio estrechamente relacionado con los cambios y tendencias climáticas, particularmente de manera inversa con los cambios del régimen térmico oceánico regional. Es decir, periodos fríos coinciden con altas capturas de langosta y periodos cálidos con baja producción, los cuales repercuten en la economía de las comunidades langosteras (Vega-Velázquez 1994).

En el presente trabajo se describe el evento reproductivo de *P. inflatus* en el Parque Nacional “Bahía de Loreto”, para el cual se estimaron los parámetros que determinan las condiciones reproductivas de esta especie como: la proporción de sexos, talla de primera madurez poblacional e individual, análisis de madurez en hembras mediante escalas morfocromática e histológica, fecundidad relativa y absoluta así como también la posible relación entre la reproducción con respecto a la temperatura.

II. BIOLOGÍA Y PESQUERÍA DE LAS LANGOSTAS

2.1 Posición taxonómica

De acuerdo a Phillips *et al.* (1980) citado en Vargas-Moreno (1999) la sistemática de los palinúridos es la siguiente:

Phyllum Arthropoda

Clase Crustacea

Orden Decapoda Latreille,

Suborden Pleocyemata Burkenroad

Infraorden Palinura Latreille

Superfamilia Palinuroidea Latreillee

Familia: Palinuridae Latreille

Género: *Panulirus* (Gray 1847)

Especie: *Panulirus inflatus* (Bouvier 1985)

2.2 Características generales de la especie

La langosta azul, *P. inflatus* generalmente presenta un cefalotórax fuertemente desproporcionado con respecto al abdomen, que es pequeño, cuenta con un caparazón cubierto de espinas numerosas y prominentes, una tonalidad dominante azul añil, un cuerpo salpicado de manchas blancas de diferente tamaño, generalmente las más grandes ubicadas en los últimos segmentos abdominales; tiene una línea blanca transversal, cerca del margen posterior de los segmentos abdominales, que se extiende hasta los dientes laterales y su porción

anterior salpicada de manchas blancas (Figura 1). Se han reportado organismos con tallas máximas de hasta 38 cm de longitud total (Hendrickx 1995).



FIGURA 1.- Langosta azul, *Panulirus inflatus*.

2.3 Ciclo de vida

La longevidad de las langostas espinosas no ha sido definida, solo se cuentan reportes de *P. interruptus* que puede alcanzar hasta 20 años de vida (Vega-Velázquez *et al.* 1996) misma edad que alcanza *Palinurus elephas* (Goñi *et al.* 2003) y *Panulirus argus* (Bertelsen y Matthews 2001). El ciclo de vida de estos organismos inicia cuando los huevos eclosionan como larva filosoma, esta larva permanece flotando en el plancton de 6 a 11 meses, dependiendo la especie, tiempo en el que pasan por lo menos por 11 estadios de filosoma y es dispersada por las corrientes marinas (Gracia y Kensler 1980). Al final de la última fase de filosoma, esta sufre una metamorfosis hacia la postlarva denominada puerulo, la cual, aunque no presenta una coloración característica, tiene ya la forma típica de

una langosta (Briones-Fourzán *et al.* 1997). El puerulo se establece en áreas someras donde adquiere pigmentación y pasa al estadio juvenil el cual es similar al del adulto (Gracia y Kensler 1980). Como juvenil permanece en el fondo, en una amplia variedad de sustratos alrededor de 2 a 4 años (Pollock 1973). Después de este tiempo las langostas migran hacia aguas más profundas incorporándose a la población adulta en la que se ve involucrada en los procesos reproductivos (Gracia y Kensler 1980).

2.4 Crecimiento

Como ya se sabe, en las langostas al igual que en todos los crustáceos, su crecimiento se lleva a cabo a través de mudas que le permiten abandonar el viejo exoesqueleto para incorporar uno nuevo mediante la acumulación de tejido nuevo (Briones-Fourzán *et al.* 1997). La tasa de crecimiento de las langostas depende en gran medida de factores como la temperatura del agua, la disponibilidad de alimento y la frecuencia de mudas (Dees 1963), por ejemplo en las fases tempranas de juvenil, las langostas mudan cada 20 a 30 días y este periodo disminuye conforme el organismo va creciendo (Briones-Fourzán *et al.* 1997).

2.5 Migración

Las langostas presentan, en general, tres tipos de movimientos, clasificados según la distancia que recorren y la función de dicho movimiento (Herrnkind 1977).

1. *Movimientos tróficos alrededor de su residencia.* Son movimientos cortos alrededor de las cuevas en que se refugian estos animales, que forman parte del ciclo de movimiento diario y que tienen como principal objetivo la búsqueda

de alimento. Las langostas en estos movimientos no se desplazan más de 8 km (Buesa 1970) y regresan casi siempre al amanecer, cuando la distancia recorrida es pequeña.

2. *Movimientos nomádicos*. Movimientos a grandes distancias que no siguen una dirección particular, carecen de periodicidad y no son efectuados por una porción significativa de la población. Los movimientos nomádicos parecen originarse como respuesta a condiciones de alta densidad de población en áreas donde el refugio y el alimento son escasos.
3. *Movimientos migratorios*. Las migraciones como movimientos directos de una población (o una parte de esta) a distancias relativamente largas en un cierto periodo de tiempo, habiendo o no movimientos de regreso (Herrnkind 1977).

2.6 Distribución

Hasta ahora se sabe que *P. inflatus* se distribuye desde isla Magdalena en Bahía Magdalena, Baja California Sur, incluyendo ambas costas de litoral del golfo de California, hasta la región de Puerto Angel, Oaxaca en el golfo de Tehuantepec (Muñoz-García y Salazar-Navarro 1994) (Figura 2). También se encuentran pequeñas cantidades en bahía Asunción y bahía Vizcaíno (Vega-Velázquez y Lluch-Cota 1992 citado en Vega-Velázquez *et al.* 1996). La langosta azul, se localiza generalmente en fondos rocosos, es de hábitos nocturnos y permanece oculta durante todo el día en oquedades que les brindan protección de sus enemigos naturales (Gracia y Kensler 1980). Habita aguas someras muy cerca de la orilla, e inclusive entre los mangles, hasta un máximo de 30 m de profundidad (Vega-Velázquez *et al.* 1996).



FIGURA 2.- Distribución de *Panulirus inflatus*.

2.7 Pesquería

P. inflatus presenta índices de explotación muy variables en los estados donde se captura y representa un recurso potencial limitado y valioso, generalmente de carácter regional. Sin embargo, los estudios enfocados a conocer los aspectos fundamentales del ciclo de vida y pesquería de esta especie no corresponden con su importancia ecológica y económica (Wiedfeldt-Gómez 1997).

El primer decreto publicado el 9 de octubre de 1957 establece que puede ser empleado cualquier arte de pesca a juicio de la Secretaria de Pesca sea el adecuado (Muñoz-García y Salazar-Navarro 1994). El método de pesca utilizado para capturar estos crustáceos es primordialmente la trampa o nasa, con distinta

forma y material, dependiendo de la especie de que se trate o la región en la que habite. Sin embargo, también son empleados algunos otros métodos, tales como redes, refugios artificiales y buceo libre o autónomo (Pérez-González *et al.* 2002)

El valor comercial de *P. inflatus* es más bajo que el de otras especies de langosta, por ello se utiliza en su mayor parte para cubrir las necesidades del mercado doméstico. Resiste muy poco fuera del agua y cuando muere, el abdomen se desprende del cefalotórax con facilidad, motivo por el cual su explotación requiere mayor cuidado para su manejo (Holthuis y Villalobos 1961).

Es conocido que Baja California Sur fue el estado que presentó las cifras más altas de explotación en los años de 1970 a 1976 y por lo tanto contribuyó con un mayor porcentaje (66.4%) a la producción nacional de *P. inflatus* y *P. gracilis*. Este aporte estuvo constituido exclusivamente por *P. inflatus* y superó notablemente al volumen de las capturas en Sinaloa y Guerrero, estados que presentaron los mayores índices de explotación de *P. inflatus* y de *P. gracilis* después de Baja California Sur (Gracia y Kensler 1980).

A partir del año 1990 hasta 1997, las producciones combinadas de *P. inflatus* y *P. gracilis* en Baja California Sur no sobrepasaron las 82 toneladas anuales. Sin embargo, de 1998 hasta el 2004 la captura promedio de estas dos especies fue de 132 toneladas anuales (Figura 3) (SAGARPA 2005, delegación La Paz, B.C.S., *com. per.*).

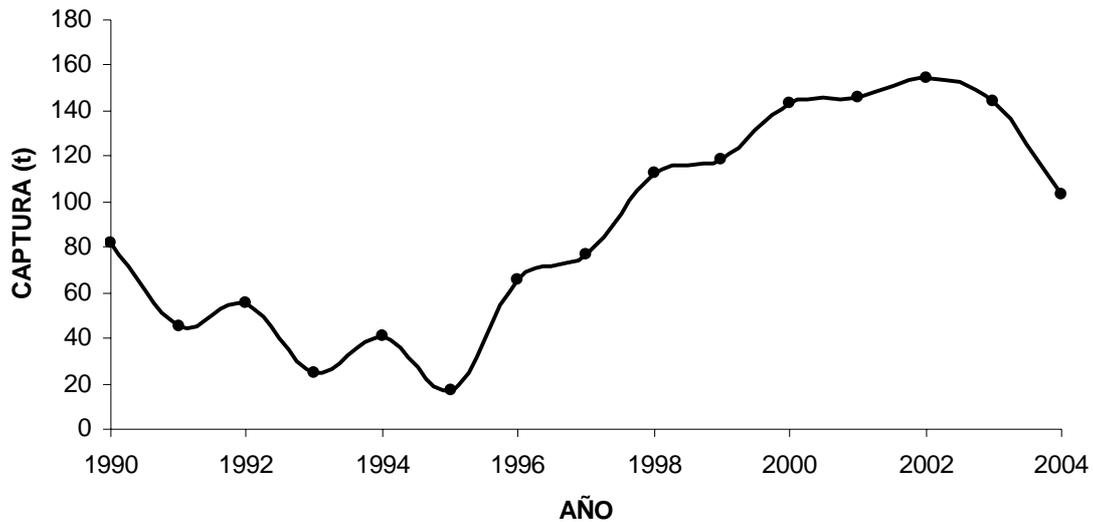


FIGURA 3.- Capturas anuales de *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* en Baja California Sur.

2.8 Reproducción

Como en todos los seres vivos, la reproducción de la langosta constituye una de las actividades vitales de mayor trascendencia para la población, además de garantizar la continuidad de la especie, una reproducción exitosa también representa una de las vías para colonizar nuevas áreas y mantener la abundancia de las poblaciones (De León 2004).

El apareamiento del género *Panulirus* se realiza cuando el macho deposita un saco espermático o espermatóforo en la hembra (entre las coxas de los pleópodos III, IV y V) antes de que esta desove y puede permanecer varias semanas adherido a la hembra (Vargas-Moreno 1999), tiempo en que cambia de color y consistencia pasando de blanco y suave al principio, a negro y duro después (Gracia y Kensler 1980). Después de un tiempo de que la hembra ha sido “parchada”, esta desova descansando parcialmente sobre su parte dorsal

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

formando una cámara de puesta, raspa el espermatóforo con la uña de su quinto par de patas, liberando el esperma y a la vez expulsa los óvulos que son fertilizados, los huevos se adhieren a las setas de los pleópodos dobles de la hembra (De León 2004) es en este momento, cuando se dice que la hembra se encuentra ovígera. Posteriormente, la hembra incuba los huevos en el abdomen, el tiempo de duración varía entre especies, por ejemplo, *P. argus* tiene un tiempo de incubación de aproximadamente 2 a 3 semanas (Briones-Fourzán *et al.* 1997) y *P. interruptus* incuba sus huevos en un lapso de tiempo de 9 a 10 semanas (Gracia y Kensler 1980).

III. ANTECEDENTES

Weinborn (1977), reporta la presencia de hembras ovígeras de *P. inflatus* durante todo el año en el área de Zihuatanejo, Guerrero. Aparentemente esta langosta desova dos veces al año, con un máximo en la época de verano y un periodo menor en primavera. Este mismo autor, establece una escala de madurez sexual para esta especie sobre la base de la coloración de los huevos y la presencia o ausencia de espermátforo, observa que las masas ovígeras son color naranja pálido en los primeros estados, y de color café en los últimos. El mismo autor encontró que los porcentajes mensuales de madurez sexual son bajos y que en la captura de agosto (del periodo analizado), hubo hembras en los cuatro estados de maduración. Asimismo, la talla mínima de las hembras ovígeras se presentó en las medias de clase de 45 mm y la máxima a los 72.5 mm de longitud del cefalotórax. Según este autor, *P. inflatus* presenta hembras ovígeras desde el mes de mayo a diciembre en esta zona y estima que el periodo de mayor intensidad es de mayo a agosto, es decir, en la época de verano con un periodo de menor intensidad en primavera, con un apareamiento entre enero y febrero y posteriormente un desove de las hembras dos veces al año, donde agosto es el mes en que presenta un desove masivo ya que se encontraron hembras que presentaron los huevos en los distintos estados de desarrollo.

Gracia-Gasca (1979), menciona que podría haber un pico reproductivo de *P. inflatus* en el área de Zihuatanejo, entre agosto y octubre basándose en la mayor fecundidad que encontró en las hembras de esta especie en esos meses, y

en la abundancia de larvas filosomas del primer estadio en el plancton en el área de estudio.

Briones-Fourzán *et al.* (1981) indican que *P. inflatus* no muestra ningún pico evidente en la actividad reproductora entre la primavera y el otoño para la zona de Zihuatanejo, Guerrero. De hecho los desoves múltiples, e incluso continuos, parecen ser comunes, en las especies tropicales de la familia Palinuridae (Briones-Fourzán *et al.* 1981). De acuerdo con la escala morfocromática de Weinborn (1977) los mismos autores encontraron un escaso número de hembras en las fases 4 y 5 lo que podría significar un periodo corto de incubación de los huevos, aún cuando no es posible precisar su duración (Briones-Fourzán *et al.* 1981). En *P. argus*, que también tiene una distribución tropical, este periodo es de tres semanas lo cual representa poco tiempo en comparación con palinúridos de aguas subtropicales y templadas, que pueden incubar los huevos hasta por varios meses (Briones-Fourzán *et al.* 1981).

Según Pineda-Barrera *et al.* (1981) para las costas del Pacífico de Baja California, es manifiesto el gradiente latitudinal en la fecundidad de *Panulirus interruptus*; a una latitud menor, mayor fecundidad y viceversa. También encuentran que la fecundidad se incrementa con la longitud y con el peso. Señalan que dentro de su área de distribución, la fecundidad es menos variable en las tallas menores que no exceden los 100 mm de longitud del cefalotórax. Por último señalan que aparentemente en las zonas donde se aplica mayor esfuerzo: Malarrimo y punta Abreojos, la fecundidad es más alta con respecto a otras áreas,

y establecen una hipótesis basada en dos causas fundamentales: una mayor abundancia y disponibilidad de alimento, así como una mayor mortalidad por pesca. La talla de primera madurez en esta especie encontrada en dicho estudio es bastante pequeña y demuestran que la talla mínima legal de captura de 82 mm de longitud del cefalotórax.

Según el estudio efectuado por Ayala-Martínez y Lucero-Telechea (1984), en la costa oeste central de la península de Baja California entre punta Malarrimo y a 5 km al sur de punta Eugenia, la coloración que presentan los ovarios de la langosta roja *Panulirus interruptus*, a través del ciclo, es un carácter indicador del grado de madurez. El periodo de desove de *P. interruptus* ocurre entre abril y agosto, con una mayor intensidad en junio, por lo que el periodo de veda es correcto, ya que comprende los meses de máxima reproducción. Las langostas hembras adultas se reproducen una vez al año en la costa occidental de Baja California Sur, se han encontrado ejemplares maduros desde el grupo de la talla 63-65 mm de longitud del cefalotórax, sin embargo la talla de reclutamiento reproductor fue de 72 mm de longitud del cefalotórax. De la misma manera demuestran que las relaciones longitud del cefalotórax contra la fecundidad y longitud del cefalotórax contra el peso total de las masas de huevos se comportan de forma potencial y por último, encuentran que el tamaño de los huevos no guarda una relación directa con el tamaño del ejemplar.

Gracia-Gasca (1985), reporta que la fecundidad de *P. inflatus* guarda una relación lineal y directamente proporcional con el peso de las hembras, e

igualmente se relaciona en forma potencial con la longitud del cefalotórax de las mismas, con excepción de los individuos en primavera, que presentan una relación lineal. De esta forma, el autor no encontró una diferencia significativa entre la fecundidad media anual por desove de 1976 y la de 1978. Del mismo modo la fecundidad de las hembras fue más alta en otoño, en los dos periodos comparados de 1978 y concluye que varios factores relacionados con el comportamiento reproductivo de *P. inflatus* permiten sugerir que otoño fue la temporada del año más importante para este proceso.

Pérez-González *et al.* (1992), señalan que para las costas de Mazatlán, Sinaloa los periodos de mayor actividad reproductiva de *P. inflatus* se presentaron de abril a junio y de agosto a noviembre, meses en los cuales se encontraron los porcentajes más elevados de hembras ovígeras, presentando desoves prácticamente todo el año, con mayor actividad de marzo a noviembre y disminuyen en invierno.

Otro de los estudios realizados en langostas en Puerto Morelos, Quintana Roo, es el de Padilla-Ramos y Briones-Fourzán (1997), quienes indicaron que las langostas reproductoras de *Panulirus argus* se concentran en áreas relativamente profundas, cercanas al talud continental. Del mismo modo, la proporción de hembras ovígeras de esta especie en isla Mujeres es superior en marzo. Esto indica que en primavera se presenta el pico importante en la reproducción de esta especie, con otro menor hacia finales de verano y principios de otoño. La hembra ovígera más pequeña midió 130 mm de longitud abdominal y 67.8 mm de longitud

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

del cefalotórax, pero la mayoría de las hembras en este estado se encontraron a partir de los 160-170 mm de longitud del abdomen (90-95 mm de longitud del cefalotórax).

El único trabajo registrado para Bahía de Loreto es el de Holguín-Quiñones *et al.* (2002), quienes hacen una descripción a nivel taxonómico de las especies que habitan en la zona, resaltando la presencia y abundancia de la langosta azul, *P. inflatus*.

IV. JUSTIFICACIÓN

En la costa oriental de Baja California Sur, la explotación de crustáceos y en especial de las langostas espinosas de la familia Palinuridae es muy limitada. En lo que se refiere al Parque Nacional “Bahía de Loreto”, a pesar de que *P. inflatus* cuenta con un elevado valor comercial, no constituye una pesquería establecida y la pesca se hace a pequeña escala y casi siempre se lleva a cabo fuera del control oficial (Holguín-Quñones *et al.* 2002). Por lo tanto, existe la posibilidad de incrementar sustancialmente el esfuerzo y darle un impulso fuerte a la pesquería de esta especie en la costa oeste del golfo de California.

La necesidad de un desarrollo, control y manejo de una pesquería, hace importante la determinación de los parámetros reproductivos básicos de la población existente en el área, esto puede ser importante para que se determinen tallas de captura y épocas de pesca en la zona.

En la actualidad son pocos los trabajos que se conocen acerca de la biología reproductiva de la langosta azul, es notable que todos ellos se han realizado principalmente en los estados de Sinaloa, Nayarit y Guerrero. Debido a la posible importancia económica del recurso, es necesario realizar más estudios en la parte noroeste de México para tener información sobre los parámetros poblacionales de la especie a lo largo del Pacífico mexicano

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

El presente estudio pretende ampliar la base de información biológica sobre la langosta azul, en especial aspectos reproductivos, frecuencia de aparición de hembras con espermatóforo, madurez sexual, temporadas de incubación y fecundidad, como piezas importantes que contribuyan al mejor entendimiento de su biología.

V. HIPÓTESIS

A diferencia de las regiones tropicales (centro y sur del Pacífico mexicano), el Parque Nacional “Bahía de Loreto” se encuentra ubicado dentro de la región subtropical. En estas latitudes generalmente las condiciones ambientales son variantes, principalmente la temperatura, por lo cual se espera que en Bahía de Loreto la reproducción de *P. inflatus* no sea de manera continua, con su mayor pico reproductivo durante los meses más calidos del año (agosto a octubre).

VI. OBJETIVOS.

6.1 General

- Conocer el evento reproductivo de la población de *Panulirus inflatus* en el Parque Nacional "Bahía de Loreto", golfo de California.

6.2 Específicos

- Analizar la distribución de tallas total y mensual de las hembras ovígeras de *P. inflatus*.
- Obtener la proporción de sexos total, mensual y por clase de talla de la langosta *P. inflatus*.
- Determinar el ciclo reproductivo de *P. inflatus*.
- Determinar la talla de primera madurez de *P. inflatus*.
- Conocer la fecundidad de la langosta *P. inflatus* y su relación con las variables morfométricas.
- Definir la relación del evento reproductivo de la langosta *P. inflatus* con la temperatura.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Área de estudio

El área de estudio del presente trabajo se sitúa en la costa este de la península de Baja California, en la parte central del golfo de California entre los 26°4' 17" N y 111° 4' 34" W y 25° 40' 22" N y 11° 40' 22" W. Esta región está comprendida dentro del Parque Nacional "Bahía de Loreto", cuya superficie total es de 206,580 ha (Campos-Dávila 1998). La bahía de Loreto se encuentra situada en la parte centro-sur del golfo de California y es delimitada por las islas Coronado, Carmen, Monserrat y Danzante. Los muestreos se llevaron a cabo en las áreas costeras rocosas de las islas Carmen, Danzante y parte de la costa de Loreto (Figura 4).

En la bahía de Loreto la marea es mixta predominantemente diurna, la pleamar máxima registrada es de 0.900 metros y la bajamar mínima de 0.746 metros (Anónimo 2000). Los niveles de marea en puerto Escondido son diferentes a los de Loreto, en virtud de que el nivel máximo de la pleamar registrado es de 1.239 metros y el nivel mínimo de la bajamar es de 0.437 metros (Anónimo 2000).

Respecto a las características específicas de la bahía, la temperatura del agua en la superficie, oscila entre 22° y 30° C, los registros de temperaturas altas han sido en zonas de menor profundidad. La transparencia del agua es total en las zonas someras del parque y en algunas más profundas la visibilidad del disco de Secchi es de hasta 25 metros (Anónimo 2000).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

La salinidad presenta pequeñas fluctuaciones a lo largo del año, así que la variación entre máximo y mínimo superficial es menor a 1.0 UPS (34.94 UPS en abril-mayo y 35.177 UPS en julio-agosto) (Anónimo 2000).

Las concentraciones de oxígeno oscilan entre 7.4 mg/l y 8.5 mg/l y se observa una tendencia ligera de incremento hacia las partes someras. Por otro lado, los porcentajes de saturación están por arriba de 110 pero por debajo de 131 (Anónimo 2000).

Los valores del potencial de hidrógeno son ligeramente alcalinos y se distribuyen entre 8.0 y 8.23 con un valor medio de 8.13 (Anónimo 2000).

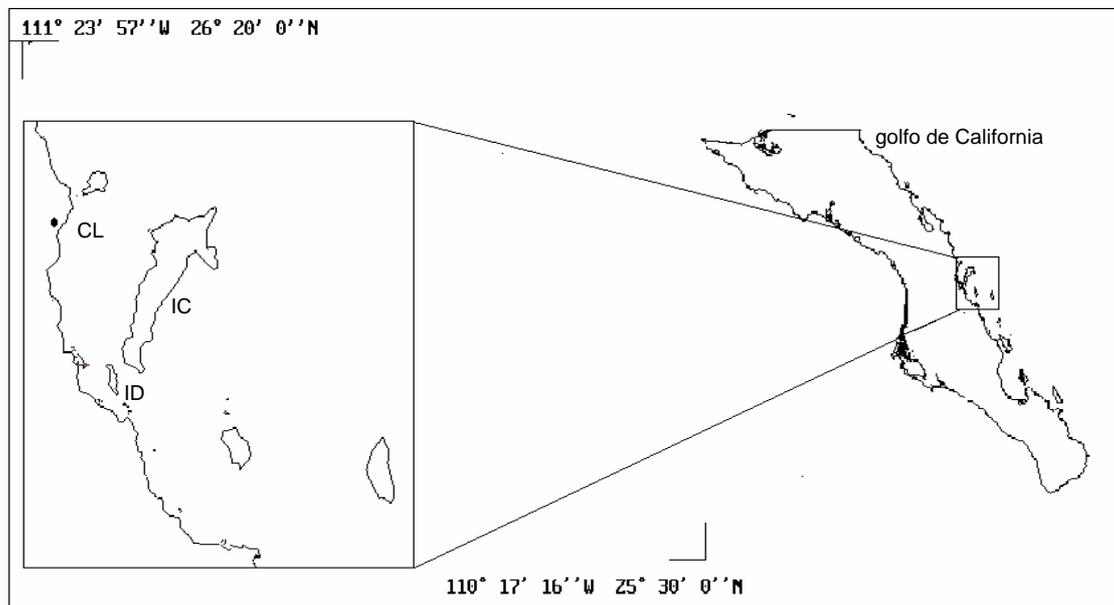


FIGURA 4.- Área de estudio. IC: isla del Carmen, ID: isla Danzante y CL: costa de Loreto

7.2 Recolecta de muestras

Los muestreos se realizaron durante los meses de febrero de 2003 a enero de 2004, se recolectaron en promedio 47 ejemplares mensualmente. La captura de organismos se efectuó de manera nocturna con la ayuda de tres buzos equipados con fisgas los cuales recorrieron transectos de 1500 a 3000 m paralelos a la línea de costa en un tiempo de 1.5 a 3 H por cada buceo. Durante cada muestreo se midió la temperatura superficial del agua con un termómetro de cubeta. De los especímenes recolectados se obtuvieron registros del sexo, longitud total (mm), longitud del cefalotórax (g), con la ayuda de un ictiómetro con precisión de 1 mm, y el peso del cefalotórax (g) y peso húmedo total (g) con una balanza electrónica.

7.3 Proporción de sexos

El sexo se pudo identificar fácilmente debido al dimorfismo sexual que presentan las langostas: en los machos, las aberturas genitales se encuentran en la base del quinto par de patas caminadoras y los pleópodos son monorrámeos y pequeños; mientras que en las hembras las aberturas están en la base del tercer par y los pleópodos son birrámeos y grandes, con endopoditos que presentan filamentos donde se adhieren los huevos fecundados (Dees 1963, Weinborn 1977, Gracia y Kensler 1980, Hendrickx 1995, González-Moreno 2002).

La proporción de hembras y machos se determinó total, mensual y por intervalos de tallas, la significancia fue probada con un análisis de chi-cuadrada

estableciendo la hipótesis nula de 1H:1M, el valor observado fue comparado con el valor teórico de $\chi^2 = 3.84$, $\alpha = 0.05$ (Sokal y Rohlf 1979).

7.4 Madurez sexual

En las hembras se determinó la madurez sexual con base en la clasificación propuesta por Weinborn (1977), modificada por Briones-Fourzán *et al.* (1981) la cual se basa principalmente en sus características externas dividida en seis fases (Tabla I).

Tabla I.- Escala morfocromática de *Panulirus inflatus* propuesta por Weinborn (1977) modificada por Briones-Fourzán *et al.* (1981).

| FASES | CARACTERÍSTICAS |
|--------------|--|
| I | Sin espermatóforo ni huevos externos en incubación. |
| II | Con espermatóforo, sin huevos externos en incubación. |
| III | Con huevos externos en incubación color naranja claro. |
| IV | Huevos externos en incubación color naranja oscuro. |
| V | Huevos externos oculados y color café oscuro. |
| VI | Con restos de espermatóforo y de huevos o bien, pelillos finos donde se adhieren los huevos. |

7.5 Histología

Se extrajeron las gónadas de cada hembra y se fijaron en formol neutro al 10%, se obtuvo 1 cm³ del tejido de la gónada, se procedió a efectuar un lavado del fijador con agua corriente durante 24 horas; se deshidrató la muestra con alcohol etílico en concentración creciente y se incluyó en parafina. Se realizaron cortes de 7 µm de grosor con un microtomo rotatorio. Una vez obtenidos los cortes, se desparafinaron con xileno, se hidrataron y se tiñeron con hematoxilina de Harris y con una solución alcohólica al 1% de eosina Y, eosina azul y eosina amarilla como contraste. Finalmente las preparaciones obtenidas se montaron con resina

sintética para su análisis al microscopio (Muñetón-Gómez *et al.* 2000).

Una vez obtenidas las preparaciones histológicas, el método consistió en dividir el ciclo completo en categorías arbitrarias (Estado 1, Estado 2, Estado 3 y Estado 4) propuestas por Mota y Sousa (1966) y Chitty (1973) modificada por Briones-Fourzán *et al.* (1981). Se obtuvo la frecuencia relativa de cada fase por mes y se graficaron los resultados para su posterior interpretación.

7.6 Talla de primera madurez

La talla de primera madurez se obtuvo en el intervalo de tallas en el cual el 50% de las hembras que se encontraron entre las fases reproductivas 2 a 5 de la escala morfocromática antes mencionada, para ello se ajustó la frecuencia relativa acumulada de estas hembras a un modelo logístico, el cual se define mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Fra} = \frac{a}{1 + be^{-cLC}}$$

Donde:

Fra = Frecuencia relativa acumulada de las hembras en fase 2 a 5 de la escala morfocromática.

LC = Longitud del cefalotórax.

a, b y c = Parámetros del modelo.

7.7 Fecundidad

A las hembras que presentaron huevos en incubación, se les extrajeron las masas ovígeras y se les cortaron los pleópodos con ayuda de tijeras. Los huevos se colocaron en frascos previamente etiquetados y se fijaron en formol neutro al 5 %.

Las masas ovígeras se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de fijador y se separaron los huevos del material ajeno con cloro, la reacción se detuvo con tiosulfato de sodio. Posteriormente, se secaron con papel absorbente, y se colocaron dos días en un horno a 50° C hasta alcanzar un peso constante, se removieron continuamente para que el secado fuera uniforme. Después, se pesaron en una balanza analítica con 0.001 mg de sensibilidad, finalmente se tomaron tres submuestras de 0.01 g cada una, los huevos se contaron directamente con ayuda de un microscopio estereoscópico.

La fecundidad absoluta se determinó con la relación citada por Pineda-Barrera *et al.* (1981).

$$F = \frac{G \cdot N(X)}{g}$$

Donde:

F = fecundidad individual.

G = peso total de la masa ovígera en gramos.

N (X) = número promedio de huevos de las tres submuestras.

g = peso promedio de las submuestras (0.01 g).

Para analizar la relación entre la fecundidad y la longitud del cefalotórax se ajustaron los datos a un modelo potencial que esta dado por la ecuación:

$$F = aLC^b$$

Donde:

F = fecundidad

LC = longitud del cefalotorax

a y b = parámetros de la ecuación calculados por el método de mínimos cuadrados.

En el caso de la relación entre la fecundidad y el peso total se ajustaron los datos observados a un modelo lineal representado por la ecuación:

$$F = a + bPT$$

Donde:

F = fecundidad

PT = peso total

a y b = parámetros de la ecuación.

Se calculó la fecundidad relativa (número de huevos por cada gramo de peso total de la hembra) mediante la ecuación:

$$\text{Fecundidad Relativa} = \frac{\text{Fecundidad absoluta (No. de huevos)}}{\text{Peso total de la hembra (gr)}}$$

VIII. RESULTADOS

Se colectaron un total de 568 organismos de los cuales 266 fueron hembras y 302 machos, el rango de tallas de las hembras fue de 124 a 336 mm de LT con una talla promedio de 229 ± 32 mm de LT, mientras que el de los machos correspondió a un rango de tallas de 144 a 359 mm de LT con un promedio de 243 ± 47 mm de LT.

8.1 Distribución de tallas de hembras ovígeras

8.1.1 Total

La distribución de tallas total fue dominada por las hembras ovígeras de 65 a 115 mm de LC, sin embargo, cuatro hembras colectadas estuvieron fuera de este rango, dos de ellas por debajo de estas tallas (marca de clase de 45 a 55 mm de LC) y dos por encima que a la vez fueron las más grandes colectadas (marca de clase 175 y 195 mm de LC) (Figura 5).

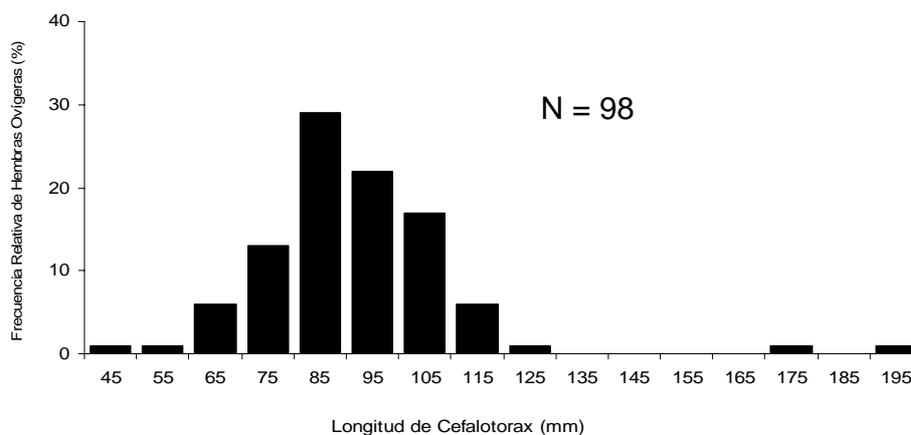


FIGURA 5.- Distribución de tallas total de hembras ovígeras. Colectadas a partir de febrero de 2003 a enero de 2004. N = 98.

8.1.2 Mensual

La frecuencia de aparición de hembras ovígeras inició en abril y finalizó en noviembre. En abril el rango de tallas estuvo entre las marcas de clase de 85 a 115 mm de LC y el grupo modal dominante fue de 115 mm de LC, para mayo el rango de tallas fue de 85 a 175 mm de LC, sin embargo, la mayoría de las hembras estuvieron entre las marcas de clase de 85 a 115 mm de LC, solo se encontró un grupo de hembras ovígeras de tallas más grandes (175 mm de LC) (Figura 6).

Durante junio el rango de tallas estuvo cargado hacia las hembras más pequeñas, este fue de las marcas de clase de 45 a 125 mm de LC con un grupo modal dominante de 75 mm de LC. En julio el rango de tallas observado fue muy estrecho ya que estuvo entre las marcas de clase de 75 a 105 mm de LC, encontrando un grupo modal en la marca de clase de 85 mm de LC.

En agosto se registró un rango de tallas desde 55 a 115 mm de LC, en este mes se observaron tres grupos modales dominantes (85, 95 y 105 mm de LC). En septiembre la mayoría de las hembras ovígeras cayeron en las marcas de clase de 65 a 115 mm de LC, sin embargo, se capturó una hembra ovígera más grande correspondiente a la marca de clase de 195 que fue a su vez la hembra ovígera más grande colectada. El grupo modal dominante en septiembre fue de 85 mm de LC.

El rango de tallas observado en octubre fue el mismo de septiembre solo que la mayor moda encontrada en este mes fue de 95 mm de LC, finalmente, en noviembre el rango de tallas fue bastante reducido (95 a 105 mm de LC), en este mes la mayor moda fue en la marca de clase de 105 mm de LC.

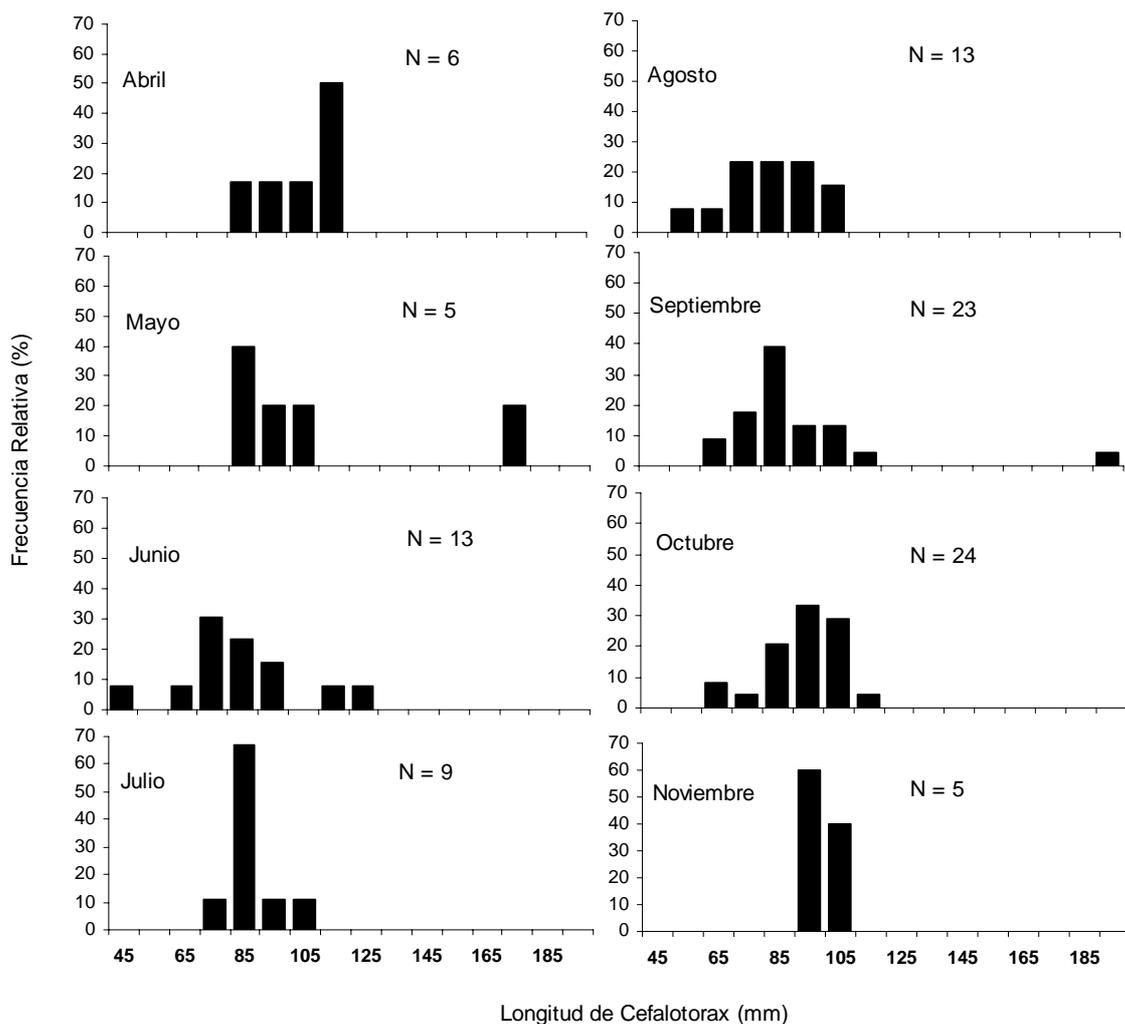


FIGURA 6.- Distribución de tallas mensual de hembras ovígeras (febrero de 2003 a enero de 2004).

8.2 Proporción de sexos

8.2.1 Total

Se obtuvieron un total de 568 organismos de los cuales 266 fueron hembras y 302 machos, no se encontraron diferencias significativas entre la proporción observada y esperada ($P>0.05$) por lo que la proporción total entre hembras y machos corresponde a 1:1 (Tabla II).

8.2.2 Mensual

En los primeros cinco meses de muestreos (febrero a junio) se observó que en tres de ellos existieron diferencias significativas en la proporción de hembras y machos ($P<0.05$) los cuales fueron marzo (1H:2.29M), mayo (1H:2.18M) y junio (1.86H:1M).

Para los meses de julio a diciembre no se observaron diferencias significativas en la proporción de sexos ($P>0.05$) coincidiendo esto con la mayor actividad reproductiva en la zona. Sin embargo, en enero del 2004 la proporción de sexos fue significativa ($P<0.05$) con un predominio de los machos (Figura 7).

8.2.3 Por clase de talla

En lo que se refiere a la proporción de sexos por clase de talla, fueron agrupados en intervalos de 10 mm de LT ya que fue el intervalo de tallas que mayor mas adecuado para el rango de tallas encontrado. A partir del rango de tallas de 140 a 289 mm de LT prácticamente no se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos con excepción de los intervalos 190-199

mm de LT y 250-259 mm de LT (Tabla III). La proporción observada no correspondió a un macho con una hembra, para el primer caso predominaron los machos (2:1) mientras que en el segundo caso dominó la presencia de las hembras (2.25:1) (Figura 8). Lo importante, es observar claramente que en los intervalos de tallas más grandes (290 a 359 mm de LT) se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos para la mayoría de los intervalos ($P < 0.05$), en todos ellos hubo dominio de los machos.

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

TABLA II.- Proporción mensual de sexos esperada y observada de *Panulirus inflatus*.

| MES | HEMBRAS | MACHOS | TOTAL | PROPORCIÓN ESPERADA | X ² | PROPORCIÓN OBSERVADA | P |
|-------|---------|--------|-------|---------------------|----------------|----------------------|--------------|
| | | | | | | | |
| Feb | 23 | 35 | 58 | 29 | 2.483 | 1:1.52 | $P > 0.05$ |
| Mar | 17 | 39 | 56 | 28 | 8.643 | 1:2.29 | $P < 0.05^*$ |
| Abr | 17 | 18 | 35 | 17.5 | 0.029 | 1:1.05 | $P > 0.05$ |
| May | 11 | 24 | 35 | 17.5 | 4.829 | 1:2.18 | $P < 0.05^*$ |
| Jun | 28 | 15 | 43 | 21.5 | 3.930 | 1.86:1 | $P < 0.05^*$ |
| Jul | 20 | 19 | 39 | 19.5 | 0.026 | 1.05:1 | $P > 0.05$ |
| Ago | 23 | 28 | 51 | 25.5 | 0.490 | 1:1.21 | $P > 0.05$ |
| Sep | 28 | 21 | 49 | 24.5 | 1.000 | 1.33:1 | $P > 0.05$ |
| Oct | 28 | 20 | 48 | 24 | 1.333 | 1.4:1 | $P > 0.05$ |
| Nov | 7 | 2 | 9 | 4.5 | 2.778 | 3.5:1 | $P > 0.05$ |
| Dic | 23 | 19 | 42 | 21 | 0.381 | 1.21:1 | $P > 0.05$ |
| Ene | 41 | 62 | 103 | 51.5 | 4.282 | 1:1.51 | $P < 0.05^*$ |
| TOTAL | 266 | 302 | 568 | 284 | 2.282 | 1:1.35 | $P > 0.05$ |

* significativo

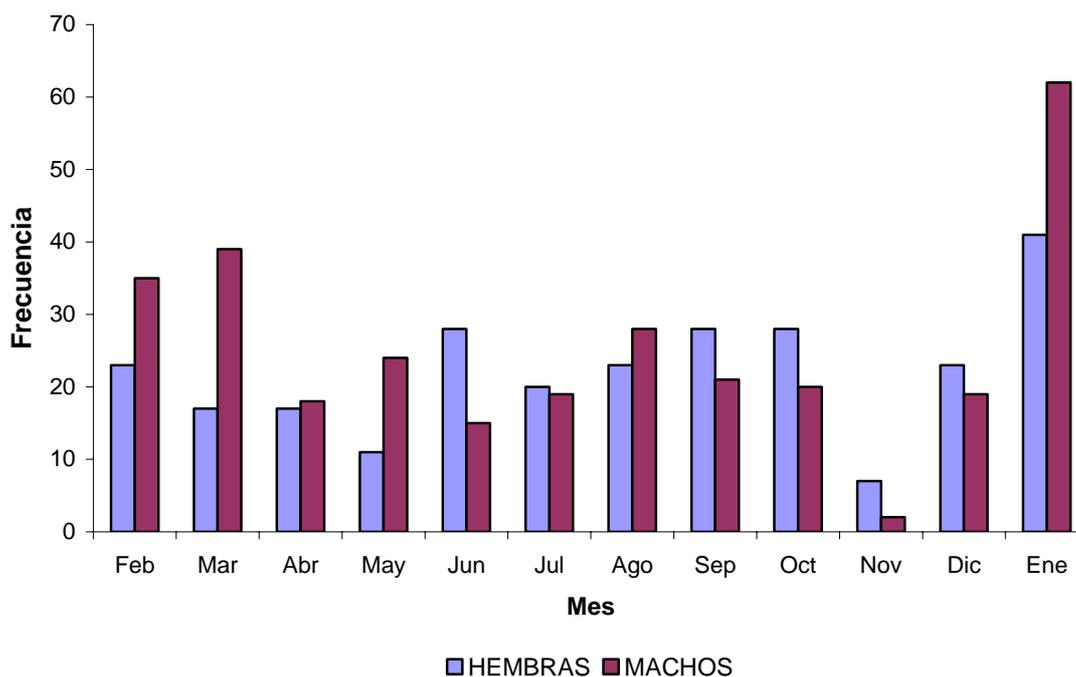


FIGURA 7.- Proporción de sexos de *Panulirus inflatus* (febrero del 2003 a enero del 2004).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

TABLA III.- Proporción de sexos de *Panulirus inflatus* observada y esperada por clase de tallas

| INTERVALOS | HEMBRAS | MACHOS | TOTAL | PROPORCIÓN | | P | |
|------------|---------|--------|-------|------------|--------|--------|---------|
| | | | | ESPERADA | X2 | | |
| 140-149 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0.000 | 1:1 | P>0.05 |
| 150-159 | 3 | 3 | 6 | 3 | 0.000 | 1:1 | P>0.05 |
| 160-169 | 2 | 4 | 6 | 3 | 0.667 | 1:2 | P>0.05 |
| 170-179 | 5 | 10 | 15 | 7.5 | 1.667 | 1:2 | P>0.06 |
| 180-189 | 24 | 19 | 43 | 21.5 | 0.581 | 1.26:1 | P>0.07 |
| 190-199 | 14 | 28 | 42 | 21 | 4.667 | 1:2 | P<0.05* |
| 200-209 | 25 | 21 | 46 | 23 | 0.348 | 1.19:1 | P>0.05 |
| 210-219 | 28 | 19 | 47 | 23.5 | 1.723 | 1.47:1 | P>0.06 |
| 220-229 | 38 | 25 | 63 | 31.5 | 2.683 | 1.52:1 | P>0.07 |
| 230-239 | 29 | 19 | 48 | 24 | 2.083 | 1.52:1 | P>0.08 |
| 240-249 | 24 | 23 | 47 | 23.5 | 0.021 | 1.04:1 | P>0.09 |
| 250-259 | 35 | 16 | 51 | 25.5 | 7.078 | 2.25:1 | P<0.05* |
| 260-269 | 16 | 10 | 26 | 13 | 1.385 | 1.6:1 | P>0.05 |
| 270-279 | 17 | 12 | 29 | 14.5 | 0.862 | 1.41:1 | P>0.06 |
| 280-289 | 16 | 15 | 31 | 15.5 | 0.032 | 1.06:1 | P>0.07 |
| 290-299 | 3 | 19 | 22 | 11 | 11.636 | 1:6.3 | P<0.05* |
| 300-309 | 7 | 6 | 13 | 6.5 | 0.077 | 1.16:1 | P>0.05 |
| 310-319 | 0 | 16 | 16 | 8 | 16.000 | 0:16 | P<0.05* |
| 320-329 | 0 | 6 | 6 | 3 | 6.000 | 0:6 | P<0.05* |
| 330-339 | 1 | 2 | 3 | 1.5 | 0.333 | 1:2 | P>0.05 |
| 340-349 | 0 | 4 | 4 | 2 | 4.000 | 0:4 | P<0.05* |
| 350-359 | 0 | 3 | 3 | 1.5 | 3.000 | 0:3 | P>0.05 |

* significativo

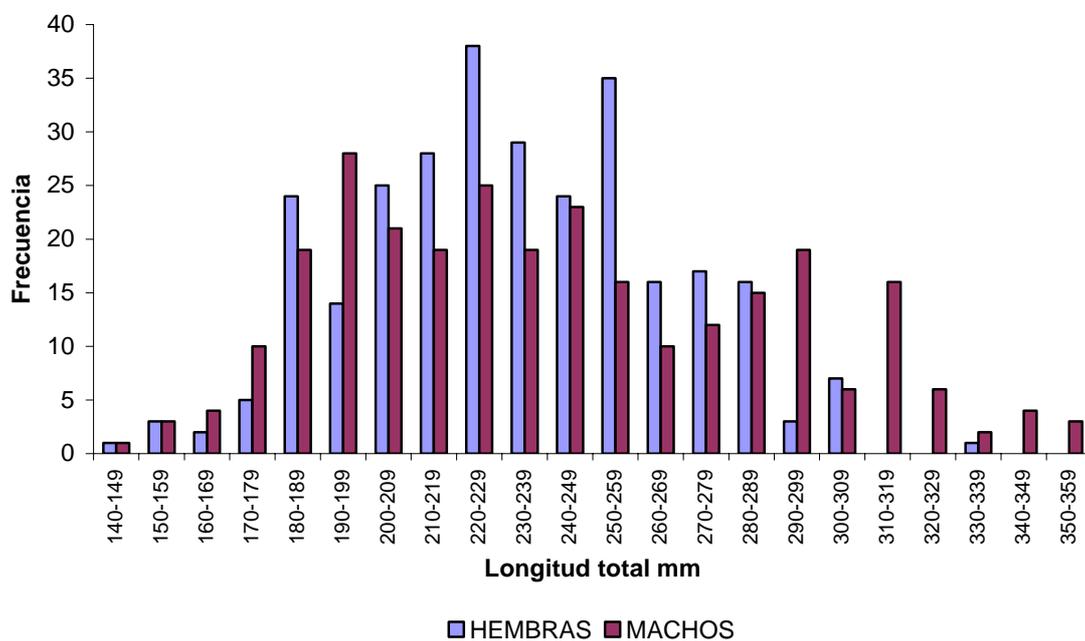


FIGURA 8.- Frecuencia por sexos de *Panulirus inflatus* y clase de tallas (febrero del 2003 a enero del 2004).

8.3 Madurez sexual de hembras

Las hembras que se encontraron dentro de las fases 2 a la 5 de la escala de Weinborn (1977) modificada por Briones-Fourzán *et al.* (1981), fueron consideradas sexualmente maduras. En junio se obtuvo la hembra madura con la talla más pequeña que fue de 49.6 mm de LC y 172.9 g de PT. Se observó que para la zona de estudio, *P. inflatus* madura sexualmente a tallas muy pequeñas.

La reproducción de esta especie se inicia en abril con hembras en las fases 3, 4 y 5 y finaliza en noviembre con hembras en fases 2, 3, 4, 5 y 6.

Durante febrero, marzo y diciembre de 2003 y enero de 2004 dominaron las hembras en las fases 1 y 6 lo cual indica que en estos meses no hay actividad reproductiva por lo que la reproducción de *P. inflatus* es discontinua en el Parque Nacional “Bahía de Loreto” (Figura 9). Por otro lado, se observaron dos picos de reproducción, uno en mayo y otro en octubre.

En general durante el periodo de incubación (abril a noviembre), las fases con mayor frecuencia fueron la 3 y 4 (29 y 54% respectivamente), lo que indica que posiblemente sean las que tengan mayor duración dentro de este periodo, es conveniente mencionar que la fase 4 se observa muy ligada a la 3 debido a que no existen entre ambas diferencias muy marcadas en la coloración de los huevos. La fase 5 estuvo menos representada durante los muestreos (17% de los ejemplares).

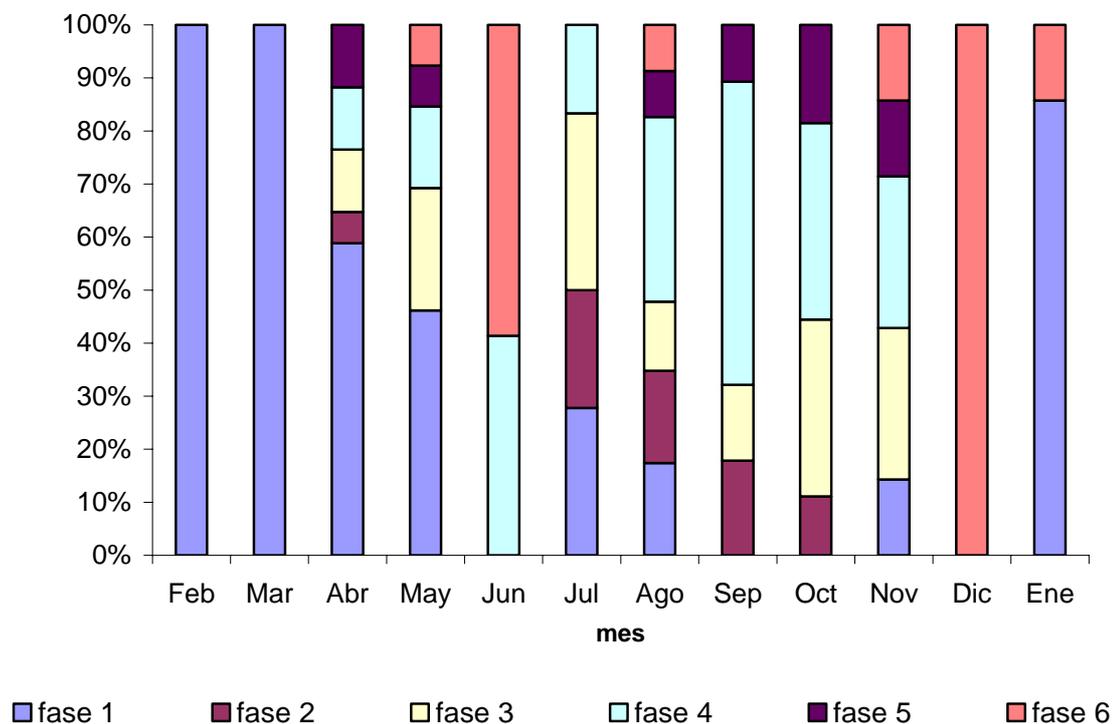


FIGURA 9.- Porcentajes de las fases de madurez sexual de las hembras de *Panulirus inflatus* durante el periodo de febrero del 2003 a enero del 2004. N = 266.

8.4 Porcentaje de hembras ovígeras

Se encontraron hembras ovígeras a partir de abril y hasta noviembre. En los meses de febrero, marzo y diciembre de 2003 y enero de 2004, no se capturaron hembras ovígeras (Figura 10).

La mayor incidencia de hembras ovígeras ocurrió durante el otoño (septiembre, octubre y noviembre con el 82.1, 88.9 y 71.4 %, respectivamente), lo cual coincide con lo observado en la escala morfo cromática, donde se encontró que el mayor pico reproductivo se presenta entre agosto y noviembre.

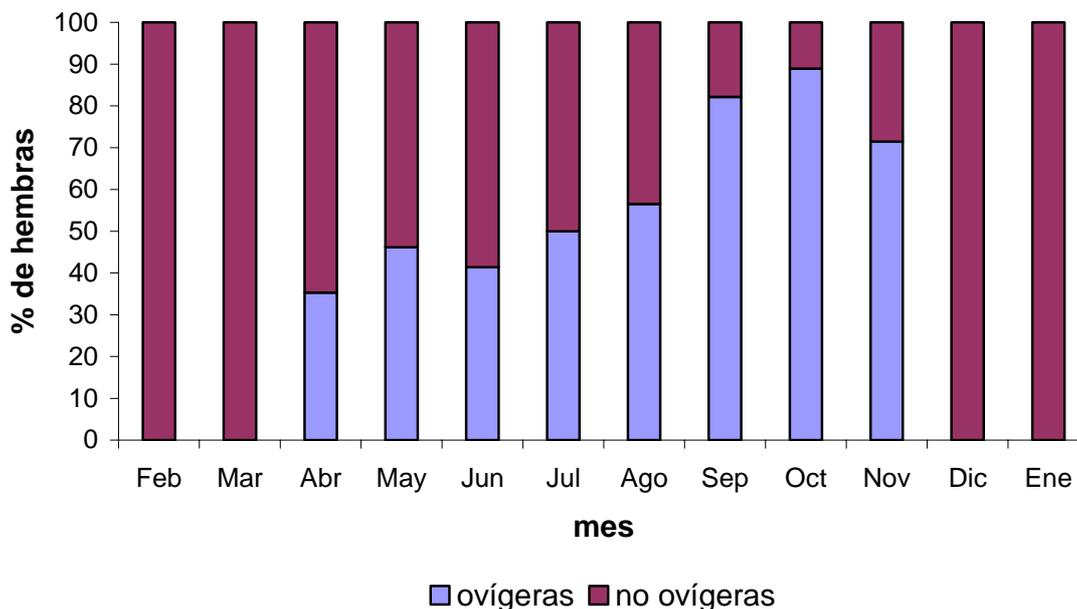


FIGURA 10.- Porcentaje de hembras ovígeras y no ovígeras de *Panulirus inflatus* (febrero del 2003 a enero del 2004). N = 266.

8.5 Madurez gonadal

La escala de madurez gonadal propuesta por Mota y Sousa (1966) y Chitty (1973) modificada por Briones-Fourzán *et al.* (1981) fue reestructurada en el presente trabajo para lograr una mejor interpretación de los cortes histológicos. La escala modificada es la siguiente:

Estado 1 (Inmadura).

Abundancia de nidos de ovogonias de alrededor de 0.07 mm de diámetro con el núcleo grande claramente teñido, y en ocasiones, los nucleolos más oscuros. Ovocitos en etapa de desarrollo con los nucleolos bien definidos, se observaron algunos ovocitos maduros en reabsorción al no haber sido expulsados de la gónada. Entre los ovocitos no desarrollados y los maduros en reabsorción abundan células foliculares con sus núcleos fuertemente teñidos. La pared ovárica

es gruesa, presencia de tejido conjuntivo con células granulosas y núcleos bien definidos.

Estado 2 (desarrollo).

En este estado se observan ovocitos en diferente fase de desarrollo (ovogonias y ovocitos), la mayoría de ellos inmaduros puesto que presentan un núcleo discreto y un nucleolo fuertemente teñido. Se presentan escasos ovocitos maduros. Células foliculares abundantes entre los ovocitos, una pared ovárica gruesa, y presencia de tejido conjuntivo. En algunos ovocitos el núcleo comienza su migración hacia el polo animal y se observa la membrana nuclear digitiforme (Figura 11a).

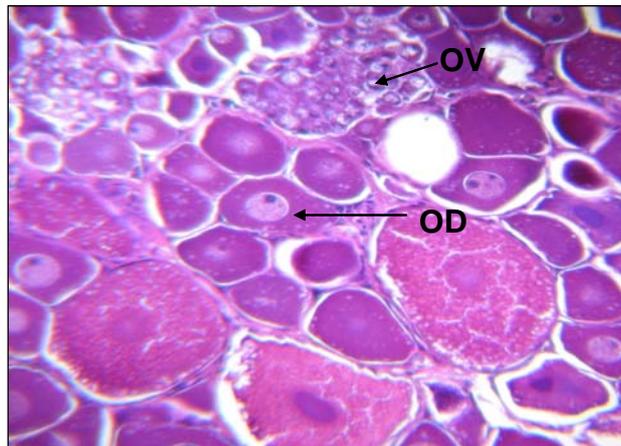


FIGURA 11a.- Corte histológico de la gónada de una hembra de *Panulirus inflatus* en estado 2 (desarrollo). OV: nidos de ovogonias, OD: ovocitos en desarrollo. Foto con objetivo 20x.

Estado 3 (madura).

La estructura de estos cortes es más uniforme, en la mayoría de los ovocitos se observan maduros, con solo unos cuantos en etapa de desarrollo, con el núcleo y nucleolo perfectamente definidos y pequeños nidos de ovogonias. Las células

foliculares son escasas, menos visibles, en algunos casos aplanadas. Los ovocitos maduros miden alrededor de 0.22 a 0.30 mm de diámetro y el núcleo generalmente ya no es visible, como tampoco lo es el nucleolo. La pared ovárica es delgada. Las plaquetas de vitelo están fusionadas o empiezan a fusionarse formando gránulos, el tejido conjuntivo es escaso o nulo (Figura 11b).

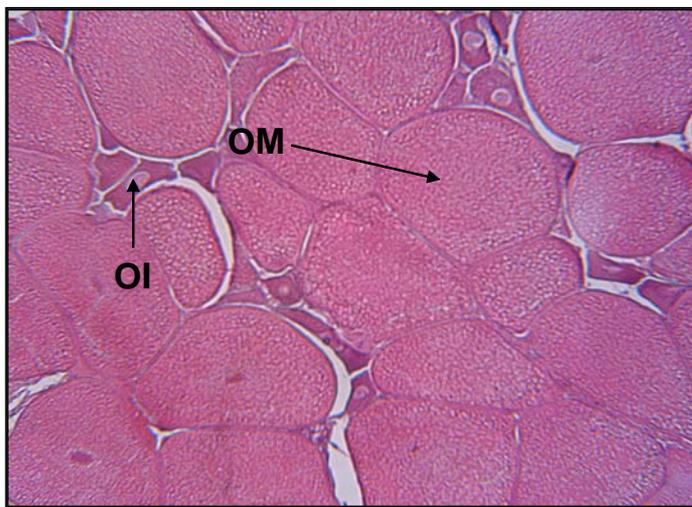


FIGURA 11b.- Corte histológico de la gónada de una hembra de *Panulirus inflatus* en estado 3 (maduro). OI: ovocitos inmaduros, OM: ovocitos maduros. Foto con objetivo 20x.

Estado 4 (posdesove).

Se observan ovocitos residuales inmaduros y en estado de desarrollo, con muchos espacios vacíos, el tejido conjuntivo es abundante. La pared ovárica es gruesa, se presenta un número elevado de ovocitos atrésicos. Se distinguen perfectamente los fagocitos que actúan en la reabsorción del material (Figura 11c).

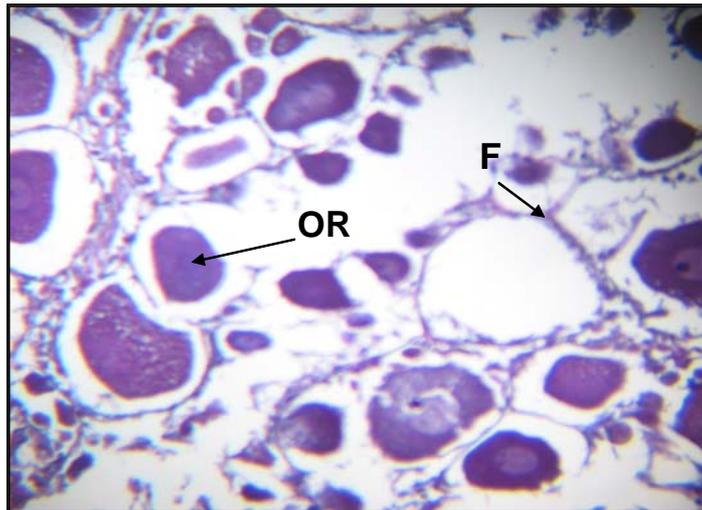


FIGURA 11c.- Corte histológico de la gónada de una hembra de *Panulirus inflatus* en estado 4 (posdesove). OR: Ovocitos en estado de reabsorción, F: restos de células foliculares. Foto con objetivo 20x.

Estado 5 (inactividad).

Abundan ovocitos en estado de reabsorción, se observan restos de vitelo. Existen grandes espacios vacíos entre los restos de ovocitos, algunos ovocitos en etapa de desarrollo que posiblemente sean reabsorbidos. Tejido conjuntivo abundante (Figura 11d).

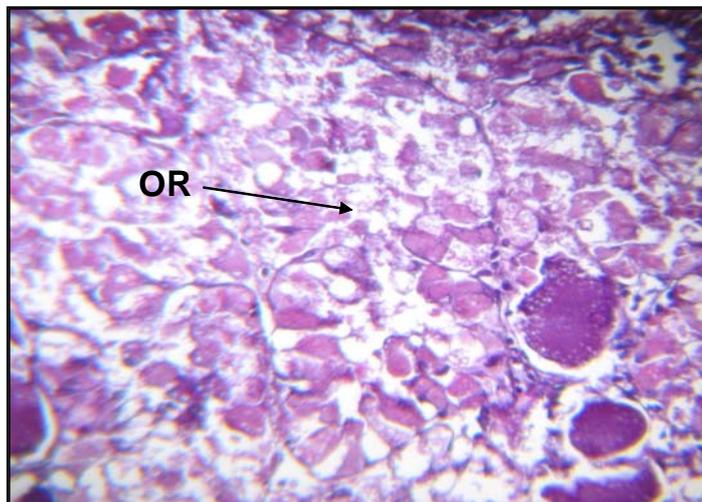


FIGURA 11d.- Corte histológico de la gónada de una hembra de *Panulirus inflatus* en estado 5 (inactividad). OR: Ovocitos en reabsorción avanzada. Foto con objetivo 20x.

El ciclo reproductivo de *P. inflatus* no es continuo, inicia en febrero y termina en noviembre, se observó un periodo de inactividad reproductiva de diciembre de 2003 a enero de 2004 (Figura 12).

La gametogénesis inició en febrero con el 82.35% de los organismos en desarrollo. Para marzo, aparecieron hembras en estado de madurez (38.46%), sin embargo predominaron las langostas en fase de desarrollo (61.53%). Durante los meses de abril y mayo disminuyó gradualmente el porcentaje de hembras en desarrollo (52.94 y 25% respectivamente) incrementándose las hembras en etapa de madurez (47.05 y 75% respectivamente), indicando la presencia de un pico reproductivo durante estos meses. Las hembras en etapa de desarrollo y madurez continuaron durante junio (51.85% en estado de desarrollo y 37.03% en madurez), sin embargo se observó un pequeño porcentaje de hembras en posdesove (11.11%). Durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre disminuyó el porcentaje de hembras en desarrollo (50, 25, 31.03 y 18.51% respectivamente) y se incrementó el porcentaje de hembras maduras (50, 75, 68.96 y 62.96% respectivamente) indicando que el principal periodo reproductivo se presenta durante el verano y el otoño.

A partir de noviembre termina la actividad reproductiva ya que aparecieron en mayor porcentaje las hembras en posdesove (71.42%) y en los meses de diciembre y enero la mayoría de los organismos estaban en estado de inactividad (90.47 y 88.09% respectivamente). No se recolectaron hembras en estado 1 (inmaduro).

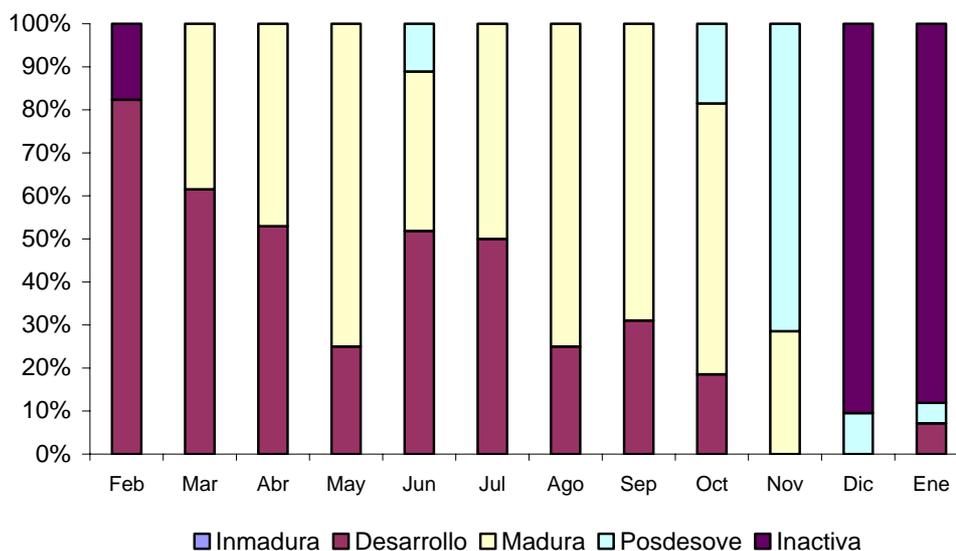


FIGURA 12.- Ciclo reproductivo de *Panulirus inflatus*. Frecuencia relativa de los estados gonadales entre febrero del 2003 a enero del 2004. N = 266.

8.6 Talla de primera madurez

Para obtener la talla de primera madurez en las hembras, se consideraron como maduras únicamente a las que comprendían de las fases 2 a la 5. Se obtuvieron un total de 116 ejemplares. De estas fases la hembra más pequeña encontrada fue de 49.6 mm de LC en junio (fase 4) mientras que la más grande fue de 192 mm de LC capturada en septiembre (fase 3).

La frecuencia de hembras maduras se incrementó notoriamente a partir del intervalo de talla de 70 mm de LC, estas se encontraron prácticamente durante todo el periodo de reproducción (desde abril a noviembre), resultando la talla al 50% de las hembras maduras de 80 mm de LC (Figura 13) que equivale a un poco más de 300 g de peso total.

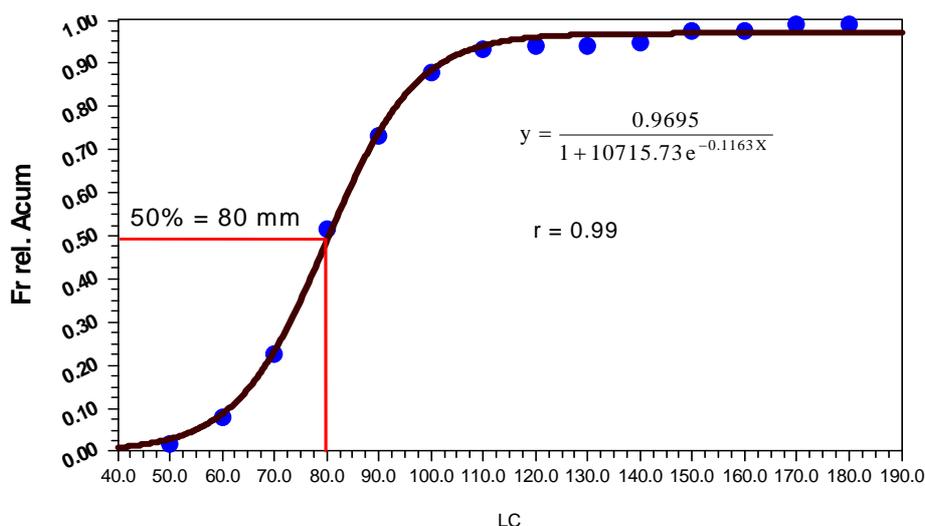


FIGURA 13.- Relación entre la longitud del cefalotórax y la frecuencia relativa acumulada de la población natural de hembras de *Panulirus inflatus*, en etapas de madurez sexual de la 2 a la 5 de la escala de Weinborn (1977).

8.7 Fecundidad y su relación con las variables morfométricas

La fecundidad de *P. inflatus* se estimó en 98 ejemplares de un rango de 49.6 mm de LC (172.9 g de PT) con 129,145 huevos y 113 mm de LC (716.8 g de PT) con 655,707 huevos. Sin embargo, la hembra más chica no presentó la fecundidad más baja siendo una de 67 mm de LC (139 g de PT) la que presentó un número menor de tan solo 112,091 huevos, mientras que una hembra de 110 mm de LC (798.6 g de PT) presentó la fecundidad mayor con 830,149 huevos.

La fecundidad relativa no guarda una relación con la talla o el peso de la hembra. El número de huevos por gramo de peso de la hembra no varía al incrementarse el peso o la talla del organismo. Por lo tanto, se propone que en promedio, una hembra pone 950 huevos por cada gramo de su peso corporal.

A partir de los análisis obtenidos de las relaciones entre la fecundidad y la longitud total se encontró que el mayor coeficiente de determinación fue en agosto ($R^2 = 0.93$, $N = 13$) mientras que el menor se presentó en noviembre ($R^2 = 0.0004$, $N = 5$) (Figura 14).

Por otro lado, en la relación fecundidad y longitud de cefalotórax se observó que el coeficiente de determinación más elevado fue en agosto ($R^2 = 0.89$, $N = 12$) mientras que el valor más bajo se presentó en noviembre ($R^2 = 0.01$, $N = 5$) (Figura 15).

Para el caso de la relación fecundidad y el peso total, se ajustaron las variables a un modelo lineal ($F = aPT + b$), el mes de agosto presentó el coeficiente de determinación más alto ($R^2 = 0.94$, $N = 13$) y el menor durante julio ($R^2 = 0.14$, $N = 9$) (Figura 16).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

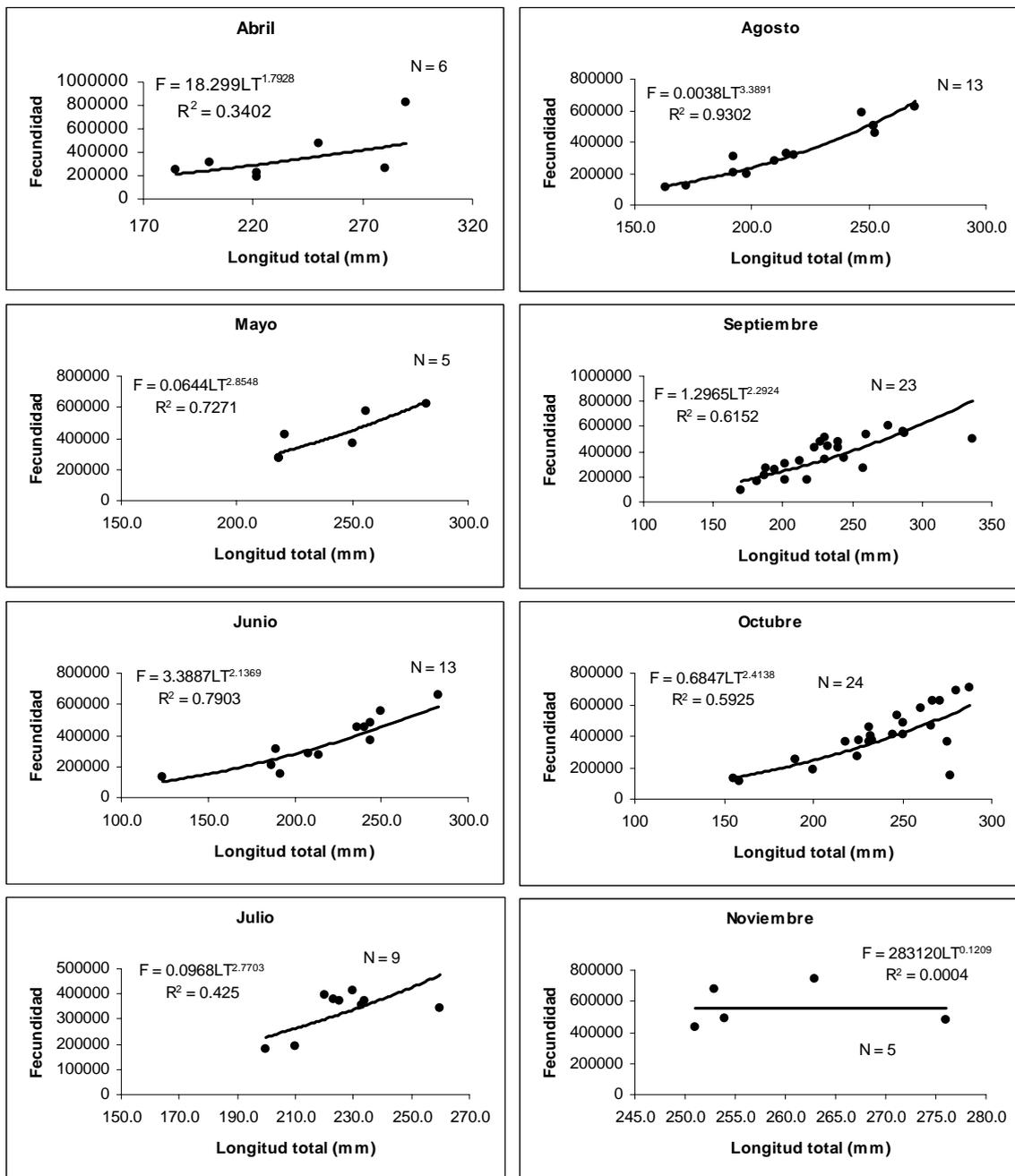


FIGURA 14.- Relación fecundidad y longitud total mensual (abril de 2003 a noviembre de 2003).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

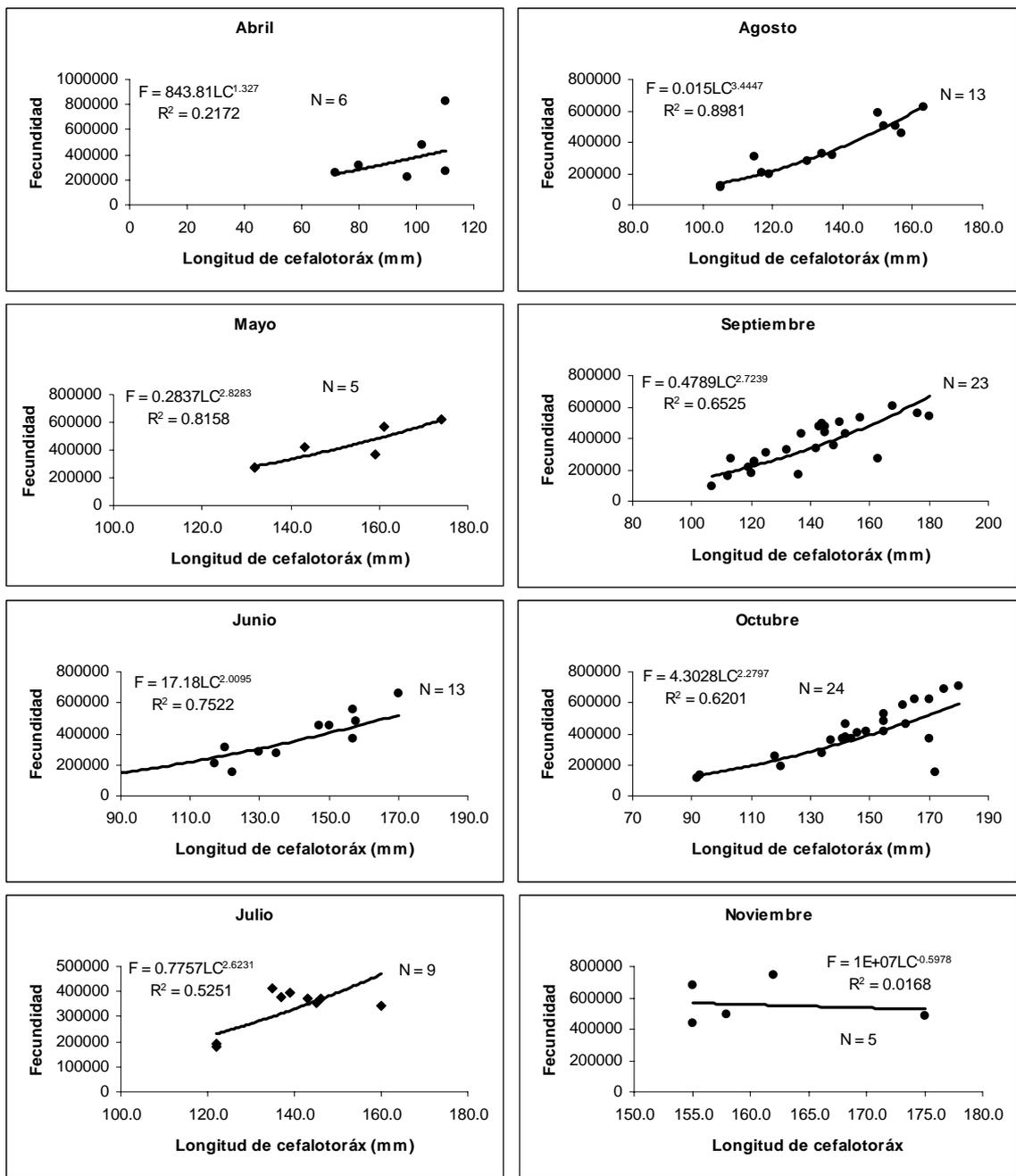


FIGURA 15.- Relación de fecundidad y longitud de cefalotoráx (abril de 2003 a noviembre de 2004).

BIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

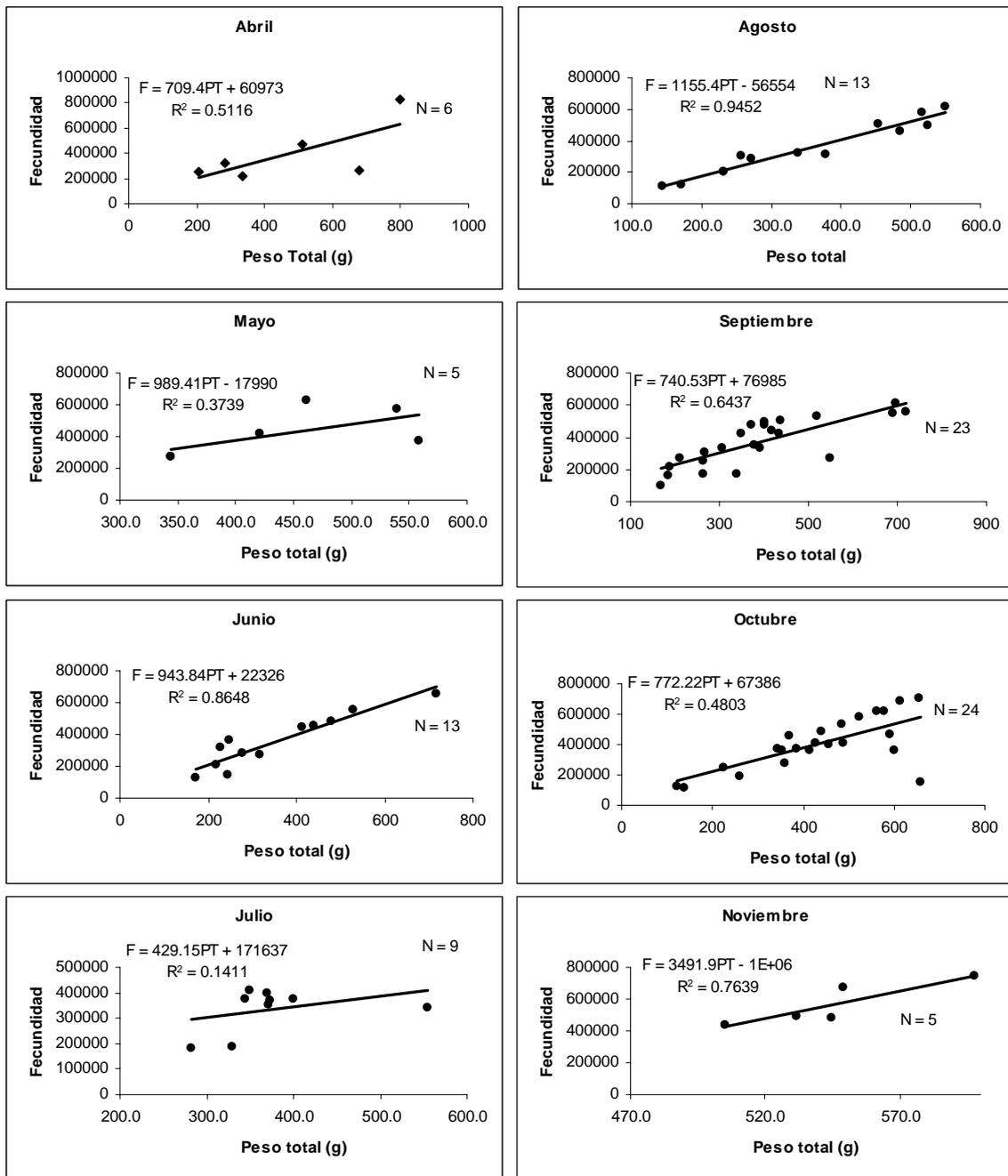


FIGURA 16.- Relación de fecundidad y peso total (abril de 2003 a noviembre de 2004).

8.8 Temperatura y su relación con el ciclo reproductivo de *P. inflatus*

La temperatura presentó un gradiente de variación de 12°C durante todo el periodo de muestreos. Durante febrero de 2003 se registraron 20°C, dicho valor fue incrementando con el paso de los meses hasta alcanzar el máximo en septiembre donde se reportó una temperatura de 30°C, finalmente los registros obtenidos en los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2003 fueron descendiendo hasta alcanzar el valor más bajo del periodo de muestreos en enero de 2004 que fue de 18°C.

Se realizaron análisis de correlación mediante la prueba no paramétrica de Spearman con una previa transformación de los porcentajes en arco seno, esto con la finalidad de identificar las posibles relaciones entre la temperatura y el ciclo reproductivo de *P. inflatus* en la zona de estudio. Los resultados señalan que la temperatura presenta correlación positiva con el porcentaje de hembras ovígeras ($r_s=0.85$, $P=0.0003$) y con el porcentaje de hembras maduras de la escala histológica ($r_s=0.73$, $P=0.0065$), en ambos casos los mayores picos de hembras maduras y ovígeras se registraron en los meses cálidos del periodo (julio a octubre) cuando las temperaturas sobrepasaron los 25°C (Figura 17).

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Panulirus inflatus*

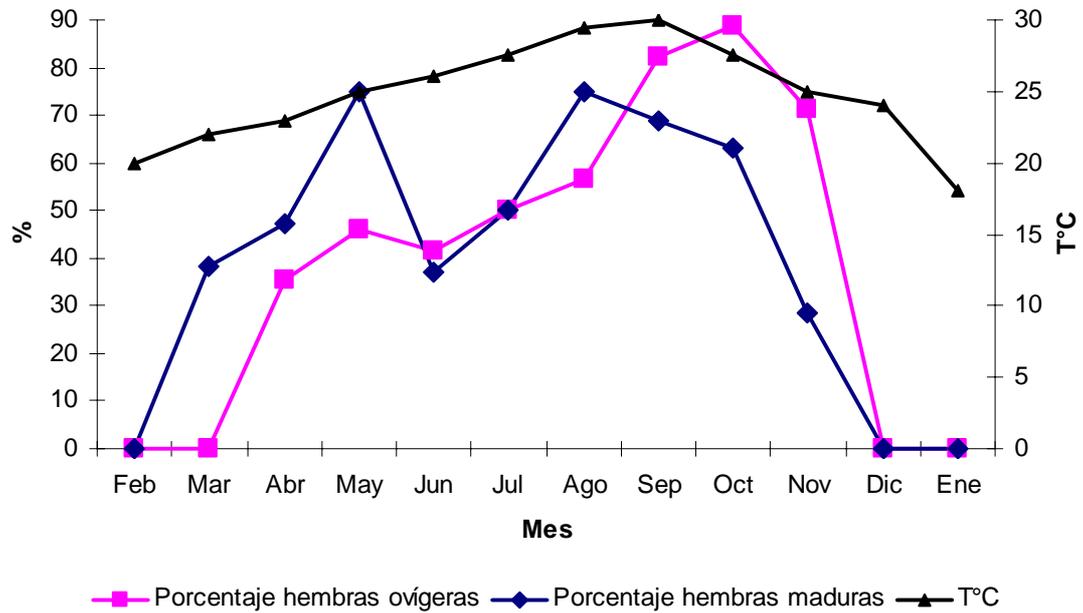


FIGURA 17.- Temperatura superficial del agua, porcentaje de hembras ovígeras y porcentaje de hembras maduras de *Panulirus inflatus* en el Parque Nacional "Bahía de Loreto" durante el periodo de febrero de 2003 a enero de 2004.

IX. DISCUSIÓN

9.1 Distribución de tallas de hembras ovígeras.

De acuerdo a los resultados observados en el presente estudio, las hembras de mayor talla iniciaron su actividad reproductiva durante la primavera, se suspendieron en el verano y se reanudaron nuevamente en el otoño. Briones-Fouzán *et al.* (1981) reportaron que en Zihuatanejo, Guerrero el reclutamiento de las hembras grandes a la actividad reproductiva es en el otoño y que a pesar de que la reproducción en esa zona es continua, es notable que la mayor intensidad reproductiva fue durante esta estación del año al igual que en el presente estudio, donde aparentemente se reproducen todas las hembras que ya se han reclutado a la población con actividad reproductiva, independientemente de la talla. Lipcius (1985) citado en Briones-Fourzán *et al.* (1997) indicó que los diferentes desoves son producidos por hembras de diferentes tallas: las hembras pequeñas solo desovan durante el verano mientras que las grandes desovan en primavera y otra vez en el otoño.

Ortega-Guzmán (2004) observó que en las costas de Nayarit, la distribución de tallas durante todo el año fue similar, y que se encuentran hembras ovígeras durante todo el año, esto hace suponer que la actividad reproductiva durante el tiempo no está influenciada por las tallas, también esta autora señala que el rango de tallas encontrado para esta zona fue de 44 a 94 mm de LC que se muestra muy estrecho comparado con el rango de tallas observado en el presente estudio (49.6 a 192 mm de LC).

9.2 Proporción de sexos

Para la proporción de sexos, se han reportado algunas estimaciones en otras especies como *P. argus* en Quintana Roo, México, donde se encontraron proporciones cercanas a 1:1 (Padilla-Ramos y Briones-Fourzán 1997). Estos autores también mencionan que las langostas reproductoras de esta especie se concentran en áreas relativamente profundas, cercanas al talud continental, del mismo modo, encontraron que la proporción de hembras ovígeras de esta especie en isla Mujeres es superior en marzo. Briones-Fourzán y Contreras-Ortiz (1999), señalaron que en Quintana Roo, México para *P. guttatus* existe una proporción de 1.8M:1H siendo menos abundantes las hembras durante los meses de agosto y septiembre en coincidencia con los periodos de menor actividad reproductiva para la zona. En el presente estudio se observó que durante los meses donde la actividad reproductiva fue baja o nula las proporciones de sexos no se acercaban a 1:1 indicando que durante periodos de alimentación las hembras y los machos pueden presentar patrones de movimiento diferenciados tal como lo señala Pérez-González *et al.* (1992), autores que reportaron que las hembras tienden a migrar hacia aguas más profundas para encontrar refugios. Por lo anterior, es posible que dichas proporciones se vean afectadas por el tipo de arte de pesca utilizado para el muestreo ya que se ha observado que en las capturas comerciales donde se utiliza el método de buceo para la pesca de langosta predominan los machos sobre la presencia de hembras debido a que el movimiento migratorio de las hembras hacia aguas más profundas limita la captura a profundidades menores donde predomina la presencia de machos (Briones-Fourzán *et al.* 1981).

En las costas de Sinaloa se observó un patrón general en la variación de los porcentajes de hembras y machos en *P. inflatus* y *P. gracilis*, resultando que en verano y parte del otoño la proporción de hembras es menor y a finales del otoño, invierno y primavera se presentó lo contrario (Quintero-Montoya 1999). En el presente estudio se observó que al principio y al final de la primavera la proporción estuvo cargada hacia los machos (1:2.29 en marzo y 1:1.2 en mayo), a principios del verano la proporción se invirtió a favor de las hembras (1.86:1 en junio) y durante el invierno las proporciones fueron siempre favorables a los machos (1:1.52 en febrero y 1:1.51 en enero de 2004).

Por otro lado, Losada-Tosteson *et al.* (2001) indicaron que en las costas de Venezuela, *P. guttatus* tiene una proporción sexual de 1.45M:1H; suponen que estas diferencias se deben a la mortalidad diferencial entre hembras y machos, en el presente trabajo se observó que a tallas mayores la presencia de hembras fue prácticamente nula ya que las proporciones sexuales a tallas mayores 310 mm de LT estuvieron siempre cargadas hacia los machos, por lo cual es muy probable que estén sometidas a un tipo de presión biótica o abiótica que les impida alcanzar tallas similares a las de los machos, lo anterior ya ha sido reportado por Gracia-Gasca (1979), Wiedfeldt-Gómez (1997), Salazar-Navarro (2000), Arzola-González (2001) y Ortega-Guzmán (2004), autores que señalan que posiblemente las hembras tengan mayor desgaste energético debido a la reproducción, lo que provoca que a edades avanzadas éstas se encuentren muy débiles y sean incapaces de soportar las variaciones ambientales, o bien estén más propensas a ser depredadas.

Por otra parte, Quintero-Montoya (1999) realizó un estudio donde evalúa el crecimiento de *P. inflatus* y *P. gracilis* en las costas de Sinaloa, en dicho trabajo encuentra diferencias por sexo en la estimación de los parámetros de crecimiento individual del modelo de von Bertalanffy (k , L_{∞} y t_0) concluyendo que el crecimiento de los machos es mayor que el de hembras para ambas especies. Asimismo, Lozano-Álvarez y Briones-Fourzán (1991) mediante un estudio de marcado y recaptura de *P. argus* encontraron que existen diferencias por sexo en el crecimiento de las langostas, en el cual observan que los machos crecen más que las hembras.

9.3 Porcentaje de hembras ovígeras

Las primeras hembras ovígeras se observaron en abril y las últimas en noviembre. Su presencia muestra claramente dos picos reproductivos, uno en primavera y otro de mayor intensidad en otoño. Cabe señalar que es posible determinar visualmente la época reproductiva de *P. inflatus* debido a que las hembras incuban los huevos en los pleópodos a diferencia de algunas especies de peneidos que desovan y los huevos fecundados se desarrollan en el agua a merced de las corrientes. Durante el invierno no se capturaron hembras ovígeras por lo que la reproducción de la langosta azul observada en el periodo de muestreo en esta zona es discontinua. A diferencia de lo registrado en el estudio de Weinborn (1977), que reportó para Zihuatanejo, Guerrero dos picos reproductivos en primavera y en verano y la presencia de hembras ovígeras durante todo el año.

En este estudio, el periodo de mayor intensidad reproductiva se encontró en el otoño, en coincidencia con lo observado por Gracia-Gasca (1979), quien mencionó que en Zihuatanejo, Guerrero puede haber un pico reproductivo importante de agosto a octubre, en base a la elevada abundancia de larvas filosomas que encontró en muestras de plancton. Por otra parte, Briones-Fourzán *et al.* (1981), indicaron que en la misma zona de Zihuatanejo, Guerrero no se muestran picos evidentes en la reproducción de esta especie, ya que el apareamiento y desove durante todo el año es común en las especies de langosta que se encuentran en zonas tropicales. La región de Loreto se encuentra en una zona subtropical donde las condiciones ambientales (temperatura, disponibilidad de alimento, corrientes, etc.) son diferentes a las regiones tropicales. Esto probablemente provoca que la reproducción de esta especie sea estacional.

Los resultados del presente estudio coinciden en cuanto a la temporada de mayor frecuencia de hembras ovígeras con los de Pérez-González *et al.* (1992), quienes demostraron que en Mazatlán, Sinaloa los periodos de mayor actividad reproductiva de *P. inflatus* se presentaron de abril a junio y de agosto a noviembre, meses en los cuales se encontraron los porcentajes más elevados de hembras ovígeras y que dicha actividad disminuye gradualmente en el invierno.

Por otro lado, Kanciruk y Herrnkind (1976) señalaron que en zonas cercanas a las Bahamas los mayores porcentajes de hembras ovígeras de *P. argus* se presentaron durante los meses de abril y mayo aunque se han encontrado hembras ovígeras también en el otoño. Warner *et al.* (1977) citada en

Briones-Fourzán *et al.* (1997), al igual que los autores anteriores, reportaron que el mayor pico reproductivo de *P. argus* fue en abril y mayo, en Florida, E.U.A.

Lozano-Álvarez *et al.* (1991), Pérez-González *et al.* (1992) y Briones-Fourzán *et al.* (1997) señalaron que las hembras ovígeras de las langostas espinosas tienden a dirigirse a aguas más profundas durante el periodo reproductivo. En la bahía de Loreto, durante el presente trabajo se capturaron hembras ovígeras a profundidades menores que un metro.

Para la langosta roja *P. interruptus* se ha reportado que la reproducción empieza en abril y finaliza en agosto (Ayala-Martínez y Lucero-Telechea 1984, Vega-Velázquez 2003), la distribución de la langosta roja se encuentra solo en la parte norte del pacífico mexicano y al igual que lo observado en *P. inflatus* en bahía de Loreto, la reproducción de éstas dos especies es discontinua. En Puerto Morelos, Quintana Roo, *P. argus* presenta en primavera un pico importante en la reproducción, con otro menor hacia finales de verano y principios de otoño (Padilla-Ramos y Briones-Fourzán 1997). Finalmente, la reproducción de *P. argus* en el Caribe inicia en abril y finaliza en octubre (Anónimo 2003), coincidiendo con lo observado en *P. inflatus* en bahía de Loreto.

9.4 Madurez gonadal

El desarrollo intragonadal de las hembras tuvo un desfase en tiempo respecto a lo encontrado en el porcentaje de hembras ovígeras, ya que durante febrero de 2003 se obtuvieron hembras en estado 2 (desarrollo) que posiblemente

sean las que desovaron hasta abril que fue cuando se observaron las primeras hembras ovígeras.

Por otro lado, se encontró que durante los periodos de actividad reproductiva, la tendencia fue que las hembras que se encontraban en la fase 3, de la escala morfocromática (con huevos en incubación color naranja claro) a nivel intragonadal se encontraban en estado 2 (desarrollo) mientras que las observadas en fase 4 de la escala morfocromática (huevos color café oscuro) tuvieron la gónada prácticamente madura. Lo anterior sugiere que las hembras de *P. inflatus* en esta región desovan en varias ocasiones durante el periodo de reproducción, ya que mientras se encuentran en etapa de incubación de los huevos, las hembras muestran a nivel gonadal ovocitos en desarrollo o maduros para un nuevo desove, lo cual coincide con lo reportado por Briones-Fourzán *et al.* (1981) que señalaron que *P. inflatus* y *P. argus* presentan desoves continuos, ya que las hembras que encontraron en las fases 2 y 3 de la escala morfocromática, tenían el ovario en proceso de maduración para un nuevo desove. Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (1992) señalaron que *P. inflatus* puede llegar a tener hasta cuatro desoves en un tiempo de 164 días.

Ayala-Martínez (1983) elaboró una escala de madurez para *P. interruptus* semejante a la de este estudio, solo difiere en que esta autora encontró hembras en fase de desove, las características de esta fase descritas por esta autora no fueron observadas en este trabajo, y también reportó gónadas en estado 5 (inactividad) a la cual le denominó como “reposo”, las características de la gónada

en esta fase coinciden en gran parte con lo obtenido en este estudio. Sin embargo, la reabsorción de los ovocitos es más avanzado en las hembras de *P. inflatus* de bahía de Loreto que el de las *P. interruptus*, en la costa central de Baja California, esto puede indicar que este estado no ha sido descrito anteriormente, ya que posiblemente el proceso de recuperación intragonadal de las hembras de *P. inflatus* en bahía de Loreto sea más lento que en las costas de Sinaloa, Nayarit y Guerrero.

Herazo (1971) citado en Ayala-Martínez (1983) elaboró otra escala de madurez para langosta, semejante a la presentada por Ayala-Martínez (1983), sin embargo llama hembras “inmaduras” a aquellos adultos que ya se reprodujeron, en este estudio no se encontraron hembras inmaduras (con base en la escala modificada por Briones-Fourzán *et al.* 1981) probablemente las hembras de bahía de Loreto pasen muy rápido por esta fase, por lo que se sugiere la fase “Inmaduro” sea confinada únicamente a aquellas hembras juveniles que nunca han desovado. La falta de hembras inmaduras en el presente estudio se pudo deber a que los buzos que realizaron los muestreos no capturaron langostas que a simple vista se veían demasiado pequeñas para los fines de este trabajo.

Por otro lado, la coloración de las gónadas se considera como un indicador del grado de madurez de las hembras (Ayala-Martínez 1983). Los colores opacos (blancos a rosados) indican gónadas desovadas o en inactividad prácticamente en coincidencia con las observaciones realizadas en este estudio, y estas se presentaron en los meses fríos, donde la actividad reproductiva fue evidentemente

nula (noviembre a febrero). Los colores amarillo y naranja claro indican hembras en desarrollo y finalmente los colores naranja brillante y rojo fuerte indican hembras en estado maduro.

9.5 Talla de primera madurez

La talla de primera madurez a nivel poblacional correspondió a 80 mm de LC que equivale a un peso aproximado de 300 g, peso considerado como el mínimo legal de captura para algunas zonas de Sinaloa, Nayarit y otras regiones de México (Muñoz-García y Salazar-Navarro 1994, Ortega-Guzmán 2004). A nivel individual, la hembra ovígera más pequeña recolectada en este trabajo fue de 49.6 mm de LC, que resulta muy similar a lo encontrado por Weinborn (1977) quien reportó una hembra ovígera de *P. inflatus* de 47.5 mm de LC en el área de Zihuatanejo, Guerrero. Pérez-González *et al.* (1992) indicaron que se capturó una hembra ovígera de 49.4 mm de LC en Mazatlán, Sinaloa. González-Moreno (2002) encontró especímenes maduros de *P. inflatus*, con tallas de 51 mm de LC en las costas de Sinaloa, también reportó la presencia de una hembra con una talla de 47 mm de LC que se encontraba en la fase 6 de la escala morfocromática ya que presentaba restos de espermátforo y filamentos en la parte abdominal del organismo, evidencia de que dicha hembra, ya había presentado cuando menos un desove. Hodbay y Ryan (1997) indicaron que la presencia de filamentos en el abdomen de *Jasus edwardsii* no garantiza actividad reproductiva en una hembra ya que la aparición de estos filamentos puede deberse a una posible muda.

Sin embargo, Gracia-Gasca (1985) reportó dos hembras ovígeras por debajo de estas medidas (45.6 y 46 mm de LC), Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (1992) para la zona de Guerrero reportan la captura de una hembra ovígera de *P. inflatus* de 54.7 mm de LC, lo anterior indica que las hembras de esta especie alcanzan la madurez sexual a tallas muy pequeñas (Pérez-González *et al.* 1992). Tapia-Vázquez y Castro-González (2000) registraron una hembra ovígera de *P. interruptus* de 57 mm de LC, que es una especie que naturalmente alcanza tallas mayores y la madurez sexual la logra igualmente a tallas grandes.

En otras especies de langostas, se han encontrado hembras ovígeras con tallas menores a las registradas anteriormente, en Florida, E.U.A. se reportó una hembra ovígera de 36 mm de LC de *P. guttatus* (Chitty 1973 citado en Briones-Fourzán *et al.* 1981), en Venezuela una de 42.1 mm de LC de *P. guttatus* (Losada-Tosteson *et al.* 2001) y en la isla Oshima Japón se capturó una de 41.1 mm de LC de *P. japonicus* (Minagawa 1997). En algunos casos la madurez sexual se alcanza a tallas menores debido a las posibles presiones que ejercen los factores bióticos y abióticos sobre los organismos, lo cual provoca que las langostas se vean obligadas a madurar más jóvenes para asegurar una descendencia (Gracia-Gasca 1985, Pérez-González *et al.* 1992), también varios factores pueden influenciar en la talla de primera madurez incluyendo la presión pesquera, densidad dependiente del crecimiento y disponibilidad de alimento (Evans *et al.* 1995, Mohan 1997). En las zonas donde se ejerce una intensa presión pesquera se encuentran hembras ovígeras más chicas (Briones-Fourzán *et al.* 1997) lo cual no es el caso para las langostas de bahía de Loreto.

Por otro lado, la talla de primera madurez a nivel poblacional encontrada para este estudio fue de 80 mm de LC. En las costas de Mazatlán Sinaloa, de *P. inflatus* se han reportado tallas, entre 69 y 70 mm de LC, de primera madurez relativamente más pequeñas que la encontrada en el presente trabajo (González-Moreno 2002). En *P. interruptus* Vega-Velázquez (2003) reportó una talla de primera madurez de 72.6 mm de LC la cual es menor que la mínima legal (82 mm de LC) para la costa occidental de la península de Baja California (Vega-Velázquez *et al.* 1996). El rango de tallas en hembras encontrado en el presente estudio fue de 49.6 a 192 mm de LC que es muy amplio comparado con lo reportado en la costas del centro y sur del Pacífico mexicano donde los rangos van desde 49 a 99 mm de LC en Sinaloa (González-Moreno 2002), 44 a 94 mm de LC en las costas de Nayarit (Ortega-Guzmán 2004) y de 47.5 a 130 mm de LC en Zihuatanejo, Guerrero (Briones-Fourzán *et al.* 1981). La ausencia de la actividad pesquera en bahía de Loreto permite que las langostas tengan mayor oportunidad de supervivencia y por ende puedan alcanzar tallas muy elevadas, aunque cabe señalar que el rango de tallas depende en gran medida al arte de pesca con el cual fueron obtenidas las muestras (Briones-Fourzán *et al.* 1981).

En los lugares donde esta especie es explotada de manera comercial (Sinaloa, Nayarit y Guerrero) la talla mínima de captura (82 mm de LC) protege a más del 50% de las hembras maduras (Briones-Fourzán *et al.* 1981), incluso se propone disminuir esta talla a 76 mm de LC como mínima pescable con la finalidad de proteger al 50% de las hembras maduras. Por lo anterior, se observa que las estructuras de tallas de las zonas explotadas y la de bahía de Loreto son

muy diferentes posiblemente porque la población de langostas de este parque nacional, es relativamente poco explotada.

9.6 Fecundidad

Para este trabajo la fecundidad osciló entre 94,837 y 830,149 huevos, estas cantidades no correspondieron a la hembra más chica y a la más grande encontradas, ya que la hembra más pequeña recolectada (49.7 mm de LC) presentó una fecundidad de 129,145 huevos mientras que la más grande (113mm de LC) tuvo 655,707 huevos.

Las relaciones obtenidas entre la fecundidad y la longitud del cefalotórax presentaron coeficientes de determinación muy variables durante todo el periodo de este estudio, resultando los más elevados en los meses donde inician los dos picos reproductivos (mayo y agosto) al igual que en la relación fecundidad contra peso total (junio y agosto). De acuerdo a lo observado en las escalas morfocromática e histológica, es probable que las hembras desoven en varias ocasiones durante los periodos de reproducción, y que los primeros desoves son expulsados en mayor número de huevos con respecto a los siguientes, Creaser (1950) citado en Juinio (1987) observó que las hembras *P. argus* ovopositan cantidades menores de huevos que en los desoves previos. Lo anterior indica que los desoves subsecuentes no guarden una relación directa con la talla y el peso del organismo. En el presente estudio, los bajos coeficientes de determinación para algunos meses se deben a que posiblemente en las muestras se encuentren fecundidades de hembras que estaban en su segundo o tercer desove y

fecundidades de hembras que apenas tenían su primer desove (Briones-Fourzán *et al.* 1997) aunado a esto que en algunos meses el tamaño de muestra fue muy bajo para obtener buenos ajustes con los modelos.

En otras especies se han reportado fecundidades que varían desde 300,000 a 800,000 huevos para *P. argus* en Florida (Bertelsen y Matthews 2001), de 152,450 a 682,544 huevos para *Jasus edwardsii* en Australia (Hobday y Ryan 1997), de 30,000 a 210,000 huevos para *Palinurus elephas* en el mar Mediterráneo (Goñi y Reñones 2003), de 108,695 a 1,905,251 huevos para *Panulirus interruptus* en Baja California Sur (Ayala-Martínez y Lucero-Telechea 1984, Anónimo 1988, Tapia-Vázquez y Castro-González 2000), desde 91,000 a 1,988,000 huevos para *P. interruptus* en Baja California (Pineda-Barrera *et al.* 1975). Todos estos datos indican que las fecundidades muestran rangos similares a las encontradas en *P. inflatus*, con excepción de la especie *P. interruptus* que en general presenta fecundidades muy altas.

En *P. inflatus* los únicos trabajos realizados son los de Gracia-Gasca (1979 y 1985) que reporta fecundidades desde 69,100 a 570,786 huevos en Zihuatanejo, Guerrero, la cual es una fecundidad muy por debajo de la mínima reportada en este estudio. Sin embargo, dicha fecundidad correspondió a la hembra ovígera más pequeña capturada para esta especie (45.6 mm de LC) mientras que las fecundidades de este trabajo sobrepasaron las reportadas por Gracia-Gasca (1979) debido a que las tallas de las hembras fueron superiores en el área de bahía de Loreto que en Zihuatanejo Guerrero. Lo anterior se puede deber a dos

razones: la estructura de tallas en ambas zonas se ve modificada por la ausencia o presencia de la presión pesquera y que las condiciones ambientales sean diferentes en ambas zonas (Pineda-Barrera *et al.* 1975).

9.7 Temperatura

Como era de esperarse, los registros de temperatura fueron muy variables durante el periodo de muestreos. Se distinguen claramente los periodos fríos y cálidos en la región estudiada, la actividad reproductiva de *P. inflatus* se presentó cuando los valores de temperatura estuvieron por encima de los 25°C, que fue durante los meses de abril a noviembre. En el periodo frío (cuando las temperaturas bajaron de los 25°C) no se presentó actividad reproductiva en las langostas, lo que indica que las variaciones en este parámetro afectan indiscutiblemente los procesos de maduración y desove de *P. inflatus*. Matsuda *et al.* (2002) indicaron que la madurez ovárica de *P. japonicus* sucede cuando la temperatura del agua alcanza los 19°C y los periodos de reproducción y desove se realizan a temperaturas por encima de los 25°C. En el presente estudio, la actividad gametogénica inició en marzo y en este mes se registró una temperatura por encima de los 19°C pero por debajo de los 25°C mientras que los desoves ocurrieron de abril a noviembre cuando las temperaturas estuvieron siempre por arriba de los 25°C.

P. argus tiene un comportamiento similar a *P. inflatus* ya que se reproduce cuando la temperatura del agua excede los 23°C (Anónimo 2003). Por otro lado, Briones-Fourzán *et al.* (1981) reportaron en Zihuatanejo, Guerrero temperaturas

que oscilaron entre los 24.4 y 30.8°C que corresponden a condiciones netamente tropicales, también señalaron que *P. inflatus* y *P. gracilis* se reproducen durante todo el año y con un pico durante el otoño donde se registraron las temperaturas más elevadas. En el presente trabajo las temperaturas mayores fueron registradas durante septiembre y octubre por encima de los 29°C lo cual sugiere que posiblemente las temperaturas elevadas provocan que haya desoves masivos en las poblaciones de langosta. Finalmente la reproducción discontinua de *P. inflatus* en bahía de Loreto es reflejo de lo señalado por Orton (1920), quien indica que las estrategias reproductivas varían con los cambios latitudinales. En especial con las variaciones en temperatura ya que las especies que habitan en las partes frías normalmente tienen patrones reproductivos discontinuos como se observó en este trabajo a diferencia de las especies que habitan en las regiones tropicales donde generalmente se encuentran organismos en estado reproductivo prácticamente todo el año (Pérez-González *et al.* 1992, Briones-Fourzán *et al.* 1981) y donde las temperatura del agua presenta menor variación.

X. CONCLUSIONES

- En el Parque Nacional “Bahía de Loreto” el patrón reproductivo de *P. inflatus* no es continuo.
- La reproducción de *P. inflatus* presentó dos picos reproductivos durante la primavera y el otoño y un periodo de inactividad reproductiva en el invierno.
- Se encontraron diferencias significativas en la proporción de sexos durante los periodos de inactividad reproductiva y en intervalos de tallas grandes.
- La talla de primera madurez poblacional en hembras en las fases 2 a 5 de la escala morfocromática fue de 80 mm de LC.
- La talla de primera madurez a nivel individual registrada con las hembras ovígeras fue de 49.6 mm de LC.
- La fecundidad de *P. inflatus* osciló de 94,837 y 830,149 huevos en un rango de tallas de 49.6 a 113 mm de LC.
- La fecundidad relativa fue de 950 huevos/g de peso de la hembra.
- La temperatura se correlacionó directamente con el porcentaje de hembras ovígeras y hembras maduras de la escala histológica. El pico principal del porcentaje de hembras ovígeras y de madurez intragonadal se presentó a temperaturas de 25 °C y 30 °C.

X. RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en este trabajo indican que las condiciones ambientales son importantes para definir el patrón reproductivo de las especies. Debido a la escasez de estudios en bahía de Loreto es necesario realizar trabajos en:

- Potencial reproductivo.
- Crecimiento individual y poblacional.
- Ecología trófica.
- Distribución de hembras en el talud continental.
- Reclutamiento de larvas filosomas y puerulos en la zona.
- Abundancia de organismos.

XI. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1988. Spiny Lobster. Species profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (Pacific Southwest). *Biological Report* 82: 3-5
- Anónimo. 2000. Programa de Manejo. Parque Nacional Bahía de Loreto. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México. 54 p
- Anónimo. 2003. Spiny Lobster. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission . FMRI. 1-4
- Arzola-González, J. F. 2001. Biometría y crecimiento de las langostas *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. Mazatlán, Sinaloa, México. 72 p
- 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
- Ayala-Martínez, Y. y F. Lucero-Telechea. 1984. Fecundidad de la langosta roja (*Panulirus interruptus* Randall) en la región de Bahía Magdalena y San Juanico, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* 4: 33-48
- Bertelsen, R. D. y T. S., Matthews. 2001. Fecundity dynamics of female spiny lobster (*Panulirus argus*) in a short Florida fishery and Dry Tortugas National Park lobster sanctuary. *Mar. Freshwater Res.* 2: 1559-1565
- Briones-Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez., A. Martínez-Guerrero y A. S. Cortés. 1981. Aspectos generales de la biología y pesca de las langostas en

- Zihuatanejo, Guerrero. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 8(1): 79-101
- Briones-Fourzán, P. y E. Lozano-Álvarez. 1992. Aspects of reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of México. *J. Crust. Biol.* 12 (1): 41-50
- Briones-Fourzán, P., E. M. Lozano-Cabrera, y P. Arceo. 1997. Biología y ecología de las langostas (crustacea: decapoda: *Palinuridae*). pp. 81-99 En: Flores-Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Seijo, J. C. Y Arreguín-Sánchez, F. (Eds). Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX serie científica. 7.
- Briones-Fourzán, P. y G. Contreras-Ortiz. 1999. Reproduction of the spiny lobster *Panulirus guttatus* (Decapoda: Palinuridae) on the Caribbean Coast of Mexico. *J. Crust. Biol.* 19(1): 171-179
- Buesa, R. J. 1970. Migraciones de la langosta (*Panulirus argus*). *Mar y Pesca. Inst. Nal. Pesca, Cuba* 46: 62-77
- Campos-Dávila, L. 1998. Composición y abundancia de la ictiofauna capturada con red gallera en el área de Loreto, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 106 p
- Creaser, E. P. 1950. Repetition of egg laying and number of eggs of the Bermuda spiny lobster. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 2: 30-31
- Chitty, N. 1973. Aspects of the reproductive biology of the spiny lobster *Panulirus guttatus* (Latreille). Master Thesis. University of Miami. Miami, Florida, U.S.A. 60 p

- Dees, L. T. 1963. Spiny Lobsters. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Bureau of Commercial Fisheries. Fishery Leaflet 523. U.S.A. 1-6 p
- De León, M. E. 2004. Ciclo de vida y monitoreo biológico pesquero de la langosta *Panulirus argus*. I Curso Internacional de Posgrado. PRO Langosta. La Habana, Cuba. 98 p
- Evans, C. R., A. P. M. Lockwood, A. J. Evans y E. Free. 1995. Field studies of the reproductive biology of the spiny lobsters *Panulirus argus* (Laetrenille) and *P. guttatus* (Laetrenille) at Bermuda. *J. Shellfish Res.* 14(2): 371-381
- González-Moreno, B. R. 2002. Madurez sexual durante la actividad reproductiva de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier) en las costas de Sinaloa, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México: 57 p
- Goñi, Q. A. y R. O. Reñones, 2003. Size at maturity and reproductive potential of a protected population of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from the western Mediterranean. *Mar. Biol.* 143: 583-592.
- Gracia-Gasca, A. 1979. Fecundidad de la langosta *P. inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 33 p
- Gracia, A. y B. C. Kensler. 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. *An. Cent. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 7(2): 11-128
- Gracia-Gasca, A. 1985. Variación estacional de la fecundidad de la langosta *P. inflatus* (Bouvier, 1895). *Ciencias Marinas* 11(1): 7-27

- Hendrickx, M. E. 1995. Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. FAO. Volumen I. Roma, Italia: 383-413p
- Herazo, B. 1971. Reproducción de la langosta común *Panulirus argus* (Latreille) en la Guajira colombiana. *Min. Agr. Dir. Gral. Pes. (Inderena) Div. Pes.* 1(5): 1-23
- Herrnkind, W. F. 1977. Movement patterns in Palinurid Lobsters. pp. 209-244 En: Phillips, B. F. y J. S. Cobb (eds.). Workshop on lobster and rock lobster ecology and physiology. Division of Fisheries and Oceanography. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Melbourne.
- Hobday, D. K. y T. J. Ryan. 1997. Constrasting sizes at sexual maturity of sourthen rock lobsters (*Jasus edwardsii*) in the two Victorian fishing zones: implications for total egg production and management. *Mar. Freshwater Res.* 48: 1009-1014
- Holguín-Quiñones, O., E. P. Felix-Pico, y G. Villarreal-Chávez. 2002. Crustáceos de la franja litoral y fondos someros del Parque Marino Nacional Bahía de Loreto, B. C. S. pp 1-25. En: Hendrickx, M. E. (ed.). *Contributions to the study of east pacific crustaceans*. Vol. 1. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Holthuis, L. B. y A. Villalobos. 1961. *Panulirus gracilis* y *Panulirus inflatus* (Bouvier), dos especies de langostas (Crustácea-Decápoda) de la Costa del Pacífico de América. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México* 32 (1-2): 251-276
- Juinio, R. M. A. 1987. Some aspects of the reproduction of *Panulirus penicillatus* (Decapoda: Palinuridae). *Bull. Mar. Sci.* 41(2): 242-252
- Kanciruk, P. y W. F. Herrnkind. 1976. Autumnal reproduction in *Panulirus argus* at Bimini, Bahamas. *Bull. Mar. Sci.* 26 (4): 417-432

- Lipcius, R. N. 1985. Size-dependent reproduction and molting in spiny lobsters and other long-lived decapods. pp 129-148. En: A. Wenner (Ed.). Crustacean Issues. Vol. 3. Crustacean Growth: Factors in Adult Growth. Balkema Press. Rotterdam. The Netherlands.
- Losada-Tosteson V., J. M. Posada y F. Losada. 2001. Size and reproductive status of fished spotted spiny lobster, *Panulirus guttatus*, in Morrocoy National Park, Venezuela: a preliminary report. *Mar. Freshwater Res.* 52: 1599-1603
- Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán. y B. F. Phillips. 1991. Fishery Characteristics, Growth, and Movements of the Spiny Lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascension, Mexico. *Fishery Bull.* 89: 79-89.
- Lozano-Martínez, L., C. J. Guerrero-Durán y J. A. De La Torre-Negrete. 1991. Características morfológicas y merísticas de prelavas y larvas filosomas para la diferenciación de *P. inflatus* y *P. gracilis* y algunos aspectos ecológicos en la boca del estero Urias. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 54 p
- Matsuda, H., T. Takenouchi y T. Yamakawa. 2002. Effects of photoperiod and temperature on ovarian development and spawning of the japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. *Acuaculture* 205: 385-398
- Minagawa, M. 1997. Reproductive cycle and size-dependent spawning of female spiny lobster (*Panulirus japonicus*) off Oshima Island, Tokyo, Japan. *Mar. Freshwater Res.* 48: 869-874
- Mohan, R. 1997. Size structure and reproductive variation of the spiny lobster *Panulirus homarus* over a relatively small geographic range along the Dhofar coast in the Sultanate of Oman. *Mar. Freshwater Res.* 48: 1085-1091

- Mota, A. M. I. y T. G. Sousa. 1966. Estudio sobre as gónadas da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latr.). *Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará* (1): 1-96
- Muñetón-Gómez, M. S., M. T. Villalejo-Fuerte, y G. García-Melgar. 2000. Manual de técnicas histológicas aplicadas a organismos marinos. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 81 p
- Muñoz-García, I. R. y I. Salazar-Navarro. 1994. Reglamentación y manejo de la pesquería de las langostas del género *Panulirus* spp. pp 24-37. En: Ruiz-Luna, A. (ed.). Temas sobre la administración de recursos pesqueros en México. Universidad Autónoma de Sinaloa. Instituto Nacional de la Pesca.
- Ortega-Guzmán, L. 2004. Madurez gonádica de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) en las Costas de Nayarit. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 50 p
- Orton, J. H. 1920. Sea-Temperature, Breeding and Distribution in Marine Animals. *Naturalist in the Plymouth Laboratory*. 339-366 p
- Padilla-Ramos, S. 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
- Pérez-González, R., L. M. Flores-Campaña, A. Nuñez-Pastén y A. A. Ortega-Salas. 1992. Algunos aspectos de la reproducción en *Panulirus inflatus* (Bouvier 1985) y *Panulirus gracilis* Streets (Decapoda: Panuliridae) en el sureste del Golfo de California, México. *Inv. Mar. CICIMAR* 7(1): 25-33
- Pérez-Gonzalez, R., M. L. Valadez, I. Muñoz-García, M. I. Borrego y B. Mejía-Sarmiento. 2002. Métodos de pesca en la captura de langosta *Panulirus*

- (White 1847) y sus implicaciones en el manejo del recurso en las costas del Pacífico mexicano. *Mem. I Foro Científico de Pesca Ribereña*. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera. Guaymas Sonora, México. 17-18
- Phillips, F. B., S. J. Cobb y R. W. George. 1980. General Biology. En: *The Biology and management of lobster*. Academic Press Inc. U.S.A. (1): 2-72
- Pineda-Barrera, J., J. A. C. Díaz De León y F. Uribe-Osorio. 1981. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. Centro de Investigación Pesquera: 99-118
- Pollock, D. E. 1973. Growth of juvenile rock lobster *Jasus lalandii*. *S. Afr. Sea Fish. Branco. Invest. Rep.* 106: 1-16
- Quintero-Montoya, R. 1999. Estructura de la población y crecimiento de las langostas *Panulirus inflatus* "Bouvier" *P. gracilis* Streets en las costas de Sinaloa. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 56 p
- Salazar-Navarro, I. 2000. Estructura poblacional y eficiencia de las redes de enmalle utilizadas para la captura de langosta (*Panulirus inflatus* y *P. gracilis*) en las costas del sur de Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México. 71 p
- Sokal, R. y J. Rohlf. 1979. *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H BLUME Ediciones. Nueva York U.S.A. 832 p
- Tapia-Vázquez, O. L. y J. J. Castro-González. 2000. Fecundidad y anatomía

- microscópica del ovario de la langosta roja *Panulirus interruptus* de Punta Eugenia, BCS., México. *Ciencia Pesquera* 14: 63-66
- Vargas-Moreno, G. 1999. Estudio comparativo de fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) entre zonas Oceánicas y costeras de la plataforma centro occidental de Baja California Sur, durante 1992. Tesis Profesional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 42 p
- Vega-Velázquez, A. y D. B. Lluch-Cota. 1992. Análisis de las fluctuaciones en los volúmenes de langostas (*Panulirus* spp.), del litoral oeste de la península de Baja California, en relación con el desarrollo histórico de la pesquería y la variabilidad del marco ambiental. *Mem. Taller Inter. México-Australia sobre Reclutamiento de Recursos Marinos Bentónicos de la Península de Baja California*. Instituto Politécnico Nacional. ENCB-CICIMAR. Instituto Nacional de La Pesca. La Paz, Baja California Sur, México: 25-29
- Vega-Velázquez, A. 1994. Análisis del comportamiento y tendencias de la producción de la langosta (*Panulirus* spp.) en la península de Baja California. *Informe Técnico Anual 1994*. Instituto Nacional de Pesca, México.
- Vega-Velázquez, A., G. Espinoza-Castro, y C. Gómez-Rojo. 1996. Pesquería de la langosta (*Panulirus* spp.). pp 227-261. En: Casas-Valdéz y G. Ponce-Díaz (eds.). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Gobierno del Estado de Baja California Sur, Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Centro Interdisciplinario de

Ciencias Marinas, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras y Centro de Estudios Tecnológicos del Mar.

Vega-Velázquez, A. 2003. Reproductive strategies of the spiny lobster *Panulirus interruptus* related to the marine environmental variability off central Baja California, Mexico: management implications. *Fish. Res.* 65: 123-135

Warner, R. E., C. L. Combs y D. R. Gregory. 1977. Biological studies of the spiny lobster, *Panulirus argus* (Decapoda, Palinuroidea) in south Florida. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.* 29: 166-183

Weinborn, J. 1977. Estudio preliminar de la biología, ecología y semicultivos de los palinúridos de Zihuatanejo, Guerrero, México *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier). *An. Cent. Cienc. del Mar. y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 4(1): 27-28

Wiedfeldt-Gómez, T. 1997. Características hidrológicas (Temperatura, salinidad y turbidez) de la Bahía de Mazatlán de Mayo a Septiembre de 1977 y estructura poblacional de *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) y *P. gracilis* (Streets, 1871) durante Marzo a Octubre de 1977. Tesis Profesional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 52 p.