

00361

20
Rej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**REPRODUCCION DE LA LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus*
(LATREILLE, 1804) EN LA COSTA NORESTE DE
QUINTANA ROO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
**MAESTRIA EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)**

P R E S E N T A :
AURORA ELBA RAMIREZ ESTEVEZ



DIRECTOR DE TESIS: DRA. PATRICIA DOLORES BRIONES FOURZAN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
División de Estudios
de Posgrado

Of. núm. P-1301

DRA. PATRICIA DOLORES BRIONES FOURZAN
P r e s e n t e .

Por este conducto, me permito comunicarle que ha sido ratificada como Directora de Tesis de la BIOL. AURORA ELBA RAMIREZ ESTEVEZ, quien desarrollará el trabajo de Tesis titulado "REPRODUCCION DE LA LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus* (Latreille, 1804) EN LA COSTA NORESTE DE QUINTANA ROO".

Asi mismo le comunico, que la Dirección de la Facultad ha designado a los siguientes miembros como jurado para dictaminar si el trabajo que ha desarrollado como tesis la alumna arriba mencionada tiene los méritos para obtener el grado de la MAESTRIA EN CIENCIAS (BIOLOGIA).

PRESIDENTE	: DR. ENRIQUE LOZANO ALVAREZ
PRIMER VOCAL	: DRA. PATRICIA DOLORES BRIONES FOURZAN
SEGUNDO VOCAL	: DR. ALFONSO GRACIA GASCA
TERCER VOCAL	: DR. JAIME MANUEL GONZALEZ CANO
SECRETARIO	: M. EN C. ROBERTO BRITO PEREZ
SUPLENTE	: DR. CARLOS ROSAS VAZQUEZ
SUPLENTE	: DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA

En espera de su respuesta, quedo de ustedes.

A T E N T A M E N T E
cd. Universitaria, 02 de Mayo de 1996
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
JEFE DE LA DIVISION


DRA. MARGARITA COLLAZO ORTEGA

MCO/AGL/mm

RESUMEN

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer la biología reproductiva de la especie *P. argus* en la parte noreste de Quintana Roo, y cómo influye el comportamiento reproductivo en su dinámica poblacional. Para ello, se llevaron a cabo muestreos durante un ciclo anual (septiembre de 1993 - agosto de 1994) incluyendo el período de veda (marzo-junio) en las áreas de pesca de Isla Mujeres e Isla Contoy en la plataforma costera de Quintana Roo, las cuales constituyen los caladeros de pesca más importantes de esta especie. Previo al estudio (mayo de 1993), se realizó un muestreo piloto para determinar el tamaño de muestra necesario para evaluar la proporción de sexos. Las metas a lograr en la investigación fueron 1) Determinar la proporción de sexos y la distribución por tallas de la población de langostas 2) Determinar la proporción y la distribución mensual por tallas de las hembras en estado reproductivo 3) Determinar la primera talla de madurez sexual de la especie y 4) Conocer la fecundidad (número de huevos) de las hembras, y su relación con su longitud y peso. Asimismo, se determinó el porcentaje mensual y la distribución de tallas de los organismos recién mudados para cada sexo, con el objeto de analizar si había alguna relación entre las épocas de muda y las de reproducción. Se muestrearon en total, 3, 642 ejemplares, de los cuales 2, 020 (55.47%) fueron hembras y 1, 622 (45.53%) machos. De las primeras 358 (17.72%) se encontraron ovígeras. Las tallas de los organismos abarcaron el intervalo de 85 - 276 mm de longitud abdominal (LA) ($\approx 49.0 - 181.2$ mm longitud cefalotórax (LC)) para los machos; de 90 - 268 mm (LA) ($\approx 48.7 - 149.8$ mm LC) para las hembras no ovígeras, y de 133 - 276 mm LA ($\approx 74.8 - 163.0$ mm LC) para las hembras ovígeras. La talla modal para los machos y hembras fue de 160 y 150 mm (LA) y para las hembras ovígeras de 170 mm (LA). La proporción global de sexos (1.00 hembra: 0.80 macho) fué significativamente diferente de la unidad. Asimismo, se observaron variaciones significativas de la relación 1:1 a lo largo del año, planteándose como posibles causas de estas variaciones los movimientos de los organismos, debidos tanto al reclutamiento de juveniles a la población adulta como de reproductores al área. Se encontró que *P. argus* tuvo reproducción a lo largo del año con un período de mayor intensidad (marzo - septiembre) en el que se aprecian un pico mayor durante la primavera y uno menor en el verano-otoño. Se concluyó, con base en la información de los caracteres sexuales primarios (gónadas) y secundarios (características externas) de las hembras, que éstas presentan más de un desove durante la temporada de máxima reproducción, existiendo una mayor contribución relativa de huevos a la población en el primer pico reproductivo, debido a que durante éste, la participación de hembras de talla grande es mayor que en el segundo. La talla de primera madurez sexual obtenida bajo diferentes criterios, señala que la composición por tallas de las hembras influye en la talla de madurez obtenida al 50% (176 mm LA ≈ 101 mm LC), la cual esta por arriba de la talla mínima legal vigente (145 mm LA). Se considera por lo tanto, que un mejor estimador de la talla de primera madurez sexual, lo constituye la talla promedio mensual de las hembras ovígeras más pequeñas, obteniéndose bajo este criterio el siguiente intervalo: $142.2 < 151 < 159.8$ mm LA ($\approx 80.8 < 85.7 < 90.6$ mm LC). La fecundidad obtenida a partir de 35 hembras ovígeras, estuvo en el intervalo de 280,400 y 1,308,200 huevecillos con un promedio de 592, 257 huevecillos, para hembras de 75 a 145 mm (LC). Algunas hembras de gran talla tuvieron un número de huevos menor con respecto a hembras de menor talla. Dichas diferencias podrían estar relacionadas con el número de desoves que ha tenido la hembra. Finalmente se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de muda con respecto al sexo, durante los meses de enero y agosto, asociados tal vez el primero al reclutamiento de juveniles y el segundo, al final del proceso reproductivo en la mayoría de las hembras, por lo que éstas entran al proceso de muda.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the reproductive biology of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in the northeastern part of Quintana Roo, and to determine its influence on the population dynamics. Samplings were carried out throughout an annual cycle (September 1993 - August 1994), including the closed season (March - June), in the fishing grounds of Isla Mujeres and Isla Contoy, on the coastal shelf of Quintana Roo, which constitute the main fishing area for this species. Prior to the study (May 1993), a pre-sampling was conducted to determine the sample size necessary to assess the sex ratio. The aims of the study were: (1) To determine the sex ratio and the size distribution of the lobster population, (2) To determine the proportion and the monthly size distribution of reproductive females, (3) To determine the size at first maturity of the females, and (4) To investigate the fecundity (brood size) of the females, and its relationship with their length and weight. The monthly percentage and size distribution of the recently molted individuals of each sex were also determined, to analyze whether there was any relationship between the molting and reproductive seasons. A total of 3,642 lobsters were sampled, of which 2,020 (55.47%) were females, and 1,622 (45.53%) were males. Of the former, 358 (17.72%) were ovigerous. The size range was 85 - 276 mm abdominal length (AL) (\approx 49.0 - 181.2 mm carapace length, CL) for males, 90-268 mm AL (\approx 48.7 - 149.8 mm CL) for non-ovigerous females, and 133 - 276 mm AL (\approx 74.8 - 163.0 mm CL) for ovigerous females. The modal size for males and females was 160 and 150 mm AL, respectively, and for ovigerous females 170 mm AL. The global sex ratio was 1.00:0.80 (female-male), significantly different from the unity. Significant variations from a 1:1 sex ratio were also observed throughout the year. Possible causes for these variations include movements of the lobsters owing both to recruitment of juveniles to the adult population, and of reproductive lobsters to the fishing area. *Panulirus argus* reproduced throughout the year, predominantly during the period March - September, with a major peak in the spring and a minor one during summer-autumn. Based on the analysis of their primary (gonads) and secondary (external) sexual characters, it was concluded that females spawn more than once during the reproductive period. Because larger females spawn more during the major reproductive peak, there is a larger relative contribution of eggs in this than in the lesser peak. The size at first maturity, estimated by several different criteria, indicated that the size composition of the females influences the size at 50% maturity (176 mm AL, \approx 101 mm CL), which is much larger than the current minimum legal size (145 mm AL). Therefore, it was considered that a better estimator of the size at first maturity was the mean monthly size of the smallest ovigerous females. With this criterion, the following size interval was obtained: 142.2 < 151 < 159.8 mm AL (\approx 80.8 < 85.7 < 90.6 mm CL). Based on data from 35 ovigerous females in a size range of 75 - 145 mm CL, brood size was estimated from 280,400 to 1,308,200 eggs. Some very large females had less eggs than some smaller females. These differences could be related to the number of spawns each female has had. Significant differences were found in the molt frequency, relative to sex, during January and August. In January, this could be related to the juvenile recruitment and, in August, to the end of reproductive process in most of the females, which would then start molting.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, deseo agradecer a las autoridades del INP y la Facultad de Ciencias de la UNAM el haber hecho posible este convenio de superación académica. A los profesores del curso de maestría e investigadores que fungieron como jurado: Dra. Lourdes Segura, Dr. Erick Jordán, Dr. Carlos Seijo, Dr. Jaime González, Dr. Carlos Rosas, Dra. Margarita Collazo, Dra. Brigitta Ine Van Tussenbroek, Dra. Patricia Briones, Dr. Enrique Lozano y M. en C. Mario Lara, cuya labor e intervención fue de gran importancia para el desarrollo de los trabajos. A la Dra. Briones Fourzán por su confianza y dirección del trabajo de tesis, al Dr. González Cano por sus opiniones, asesoría y apoyo constantes, a los Dres. Enrique Lozano Alvarez, Adolfo Gracia Gazca, Carlos Rosas Vázquez, Xavier Chiappa Carrara y al M. en C. Roberto Brito Pérez por su valiosa revisión y críticas al manuscrito. A los pescadores y directivos de las cooperativas "Por la Justicia Social" e "Isla Blanca", quienes brindaron su apoyo incondicional en la realización del trabajo de campo. Así como a la Tec. Lilia Torres Castañeda por su participación en los muestreos durante el período de veda. De manera muy especial también al Biól. Guillermo Ortuño Manzanares por su invaluable apoyo, en los trámites administrativos de titulación. Al Biól. César Sánchez Ibarra por su apoyo amistoso y asesoría en programas de cómputo. Finalmente, mi agradecimiento infinito a mi madre, Concepción Estévez Loyola y a mis hijos Jonathan y Dorian Del Monte Ramírez, quienes con su amor y paciencia me permitieron culminar el trabajo.

Dedico este trabajo a todo aquél que lo tenga en sus manos, en espera de que además de serle útil, signifique un estímulo para iniciar o mantener su interés por el estudio de las diferentes especies que integran el mundo natural.

Dedico también el trabajo, de manera muy especial y como homenaje póstumo a Javier Galue, trabajador incanzable del centro de recepción de la cooperativa "Por la Justicia Social", así como a todos aquéllos pescadores que han perdido la vida, y a quienes aún la ponen en riesgo durante la faena de captura de este importante recurso.

CONTENIDO

Introducción	1
Antecedentes	4
Objetivos	10
Area de Estudio	11
Material y Métodos	14
Resultados y Discusión	22
- Relaciones morfométricas	23
- Estructura por tallas de las muestras mensuales	24
- Proporción de sexos	35
- Caracteres sexuales primarios	39
a) Estados gonádicos	39
- Caracteres sexuales secundarios	41
a) Presencia del espermatóforo	41
y desarrollo de las setas pleopódicas.	
b) Presencia de masa ovígera en las hembras	42
- Talla de primera madurez sexual	52
- Fecundidad	58
- Porcentaje de langostas recién mudadas	67
Conclusiones	70
Recomendaciones	72
Literatura Citada	73

INTRODUCCION

Las langostas son crustáceos decápodos bentónicos agrupadas en cuatro familias: Nephropidae, Palinuridae, Scyllaridae y Synaxidae. De éstas, solamente las tres primeras tienen importancia comercial (Briones, 1991).

La familia Palinuridae, dentro de la cual se incluyen todas las langostas espinosas o de roca que habitan aguas tropicales y subtropicales en todo el mundo, tiene tres géneros de importancia comercial : *Palinurus*, *Jasus* y *Panulirus*. Las especies del primer género, habitan en aguas más profundas y frías, las del segundo son exclusivas del hemisferio sur y las del último se distribuyen en latitudes más cálidas. Los países que se dedican a la captura de las especies del género *Panulirus* al cual pertenece la especie en estudio, son Australia, Cuba, Estados Unidos, Brasil, Bahamas, Venezuela y México entre otros.

Panulirus argus, conocida comúnmente como langosta espinosa, común o del Caribe, se distribuye geográficamente desde Bermudas y Carolina del Norte en Estados Unidos de Norteamérica, hasta el norte de Brasil y en las Antillas mayores y menores (Williams, 1965; George y Main, 1967). Cabe señalar, que aunque existen aseveraciones acerca de que es extremadamente raro encontrar esta especie en la porción interior del Golfo de México (Cruz *et al.*, 1987), Briones y Lozano (1994) señalan su existencia en las formaciones coralinas ubicadas frente de los estados de Campeche, Tamaulipas y Veracruz dentro del Golfo de México.

En todas las áreas de distribución, el género *Panulirus* en general y la especie *P. argus* en particular constituyen un recurso de gran importancia económica, por lo que es una especie que se encuentra sujeta a una presión de pesca elevada.

En México, la pesquería de esta especie constituye, junto con la pesquería de la especie *P. interruptus* en el Pacífico (85%) y otras de menor importancia (15%), la segunda pesquería de crustáceos más importante del país arrojando una captura anual promedio de 2000 t (peso vivo), considerando el período 1981 - 1988 (Briones y Lozano, 1994).

La pesquería de esta especie en el país, tienen lugar en la Península de Yucatán al norte y noreste del estado de Yucatán y muy particularmente a lo largo de la plataforma costera del estado de Quintana Roo, en donde la pesquería presenta diferentes características, debido tanto al comportamiento de la especie como a los factores fisiográficos de la zona.

Un ejemplo notable acerca del comportamiento que tiene este crustáceo en la zona norte del Caribe mexicano, es el fenómeno migratorio en fila india en dirección norte a sur durante la estación invernal, conocido como "corrida" (Sosa, 1991). Dicha migración además de constituir un fenómeno biológico interesante, es posible que represente una fuente importante del recurso en esta zona de Quintana Roo, al igual que las áreas de crianza ubicadas a lo largo de la costa (González *et al.*, 1987).

Estos mismos autores, indican que es en esta zona en donde se concentra el mayor número de pescadores y embarcaciones, así como una mayor infraestructura a diferencia de las zonas centro y sur, por lo que se considera el área más importante de captura de la especie en el estado.

Su captura se realiza con diversos métodos y artes de pesca como son buceo libre y autónomo con gancho y/o arpón, redes de enmalle, trampas o nasas langosteras de varios tipos y refugios artificiales o "casitas cubanas", dependiendo de las características de las zonas de pesca y la disponibilidad del recurso, lo cual hace de esta pesquería una actividad sumamente versátil y dinámica que, aunado a los factores socio-económicos involucrados, hacen cada vez más complicada su administración pesquera (Lesser, 1991).

En la actualidad, aproximadamente el 70% de los pescadores en Quintana Roo, se dedica fundamentalmente a la extracción de langosta (Lesser, 1991), por lo que este recurso representa el sustento de un número considerable de familias en todo el estado, debido a su importancia económica como producto de exportación de precio elevado hacia el mercado norteamericano (Sosa, 1991). Lo anterior se debe en parte a los altos valores de precio que alcanza la langosta por unidad de peso, así como al reducido número de individuos que se puede capturar (González, 1992). La generación de empleos que esta pesquería produce desde su captura hasta su comercialización ha favorecido en gran medida al sector pesquero.

La regulación actual del recurso en Quintana Roo y en otras áreas aledañas, se basa principalmente en el establecimiento de una talla mínima legal de captura equivalente a 145 mm de longitud abdominal (LA), la prohibición de capturar hembras ovígeras y la implementación de una época de veda del 1^o de marzo al 30 de junio. Esta última, ha tenido vigencia a partir de 1989. Durante los años anteriores, la duración de la veda, había sido modificada en diversas ocasiones (Lozano, 1992).

En la porción central del estado, en las bahías de la Ascensión y Espíritu Santo, la pesca se ejerce principalmente sobre organismos preadultos por lo que, la talla mínima aquí permitida es de 135 mm de LA.

Desafortunadamente, la elevada demanda comercial, local e internacional de la langosta durante todo el año ha ocasionado una aplicación del esfuerzo pesquero indiscriminada en las áreas de captura del recurso, estimulando la pesca clandestina en época de veda, siendo común que el pescador "castre" o elimine la masa ovígera del abdomen de la hembra (Briones, 1991), lo cual no tiene repercusiones en su comercialización. Para el pescador es preferible esto, a no capturarlas a pesar de la violación de tal medida (González *et al.*, 1987).

Cabe enfatizar que uno de los principales objetivos en la implementación de una veda, es el de permitir que un mayor número de juveniles crezcan y se recluten a la pesquería, para así obtener un mayor rendimiento durante la temporada de pesca, y no sólo el de proteger a una especie explotada durante su época de máxima actividad reproductora (Briones, 1991). Asimismo (dependiendo de su duración y del respeto que los usuarios del recurso otorgen a la medida), permite a una población explotada, reponerse de la presión por pesca excesiva. En ocasiones, dicha medida puede aplicarse también sobre áreas de importancia biológica clave, en el sostenimiento de la especie como recurso. Dichas áreas pueden ser de crecimiento o de reproducción.

En términos generales, la aplicación de las medidas de manejo de una pesquería dependen del estado de explotación de un recurso y del conocimiento biológico-pesquero que se tenga de la especie. Países como Australia y Cuba, principales productores de langosta en el mundo, han orientado sus estudios desde la sistemática del grupo hasta investigaciones sobre el comportamiento de las fases larvales y juveniles, patrones migratorios, dinámica de poblaciones, estudios ecológicos y de reproducción entre otros.

Como consideración global, Chubb (1994) señala que el manejo adecuado de un recurso sujeto a explotación debe permitir una extracción de la porción capturable que redunde en beneficios económicos y sociales, y que mantenga la capacidad reproductiva de la especie a niveles que permitan un reclutamiento adecuado a la pesquería cada año.

Aunque en general la especie *P. argus* ha sido ampliamente estudiada por los diferentes países que se dedican a su explotación, en cada uno de ellos faltan muchos aspectos por estudiar o bien es necesario profundizar más en ellos.

En lo que concierne a México y en particular al Caribe mexicano, algunos investigadores han plasmado la necesidad de llevar a cabo en forma prioritaria investigaciones de índole biológico reproductivo. Por ejemplo Sosa (1991) señala la necesidad de definir la identidad del "stock" de la langosta *Panulirus argus* en Quintana Roo ya que se desconoce la unidad reproductiva, el origen de los reclutas y el destino de la prole de los reproductores locales. Por su parte, Camarena (1991) menciona que para hacer una estimación cuantitativa del reclutamiento de cualquier especie (definido como el proceso por el cual la fracción juvenil de una población se incorpora por primera vez a la fracción de la población adulta explotable), se requiere que su fecundidad total sea conocida de manera precisa a lo largo de un ciclo anual. González *et al.* (1987) puntualizan la necesidad de conocer de manera más precisa la información referente a los aspectos reproductivos de la especie en la zona norte, considerando los meses comprendidos dentro del período de veda e incorporando esta información a las investigaciones de dinámica poblacional existentes en el área, ya que a la fecha se cuenta con muy poca información sobre estos aspectos durante el período señalado. Por último, Briones *et al.* (1988) sugieren se desarrolle un programa amplio de investigación orientado específicamente al estudio de la dinámica reproductiva de *P. argus*.

Con base en lo anterior, el presente estudio pretende sentar las bases biológicas que aporten elementos biológico-reproductivos de la especie en la zona norte de Quintana Roo, que permitan tener una visión clara acerca de cómo influye el comportamiento reproductivo en su dinámica poblacional y de esta manera puedan ser revisadas y/o modificadas las medidas de regulación vigentes, por los administradores del recurso.

ANTECEDENTES

A diferencia de las pesquerías desarrolladas de las zonas templadas y frías, en las zonas tropicales se espera encontrar especies con una tasa metabólica generalmente más elevada, lo que implica un crecimiento más rápido, una madurez sexual precoz, una duración de vida más corta y, en general, una velocidad de renovación de la población más rápida (Camarena, 1991).

Como ya se mencionó, la familia Palinuridae tiene una distribución tropical y subtropical y un ciclo de vida muy complejo, que incluye una fase larvaria planctónica de varios meses de duración. En las especies subtropicales, por lo general se presenta un sólo período de desove. En las especies tropicales, por el contrario, la frecuencia de muda es mayor y pueden presentar varios desoves, o incluso reproducción continua a lo largo del año. La talla de primera madurez también suele ser menor en especies tropicales aunque, en general, las langostas son organismos con una gran variabilidad en su crecimiento y en sus tallas de primera madurez (Briones, 1991).

Los palinúridos, al igual que la mayoría de los decápodos, son especies gonocóricas o dióicas, con dimorfismo sexual marcado entre machos y hembras. Cada sexo presenta características sexuales primarias o gonádicas y características sexuales externas o secundarias definidas.

La glándula androgénica controla los caracteres sexuales primarios y secundarios en los machos (Ginsburger-Vogel y Charniaux-Cotton, 1982). En ausencia de una glándula androgénica tiene lugar la morfogénesis hacia hembra. La presencia o ausencia de dicha glándula, se encuentra regulada genéticamente por un par de alelos (Gilchrist y Haldane, 1947).

Morfológicamente, los machos, que en general alcanzan tallas más grandes que las hembras (Briones *et al.*, 1981) presentan los orificios genitales en la base de la coxa del quinto par de patas y las hembras en la base del tercer par. Asimismo, los machos presentan pleópodos (estructuras en forma de hoja), a partir del segundo segmento abdominal, de tipo unirrámeo (exópodo solamente), a diferencia de las hembras, en las cuales estas estructuras son birrámeas. En estas últimas se desarrolla una hilera de setas sobre el endópodo cuando la hembra alcanza su madurez sexual; las setas sirven para fijar y mantener los huevos

debajo del abdomen. Estas setas o "pelillos" no se presentan en hembras juveniles, ni en las adultas que aún no han madurado sexualmente (Cruz *et al.*, 1987).

Por otro lado, el segundo y tercer par de patas en los machos es más largo y robusto y les sirve para sujetar a la hembra durante el apareamiento. Otra diferencia entre el macho y la hembra reside en que las patas caminadoras de los machos terminan en una uña. En cambio, el dactilo del último par de patas caminadoras de las hembras es subquelado, y se usa para rasgar el espermatóforo (paquete tubular que contiene a los espermatozoides, el cual es adherido por el macho a la hembra en la parte media del esternón durante el apareamiento), provocando con ello la liberación de los espermatozoides y la fertilización de los huevos que son expulsados por ésta. El dactilo subquelado también es utilizado por la hembra para limpiar los huevos y liberar éstos cuando están a punto de eclosionar las larvas. El macho es de aspecto más robusto, de cefalotórax más ancho y de abdomen más estrecho y corto que el de las hembras de igual talla. Esto se debe a diferencias en el crecimiento entre el macho y la hembra a partir de la primera talla de madurez (Marfin, 1978).

Durante la época reproductiva, las hembras se dirigen hacia aguas someras para llevar a cabo la reproducción (González, 1992; Briones y Lozano, 1992), las hembras presentan sus ovarios completamente maduros y en condiciones de liberar los óvulos. Los huevos fecundados son de forma casi esférica y de color naranja brillante, y quedan adheridos a los pleópodos del abdomen (Phillips *et al.*, 1980; Cruz *et al.*, 1987). Los huevos cambian de color desde que fueron expulsados hasta momentos antes de la eclosión de las larvas, para lo cual las hembras emigran hacia zonas relativamente profundas, cercanas a las corrientes marinas fuertes para liberar las larvas (Kanciruck, 1980; Briones, 1988; González, 1992; Briones y Lozano, 1992), las cuales de esta manera tienen una mayor dispersión en el océano. De cada huevecillo nace, al cabo de 2 a 4 semanas (Cruz *et al.*, 1987; Briones, 1988) una larva diminuta de forma aplanada y transparente adaptada a su vida planctónico-oceánica, llamada "filosoma" (cuerpo en forma de hoja).

Se han identificado 11 estadios de desarrollo larval (que no necesariamente corresponden a un número igual de mudas ya que presentan subestadios o "instars"). Estos estadios tienen una distribución horizontal y vertical en la columna de agua diferente entre ellos. El ciclo larval se ha estimado de una duración de 6 a 8 meses (Baisre, 1976; Cruz *et al.*, 1987) o incluso 11 meses (Sims e Ingle, 1966; Lyons, 1980), al término del cual se produce la metamorfosis hacia la postlarva, denominada puerulo.

Los puerulos, que son pequeñas langostitas de aproximadamente 2 cm de largo sin incluir el largo de sus antenas, nadan activamente hacia la costa buscando zonas adecuadas de crianza para establecerse, iniciar su vida bentónica y crecer. Las raíces sumergidas de los mangles y los parches de alga roja del género *Laurencia spp* (Marx y Herrnkind, 1985), así como objetos flotantes o fijos, pueden albergar y refugiar a estas langostas en desarrollo.

Una vez que los puerulos se fijan, comienzan a sufrir cambios morfológicos que culminan el primer estadio post-puerulo que se considera desde la metamorfosis del puerulo, hasta que alcanza un largo total entre 2.5 y 3 cm. Cuando alcanzan esta talla los sexos ya se han diferenciado, y se han perdido los caracteres larvales (Cruz *et al.*, 1987). A partir de este momento son considerados como juveniles, los cuales requerirán emigrar hacia zonas más profundas una vez que alcancen una talla cercana a la talla de primera madurez sexual y puedan incorporarse a la población adulta o "stock" reproductor. La descripción gráfica del ciclo biológico de *P. argus* se presenta en la **figura 1**.

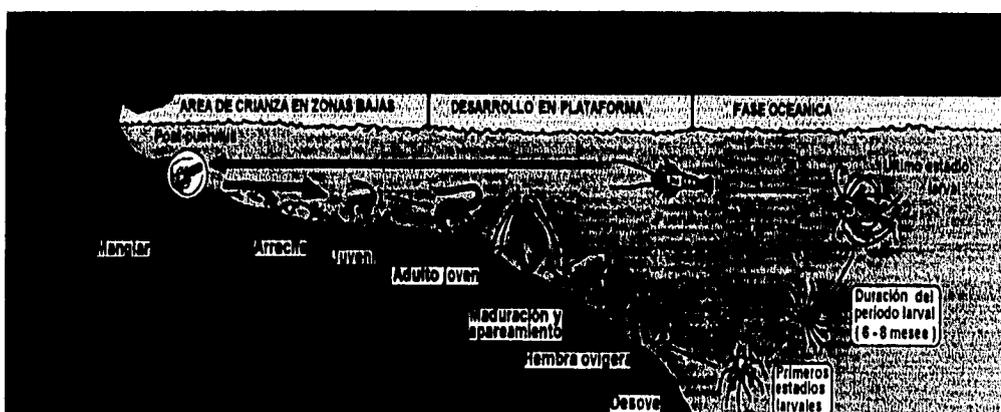


Figura 1. Ciclo de vida de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Tomado de Cruz *et al.*, 1987). Los dibujos no están hechos a escala.

Todos los cambios morfológicos y de crecimiento, se irán produciendo mediante ecdisis o mudas las que a su vez permitirán a los organismos un incremento progresivo de su talla. La muda como un mecanismo adaptativo de crecimiento de los crustáceos es un proceso fisiológico complejo que les permite crecer mediante el cambio de la capa dura o exoesqueleto, que debido a su rigidez impide que el animal aumente su volumen.

La frecuencia de muda depende de la talla de los organismos, así como de otros factores exógenos y endógenos involucrados. Dentro de éstos últimos, la reproducción es un proceso que interactúa con el crecimiento ya que son procesos antagónicos en términos de la utilización de fuentes de energía. Estas fuentes energéticas, pueden ser a su vez factores limitantes de acuerdo a las cantidades disponibles o bien a la tasa metabólica a la cual son degradadas y aprovechadas para construir tejido de crecimiento o células reproductivas (Hartnoll, 1985), por lo que todo estudio reproductivo en crustáceos debe de considerar este aspecto biológico en su análisis.

Larrañeta (1979) hace hincapié en la importancia que tiene definir los estudios referentes a la estructura de una población (densidad, estructura por tallas, edades, etc) de aquéllos relativos a la dinámica poblacional de una especie (fecundidad, crecimiento, mortalidad, talla de madurez y patrones migratorios, entre otros). Estos últimos, se consideran necesarios de llevarse a cabo en el estudio de una especie explotada comercialmente, ya que involucran aspectos que inciden en la biomasa y los cambios que sufre ésta a través del tiempo.

La talla mínima legal de captura, es un aspecto que ha sido abordado bajo puntos de vista tanto biológicos como socio-económicos, sin considerarse aún bajo ambos criterios. En algunos países donde es explotada la langosta, la talla de primera madurez sexual es empleada incluso como talla mínima legal de captura (Fuentes, 1986). No obstante, Chubb (1994) señala que frecuentemente, la talla mínima legal de captura se establece con base en la demanda de mercado, pasando los aspectos biológicos a segundo término.

Es necesario señalar también, que la talla legal de captura en las pesquerías de langosta, ha sido establecida con base en la estimación de la talla de primera madurez reproductiva de las hembras.

La razón por la cual la talla de primera madurez se ha obtenido para las hembras, obedece a que aún no han sido determinados los caracteres externos que indiquen el alcance de dicha etapa en los machos de la mayoría de las especies de langostas, dentro de las que se incluye *P. argus*. También es muy difícil de evaluar la madurez de sus gónadas macroscópicamente (MacFarlane y Moore, 1986) debido a que se encuentran generalmente aptos para el proceso reproductivo en cualquier momento del año (Phillips *et al.*, 1980). Lo anterior, hace que dichos parámetros sean también difíciles de cuantificar en términos de inversión de energía en la producción de gametos durante su ciclo de vida. Se considera por ello, que únicamente la presencia de espermatozoides maduros en los vasos deferentes sería un buen indicador de su madurez fisiológica, más no necesariamente de su madurez funcional; entendida la primera, como aquella cuando el macho es capaz de producir espermatozoides maduros, y la segunda, como aquella cuando dando un tiempo razonable al macho, éste es capaz de aparearse e inseminar a una hembra (Phillips *et al.*, 1980).

No obstante, algunos investigadores consideran que el alargamiento del segundo y tercer par de patas caminadoras o pereiópodos en langostas espinosas, es un indicador confiable de madurez, por lo que George y Morgan (1979), desarrollaron un método matemático para determinar la talla de primera madurez en *P. versicolor*, con base en los cambios del tamaño de las patas a partir de la primera actividad gonádica. El método consiste en correlacionar la longitud cefalotorácica (LC) con el largo de los pereiópodos, los cuales guardan una relación de tipo lineal, que cambia diferencialmente en machos y hembras a partir de la primera madurez sexual.

En el caso de las hembras, además de la presencia de huevos, otras características externas han sido consideradas como adecuadas para determinar el alcance de la madurez sexual. Algunos investigadores asumen como indicio de madurez sexual en las langostas espinosas, la presencia de masa espermática. Aunque esta suposición se basa en el hecho de que las hembras con ovarios en estado I (ovarios inmaduros), raramente se encuentran portando masa espermatofórica, Aiken y Waddy (1980) no aceptan tal aseveración. A su vez, Templeman (1935) y Farmer (1974) consideran que el incremento en el ancho del abdomen es un indicador del alcance de la madurez sexual en *Homarus* y *Nephrops*, lo cual no ha sido probado en palinúridos.

Por su parte, Gregory y Labisky (1981) señalan el desarrollo de las setas del endopodito del pleópodo de *P. argus* como signo de madurez reproductiva únicamente en las hembras, ya que como se señaló antes los machos carecen de esta estructura por poseer pleópodos unirrámeos. En cambio, Soares y Cavalcantes (1985) aceptan el peso de las gonadas como un indicativo más preciso de madurez sexual para esta misma especie.

Por otro lado, Hunt y Lyons (1986) determinaron para la población de *P. argus* en la zona sur de Florida, que entre las clases de 71 a 75 y 76 a 80 mm de LC, se produce un cambio en la tasa de crecimiento, indicando que la tasa media de inicio de la madurez sexual se encuentra alrededor de los 75 mm de LC.

De lo anterior, se desprende que la talla media a la cual *P. argus* alcanza su primera madurez, varía en función de diversos factores ambientales, como la temperatura del agua (Sutcliffe, 1952), la disponibilidad del alimento y la densidad de la población (Chittleborough, 1974), entre otros, lo que hace que diversos investigadores registren diferentes tallas de primera madurez que van desde 54 a 99 mm de LC (Dawson, 1949; Creaser, 1950; Sutcliffe, 1952; FAO, 1968; Buesa *et al.*, 1968; Cobo de Barany *et al.*, 1972; Peacock, 1974 y Aguilar y González, 1987)

Con respecto a la proporción de sexos, Emlen (1973), menciona que en la mayoría de las poblaciones de organismos gonocóricos, hay aproximadamente el mismo número de hembras que de machos, independientemente de su estrategia de apareamiento. A su vez, Wenner (1972) incluye la teoría lanzada por Fisher en los años treinta, acerca de que la

naturaleza favorece un gasto de energía parental 1:1 en la producción de descendientes. Fuentes (1986) por su parte, señala que en algunos crustáceos es común encontrar variaciones significativas dependiendo de la localidad, época del año o etapa del ciclo de vida. Por tanto, analizar las variaciones de este parámetro en el tiempo y su incidencia en la dinámica reproductiva resulta ser de sumo interés.

Otro aspecto relevante, lo constituye la fecundidad individual, definida ésta comúnmente como el número de huevos que produce una hembra por desove o en el caso de langostas como el número de huevos cargados externamente por la hembra (Phillips *et al.*, 1980; Chubb, 1994) en un determinado período de reproducción.

La estimación de este parámetro cobra gran importancia en los estudios de dinámica poblacional, particularmente en aquellas especies que soportan alta mortalidad por pesca comercial, ya que existe una estrecha relación entre la fecundidad y la capacidad de renovación de la población explotada (Ramírez *et al.*, 1992). Nikolskii (1969) la considera como un mecanismo de autorregulación de la población cuya estimación, junto con el conocimiento de la estructura poblacional, permite evaluar el estado de la población en el tiempo (Bagenal y Braun, 1968).

En general, la fecundidad puede variar grandemente entre las especies, e incluso dentro de la misma especie debido a múltiples factores (Phillips *et al.*, 1980), entre los que se encuentran la presión por pesca y/o la alta depredación natural (Turpen *et al.*, 1994).

En México, se han llevado a cabo estudios sobre la fecundidad de algunas especies del género *Panulirus*, Gracia (1979) registró fecundidades para *P. inflatus* entre 400 000 y 900 000 huevecillos de acuerdo con la talla de la hembra. Sobre *P. interruptus*, Pineda *et al.* (1981) obtuvieron fecundidades entre 91 000 y casi 2 millones de huevecillos.

Para *P. argus*, los trabajos sobre fecundidad son escasos y algunos se basan en pocos datos (Ramírez *et al.*, 1992) o son trabajos realizados en otras áreas del Caribe (Nascimento, 1976; Cruz, 1980; Cruz y de León, 1991), por lo que como se señalaba antes, la fecundidad registrada es variable y en su magnitud influyen factores como la talla de las hembras y el número de desoves, en la temporada, los cuales a su vez guardan relación con la edad de los organismos, y con diversos factores ambientales (Creaser, 1950; Farrugio, 1976; Lipcius, 1985 y Fuentes, 1986), aunada a la posibilidad de una pérdida de huevos entre la expulsión y la eclosión relacionada con el tiempo de incubación de la masa ovígera por la especie (Perkins, 1971; Morgan, 1972 y Farmer, 1975).

Por las razones ya expuestas, en el presente trabajo, la estimación de la madurez sexual estará referida únicamente a las hembras.

OBJETIVOS

- **Determinar la proporción de sexos y la distribución por tallas de la población de langostas de la zona noreste de Quintana Roo, a lo largo de un ciclo anual.**
- **Determinar la proporción y la distribución mensual por tallas de las hembras en estado reproductivo a lo largo de un ciclo anual.**
- **Determinar la primera talla de madurez sexual de la especie.**
- **Conocer la fecundidad de la especie, entendida ésta como el número de huevos que carga una hembra, y la relación que guarda con respecto a las características morfométricas (longitud y peso) de las hembras.**

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende las zonas de captura de langosta al noreste del estado de Quintana Roo. Para ello se eligieron los caladeros de pesca comercial en Isla Mujeres e Isla Contoy como representativos de la misma (Fig. 2).

Isla Mujeres e Isla Contoy se encuentran ubicadas en la parte noreste de la Península de Yucatán en el Caribe mexicano, frente al margen continental del estado de Quintana Roo.

Las costas de Quintana Roo se caracterizan por presentar un relieve muy escaso y por la ausencia de ríos, debido al carácter kárstico del terreno. A lo largo de la costa se encuentran formaciones arrecifales sobre una plataforma continental muy estrecha. El clima es tropical, con vientos alisios en primavera y verano y "nortes" en otoño e invierno. Las lluvias son relativamente abundantes en verano y por la zona transitan huracanes y depresiones tropicales. El medio marino está dominado por la Corriente de Yucatán que fluye paralela a la costa con dirección hacia el norte. Las aguas costeras presentan un carácter oceánico oligotrófico, con gran estabilidad vertical, elevada transparencia, y bajos niveles de nutrientes. En la zona costera se establecen comunidades de bosque tropical perennifolio, manglares y pastizales halofíticos, pastos marinos y arrecifes coralinos (Merino y Otero, 1991).

La Península de Yucatán recibe la influencia de diferentes masas de aire, las cuales determinan en gran medida el clima de la región. En invierno, las masas de aire continental polar que descienden por América del Norte cruzan el Golfo de México y alcanzan la península. Estas masas de aire, conocidas como "nortes" influyen significativamente sobre la meteorología de la zona. Asociados a estos frentes fríos se presentan nublados y chubascos (Merino y Otero, 1991).

En ocasiones, la región recibe también la influencia de masas de aire procedentes de la zona de interconvergencia tropical del Pacífico, cargadas de una gran cantidad de humedad. Estas masas llegan a la región a través del Istmo de Tehuantepec o por Centroamérica (Merino y Otero, 1991).

En cuanto a la circulación costera y de manera general, Merino (1986) señala la presencia de giros que se forman en algunas partes de la costa entre puntas prominentes, la línea de costa y el límite de la Corriente de Yucatán.

Con respecto al medio atmosférico, Merino y Otero (1991) señalan que la temperatura puede variar considerablemente en la zona. Las temperaturas máximas pueden llegar hasta valores superiores a los 40⁰ C en el mes de mayo que es el más seco. Las mínimas pueden descender hasta los 10⁰ C, que parece ser el "piso" térmico de la zona. Esta situación podría deberse a que ésta es la temperatura mínima con la que pueden llegar a la

península las masas de aire continental polar después de haber cruzado el Golfo de México, cuyas aguas tienen una temperatura superior aún en invierno.

En relación al medio marino, los registros de las propiedades fisico-químicas y demás información sobre las costas en esta zona es muy escasa. Esto debido en gran parte a su reciente incorporación al desarrollo nacional (Merino y Otero, 1991). De ahí que la información publicada por estos autores para la zona de Puerto Morelos, ubicada también en la plataforma costera al norte del estado, sea la que se tome como referencia para caracterizar la zona de estudio.

De los parámetros registrados por estos investigadores, sólo se presentan los datos referentes a la temperatura, cuyos valores se esperan encontrar entre 24.96 y 30.52 °C para un nivel de confianza del 95%.

LA TABLA CONTIENE VALORES ESTADISTICOS DE LA TEMPERATURA DEL AGUA (°C), TOMADOS DE MERINO Y OTERO (1991).

MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO	NUMERO DE OBSERVACIONES	FUENTE	PERIODO
27.74	1.39	32.85	24.75	1139	ICMyL (1984)*	marzo 82/julio 83
27.74	-----	31.0	24.0	> 48	S.M. (1978)**	1970 - 1973
28.03	0.25	28.3	27.8	3	S.M. (1980)*	octubre 1977
28.59	0.10	28.66	28.47	3	Castro (1976)	23 febrero 1975

* Datos publicados por Merino y Otero (1991)

** Datos de Cozumel (no se reporta la desv. estándar ni el número de datos, pero sí que éste es mayor a 48).

* Datos de una estación oceanográfica localizada muy cerca de Puerto Morelos.

En términos generales, las costas de Quintana Roo tienen características particulares que las distinguen del resto de los litorales mexicanos. Su ubicación en el Caribe y la naturaleza geológica de la Península de Yucatán son dos elementos que determinan importantes diferencias con el resto del litoral Atlántico mexicano, y más aún con el Pacífico. (Merino y Otero, 1991)

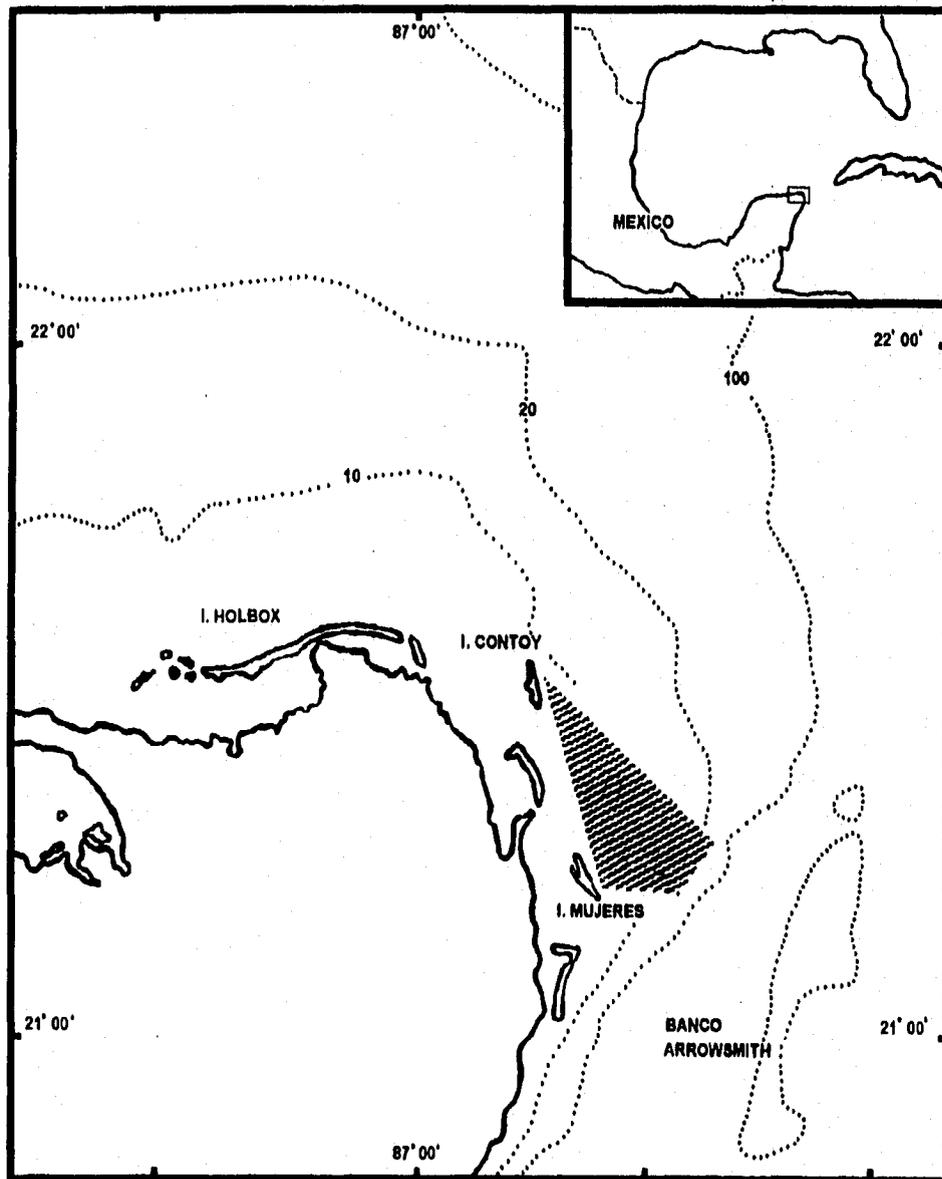


Figura 2. Ubicación del área de estudio. El área sombreada incluye las estaciones (sitios de captura) donde se obtuvieron muestras de la langosta *Panulirus argus* en Isla Mujeres e Isla Contoy, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

MATERIAL Y METODOS

Muestreos Mensuales

La duración del estudio abarcó un ciclo anual, a partir de septiembre de 1993. Previo al inicio de la investigación, se llevó a cabo un muestreo piloto en el mes de mayo de 1993; a partir del cual se obtuvo el tamaño de muestra en número de organismos necesarios para la determinación de la proporción sexual de la especie en la zona, así como el tamaño de muestra requerido para la determinación de la fecundidad de la población en forma estratificada, agrupando los datos, con fines comparativos, en clases de talla de 5 mm de longitud cefalotorácica (LC).

A partir del muestreo piloto, se definió también la metodología a seguir en los siguientes muestreos mensuales, a llevarse a cabo a bordo de las embarcaciones de los pescadores durante la temporada de captura comercial (julio - febrero) y en temporada de veda (marzo - junio) durante ésta última, previa autorización del titular de la Delegación Federal de Pesca en el estado, quien designó a los pescadores cooperativados que brindarían su apoyo.

Para evitar sesgos en la estimación de los parámetros de interés sobre la población en estudio, y contar con una muestra representativa del mayor intervalo de tallas de la especie sobre las cuales se incide en su captura por los pescadores en el área, se procuró, en la medida de lo posible, muestrear los organismos capturados con los diferentes métodos de pesca empleados en la zona, tales como nasas, buceo a pulmón y autónomo mediante el uso de tanques de aire comprimido y por compresor, ya que la selectividad de estas artes y las diferentes profundidades en las cuales operan se ven reflejadas en la composición por tallas de los organismos capturados.

Las embarcaciones de los pescadores consisten en lanchas de fibra de vidrio de aproximadamente 7 m de eslora por 1.5 m de manga, equipadas con motor fuera de borda de 45 a 55 HP. En la mayoría de los casos cuentan con lorán y compás para la ubicación de las áreas de captura. Las profundidades de captura variaron entre 10 y 40 m.

Durante cada muestreo, se registraron los siguientes datos biométricos de los ejemplares: la longitud total (LT), considerada desde la base de las antenas hasta la parte distal del telson; la longitud abdominal (LA) medida desde la base del abdomen hasta la parte distal del telson, ambas con una regla con tope (± 1 mm) y la longitud cefalotorácica (LC), medida con un vernier (± 0.01 mm) desde la base de las espinas interorbitales hasta la parte posterior del cefalotórax (Fig. 3). Se obtuvo también el peso del cefalotórax (PC) mediante una balanza de brazo triple (± 0.1 g).

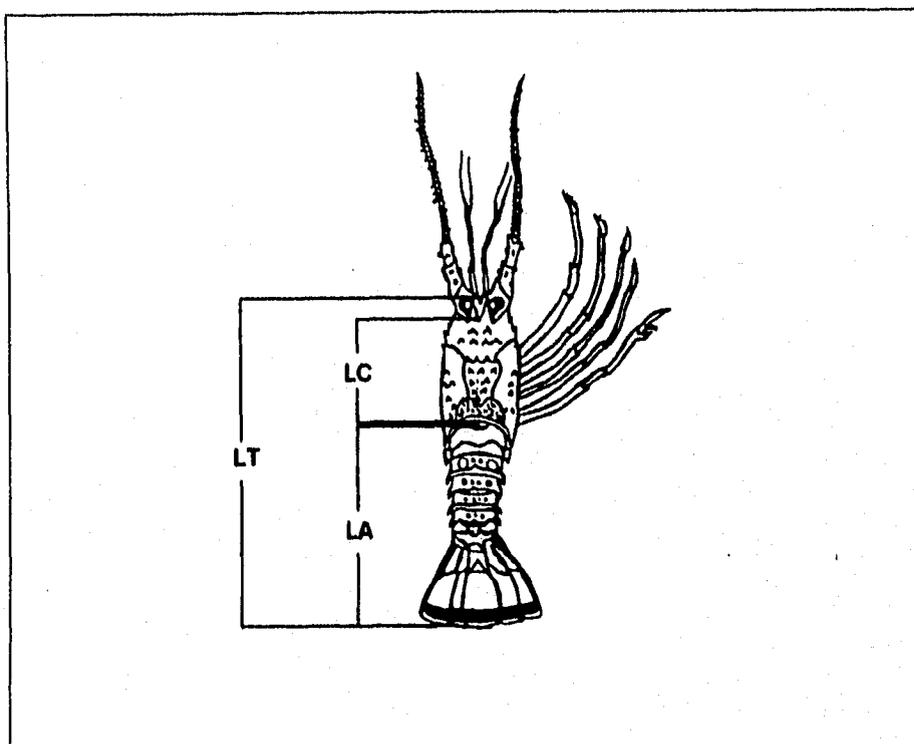


Figura 3. Características morfométricas registradas de la langosta *Panulirus argus* al noreste de Quintana Roo, durante el período septiembre 1993 - agosto 1994. Longitud total =LT, Longitud cefalotorácica = LC y Longitud Abdominal = LA.

Con la finalidad de analizar el número de individuos calculado para la determinación de la proporción de sexos, y debido a que en esta zona y en general en todo el estado de Quintana Roo, solo se comercializa el abdomen o "cola" de la langosta (Lozano, 1992), se llevó un registro de la captura (colas) entregada a los centros de acopio, en donde sólo fué posible registrar los datos de longitud abdominal y las características sexuales externas que aún se pueden observar.

Estructura por Tallas de las Muestras Mensuales.

Para conocer la estructura de la población, mediante el análisis de la frecuencia de tallas, Hepper (1966) recomienda hacerlo con base en la longitud cefalotorácica (LC). Esto debido a que la rigidez del cefalotórax permite reducir los errores asociados a la medición, los cuales son mayores si se trata de estructuras articuladas como el abdomen. Sin embargo, por las razones expuestas en el párrafo anterior no fué posible contar con las mediciones cefalotorácicas de todos los organismos, por lo que, para fines comparativos con los trabajos de otros autores, fué necesario estimar ésta a partir de su longitud abdominal (LA).

Las ecuaciones que relacionan dichas variables para cada sexo, se obtuvieron mediante la aplicación del modelo de regresión lineal simple (Daniel , 1992).

La distribución y frecuencia mensual y global de la LA (mm) y LC (mm) se obtuvieron con intervalos de 10 mm y 5 mm respectivamente para machos, hembras y hembras ovígeras. Lo anterior con fines comparativos.

Proporción de Sexos.

El tamaño de muestra para la determinación de la proporción sexual de la población en el presente ciclo anual, se obtuvo con un nivel de probabilidad de $p=0.95$, $\alpha=0.05$ y $d=0.05$, aplicando la ecuación descrita por Cochran (1992) y Daniel (1992) a las proporciones observadas en el muestreo piloto.

$$n = \frac{z^2 (pq)}{d^2} \text{ ----- Ec. 1}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra para estimar una proporción

z = Valor de z en tablas para un α de $0.05 = 1.96$

q = Proporción sexual estimada ($1 - p$)

d = factor de precisión deseado = 0.05

Bajo el supuesto de que la proporción de sexos de cualquier población, sin importar su estrategia de apareamiento es 1:1 (Wenner, 1972; Emlen, 1973), se consideró dentro de esta relación a la proporción de hembras como la unidad, obteniéndose a partir de ésta la proporción de machos (p) en cada mes.

Por otro lado, con la finalidad de establecer si la proporción sexual es un evento independiente con respecto al tiempo expresado en meses, se formularon las siguientes hipótesis:

H_0 : Dichos eventos son independientes entre sí

H_a : Existe dependencia entre los eventos

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula se aplicó una prueba de X^2 a las proporciones sexuales observadas en los muestreos mensuales, registradas en una tabla de contingencia (2×12), para un $\alpha=0.05$ y 11 grados de libertad, de acuerdo a Daniel (1992).

Se calculó también el intervalo de confianza del valor de p (proporción de machos) en la población, con base en la proporción global obtenida en el presente estudio, para un $\alpha = 0.05$ y un nivel de confianza de $p = 1 - \alpha$, de acuerdo a Daniel (1992).

$$p \pm z \sqrt{p(1-p)/n} \text{ ----- Ec. 2}$$

Donde:

z = Definido en la ecuación anterior

p = 0.80 Proporción de machos observada en la muestra total

n = 3642 número total de organismos observados (machos y hembras)

Caracteres Sexuales Primarios

- Estados gonádicos

De las hembras muestreadas a bordo de las embarcaciones, fue registrado el estado gonádico, con la finalidad de establecer la relación entre esta característica y la actividad reproductiva durante el período de estudio, tomando como criterio el color que presentó el ovario, aspecto que ha sido validado microscópicamente mediante cortes histológicos por Buesa y Mota-Alves, (1970) y Briones *et al.* (1981). Las gónadas de las hembras de *P. argus* fueron clasificadas en cinco estadios gonádicos o grados de desarrollo ovárico:

ESTADIO GONADICO I : Ovarios delgados, flácidos, pequeños, de color blancuzco parejo (blanco sucio, marfil, ostión). Ovarios inmaduros o en reposo reproductivo.

ESTADIO GONADICO II : Ovarios más gruesos y menos flácidos color crema amarillento o rosa salmón. Ovarios en desarrollo temprano.

ESTADIO GONADICO III : Ovarios grandes, más firmes, llenando gran parte de la cavidad cefalotorácica, color naranja claro. Ovarios en desarrollo avanzado.

ESTADIO GONADICO IV : Ovarios muy turgentes y grandes, ocupando prácticamente toda la cavidad cefalotorácica hasta el 1er y 2do somite abdominal, color naranja intenso brillante. Ovarios a punto de desovar.

ESTADIO GONADICO V : Ovarios delgados, flácidos, retraídos, color mixto crema o rosa salmón con algunas manchas o puntos amarillos o naranja. Ovarios recién desovados.

Caracteres Sexuales Secundarios

- Presencia del espermatóforo y desarrollo de las setas pleopódicas.

Se registró la presencia o ausencia del espermatóforo o "parche" en las hembras, así como su condición, es decir si éste era nuevo o sólo quedaban restos. Estas tres situaciones (sin parche **s/p**, con parche completo **p/c** y con restos de parche **r/p**) se relacionaron a su vez con la fase sexual, descrita en la página siguiente, y con el estadio gonádico de la hembra, mediante la obtención de su frecuencia de aparición expresada en porcentaje en los meses en donde fue posible hacerlo.

Lo anterior con la finalidad de constatar la presencia de un segundo desove en las hembras, por lo que se obtuvo también la distribución de las tallas abdominal y cefalotorácica únicamente de las hembras que presentaron la condición: **ovígera-estadio gonádico IV-parche completo**, y conocer así las tallas con mayor frecuencia en esta condición.

Se estimó visualmente también la longitud de las setas o "pelillos" del pleópodo interno, de esta forma las hembras se agruparon en cuatro clases: a) **hembras con setas cortas** b) **hembras con setas medianas** c) **hembras con setas largas** y d) **hembras con setas ovígeras**. Se señala que, dentro de la primera clase se incluyeron tanto las hembras con setas cortas como aquéllas que no presentaban desarrollo alguno de las mismas.

Para lo anterior se llevó a cabo un ejercicio de calibración, durante el cual se midieron con una regla (± 1 mm) las setas de 50 individuos de cada clase, según presentaran a juicio del observador el largo de las setas. En todos los casos hubo concordancia entre la estimación visual y la medición. De esta forma se determinaron los siguientes intervalos de longitud en cada clase.

Setas cortas (0 a 5 mm), **Setas medianas** (> 5 < 10 mm)

Setas largas (> 10 mm) y **Setas ovígeras**.

- Presencia de masa ovígera en las hembras.

La presencia o ausencia de la masa ovígera en la porción abdominal de las hembras, también fue registrada, clasificándose a éstas en seis fases sexuales de acuerdo con Briones *et al.* (1981):

FASE SEXUAL 1: Sin espermatóforo ni huevos externos.

FASE SEXUAL 2: Con espermatóforo o "parche" nuevo, sin huevos externos.

FASE SEXUAL 3 : Con huevos externos color naranja brillante



FASE SEXUAL 4: Con huevos externos color naranja claro



FASE SEXUAL 5: Con huevos externos color café oscuro



**O
V
I
G
E
R
A
S**

FASE SEXUAL 6: Con restos de espermatóforo o de huevos.

Talla de Primera Madurez Sexual.

Debido a los resultados tan variados, obtenidos por los investigadores en la determinación de la talla de primera madurez de la langosta *P. argus*, en el presente estudio, se estimó tanto la talla de primera reproducción como la talla de madurez con miras a establecer, con fines pesqueros, la talla mínima legal de captura bajo los siguientes criterios:

a) La menor talla registrada de LA (mm) y LC (mm) de una hembra con masa ovígera (Fases sexuales 3, 4 o 5), así como de la hembra más pequeña con ovario maduro (Estadio IV) y hembra más pequeña con setas largas.

b) La talla de madurez sexual, estimada a partir de la distribución de frecuencia porcentual acumulada de hembras con setas desarrolladas (setas largas), de aquellas potencialmente reproductoras (estadio gonádico IV), así como en estado ovígero. La talla de madurez corresponde aquí, a la talla en donde se concentra el 50% de las hembras en estado potencial o reproductor.

Este último criterio se fundamenta en el hecho de permitir que al menos el 50 % de las hembras potencialmente reproductoras, alcancen una talla en la que se reproduzcan por lo menos una vez en su vida antes de que sean capturadas (González, 1992; Chubb, 1994).

Se obtuvieron los límites de confianza al 95% de probabilidad para la talla de primera madurez sexual (LA y LC), obtenida con el primer criterio referente a la hembra más pequeña con masa ovígera, así como el de la talla mínima de la hembra no ovígera.

Para ello se consideraron los valores de tallas (LA y LC) mínimas promedio mensuales, por lo que los valores de los intervalos obtenidos se calcularon con respecto al valor promedio de éstas, aplicando la siguiente ecuación (Daniel, 1992).

$$\bar{x} \pm 1.96 \left(\frac{S}{\sqrt{n}} \right) \text{ ----- Ec. 3}$$

Donde :

x = Valor medio estimado de la talla mínima de madurez sexual.

S = Error estándar de la media (8.7 y 15.5 (para LC y LA) hembra ovígera, 6.8 y 10.4 (para LC y LA) hembra no ovígera)

n = Número de observaciones

Fecundidad

Con la finalidad de estimar la fecundidad, se separaron las masas ovígeras de aquellas hembras que las presentaron, se fijaron estas en una solución de formol al 5% y se determinó su grado de desarrollo con base en los criterios de clasificación ya descritos.

Trabajo en el laboratorio

La separación de los huevecillos de las setas pleopódicas se realizó mediante el empleo de una solución de hidróxido de potasio (KOH) 1N de acuerdo con la técnica de Bycroft (1986).

Para la estimación de la fecundidad se aplicó el método volumétrico siguiendo la técnica descrita por Ramírez *et al.* (1994). La fecundidad de las hembras ovígeras se estimó a partir de los conteos de cinco submuestras de 1 ml por cada masa ovígera, mediante el uso de un microscopio estereoscópico.

Los valores estimados de fecundidad, se agruparon por clase de talla de LA (mm) y LC (mm) con intervalos de 10 mm y 5 mm respectivamente.

Una vez agrupados los datos, se obtuvo el tamaño de muestra por intervalo de clase para un nivel de confianza de $p = 0.95$ y 0.90 con valores de $\alpha = 0.05$ y 0.10 respectivamente y un factor de precisión $d = 0.1$ en ambos casos. El tamaño de muestra se calculó sólo para aquellas clases con más de tres valores de fecundidad estimados. La ecuación empleada para la estimación de medias, es descrita por Cochran (1992) y Daniel (1992).

$$n = \frac{z^2 S^2}{d^2} \quad \text{----- Ec. 4}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra en número de masas ovígeras por cuantificar.

z = 1.96 y 1.66 (Valor de tablas para $n = \infty$ y un $\alpha = 0.05$ y 0.10 respectivamente).

S = Desviación estándar de los datos de fecundidad por clase de talla.

d = Factor de precisión deseado = 0.10.

Se obtuvieron las regresiones de fecundidad vs longitud total, abdominal y cefalotorácica, así como con respecto al peso del cefalotórax y el abdomen. Para la estimación del peso abdominal, se obtuvieron los valores de los parámetros **a** y **b** de la ecuación que relaciona el peso con la longitud ($W = a L^b$), mediante la linearización de la relación. Los datos de peso de los organismos empleados en la regresión fueron los obtenidos durante los muestreos en el período de veda y fueron agrupados en intervalos de clase de 5 g.

Porcentaje de Langostas Recién Mudadas.

Durante los muestreos se registraron los ejemplares recién mudados, es decir con el exoesqueleto blando y limpio. Aunque no se contempló como un objetivo en este estudio, se determinó el porcentaje mensual y la distribución de tallas de los organismos recién mudados para cada sexo, con el objeto de analizar si había alguna relación entre las épocas de muda y las de reproducción. Se analizó también si la frecuencia de muda es independiente del sexo en cada mes. Para ello se estableció el siguiente juego de hipótesis:

H_0 = La frecuencia de muda es independiente del sexo

H_a = La frecuencia de muda no es independiente del sexo

Se aplicó una prueba de X^2 a las frecuencias de muda observadas por sexo en cada mes registradas en una tabla de contingencia. La regla de decisión fué rechazar H_0 si el valor de X^2_{obs} resultaba ser mayor o igual que el valor de la distribución de X^2 de las Tablas de probabilidad para un $\alpha = 0.05$ de acuerdo a Daniel (1992).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se muestrearon un total de 3642 ejemplares de langosta *Panulirus argus*, sin considerar el muestreo piloto ($n = 101$), de los cuales 2020 (55.47%) fueron hembras y 1622 (45.53%) machos. De las primeras, 358 (17.72%) se encontraron ovígeras (Tabla I). Se registraron además 111 (5.5%) hembras a punto de desovar ya que se encontraban en el estadio de desarrollo gonádico más avanzado (Estadio IV).

Tabla I. Número de organismos capturados y porcentaje mensual de hembras no ovígeras y en estado reproductivo de la especie *Panulirus argus*, al noreste de Quintana Roo durante el período septiembre 1993 - agosto 1994.

MES	N TOTAL H y M	N TOTAL HEMBRAS	HEMBRAS NO OVIGERAS	HEMBRAS OVIGERAS	% HEMBRAS NO OVIGERAS	% HEMBRAS OVIGERAS
SEP	317	218	148	70	67.9	32.1
OCT	389	200	171	29	85.5	14.5
NOV	420	221	197	24	89.1	10.9
DIC	373	207	196	11	94.7	5.3
ENE	402	245	240	5	97.9	2.0
FEB	406	224	218	6	97.3	2.7
MAR	128	68	39	29	57.3	42.7
ABR	119	68	26	42	38.2	61.8
MAY	107	55	16	39	29.1	70.9
JUN	79	40	20	20	50.0	50.0
JUL	496	233	196	37	84.1	15.9
AGS	407	241	195	46	81.0	19.0
TOTAL ANUAL	3642	2020	1662	358	82.28	17.72

Es importante resaltar, que los resultados de este estudio concernientes al porcentaje que los machos y hembras representaron dentro de la muestra total, así como el porcentaje de las hembras ovígeras con respecto al total de hembras, son muy similares a los registrados por González *et al.* (1987), quienes consideraron en su análisis - para esta especie y en la misma zona de estudio - las capturas obtenidas durante el período 1982 - 1987.

Las tallas se encontraron distribuidas en el intervalo de 85 - 276 mm (LA) ($\approx 49.0 - 181.2$ mm (LC)) para los machos y de 90 - 268 mm (LA) ($\approx 48.7 - 149.8$ mm (LC)) para las hembras no ovígeras.

Las hembras en estado ovígero se observaron en el intervalo de 133 - 276 mm (LA) ($\approx 74.8 - 163.0$ mm (LC)). Los valores equivalentes de LC a partir de una LA determinada, se estimaron con base en las ecuaciones descritas en el siguiente párrafo.

Relaciones morfométricas.

Para la regresión de la longitud abdominal (LA) vs la longitud cefalotorácica (LC), la muestra incluyó 291 machos en un intervalo de tallas de 109 - 225 mm (LA) (Fig. 4), y 349 hembras de 115 - 254 mm (LA) (Fig. 4). Las ecuaciones obtenidas fueron las siguientes.

$$LC_{\text{MACHOS}} = 0.7102 (LA) - 14.768 \quad r^2 = 0.99 \quad n = 291$$

$$LC_{\text{HEMBRAS}} = 0.5554 (LA) + 0.974 \quad r^2 = 0.98 \quad n = 349$$

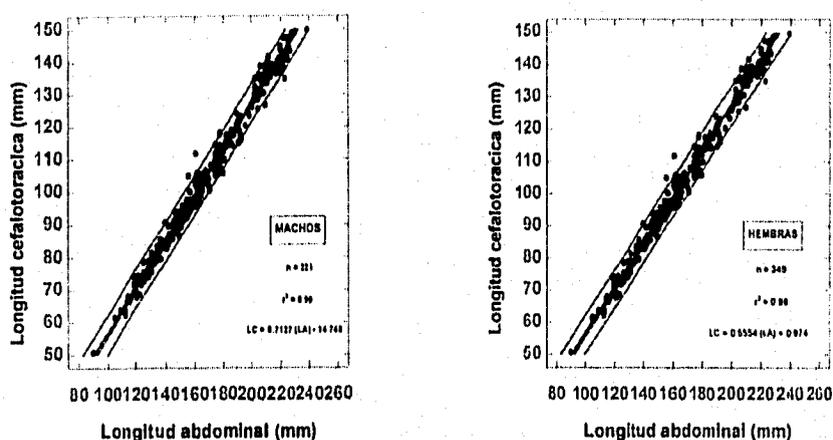


Figura 4. Regresión longitud abdominal (LA, mm) vs longitud cefalotorácica (LC, mm) para machos y hembras de *Panulirus argus* capturados al noreste de Quintana Roo, durante el período septiembre 1993 - agosto 1994. Las líneas exteriores e interiores, representan las bandas de predicción y confianza para el 95%.

En la ecuación $LC = 0.710208 (LA) + (-14.768)$ obtenida para los machos, el parámetro a (ordenada al origen), en este caso en particular, no tiene un significado biológico por lo que su valor numérico se considera como un factor de ajuste de la regresión.

Estructura por tallas de las muestras mensuales.

De manera general, la distribución de frecuencias por intervalo de tallas de LA (mm) del total de los organismos (machos, hembras no ovígeras) (Fig. 5), presentó baja variación entre las tallas. La talla modal para los machos y hembras no ovígeras fué de 160 y 150 mm (LA), respectivamente. Se consideraron dentro de estas clases de tallas, a individuos de 160 a 169.9 mm y 150 a 159.9 mm de LA. Por su parte, la clase de talla modal de las hembras ovígeras fué de 170 mm (LA) en la cual se agruparon individuos de 170 a 179.9 mm. La distribución de frecuencias por intervalo de tallas de LC (mm) para el total de los organismos muestreados, en la que se incluyen las hembras ovígeras (Fig. 5), muestra un sesgo en los machos hacia tallas mayores que las hembras. La talla modal global correspondió a la clase de 95 mm (LC) para los machos, dentro de la que se incluyeron individuos con tallas desde 95 a 99.9 mm (LC). Para las hembras (no ovígeras) la clase modal fue de 85 mm (LC) y de 105 mm (LC) para las ovígeras, en estas clases se agruparon individuos de 85.0 a 89.9 mm y 105 a 109.9 mm respectivamente.

La distribución mensual de tallas de la longitud abdominal (LA) (Figs. 6, 7 y 8) fué similar en ambos sexos, excepto en el mes de febrero, durante el cual se aprecia un aumento en la frecuencia de los machos con tallas mayores y un ingreso de organismos con tallas inferiores en los meses de octubre a enero.

La talla modal de los machos se encontró en el intervalo de 140 a 210 mm (LA) con una mayor ocurrencia de las tallas modales 140 mm (septiembre, enero y julio) y 210 mm (febrero, abril y junio). En el caso de las hembras, el intervalo de moda estuvo entre 100 y 200 mm (LA) con una mayor repetición de las tallas de 150 y 170 mm, estas tallas dominaron en los meses de noviembre, enero y julio la primera, y diciembre, marzo, junio y agosto la segunda (Ver Figs. 6, 7 y 8).

Se hace notar aquí, que en los meses comprendidos dentro del período de veda (marzo a junio), las distribuciones de tallas no mostraron clases modales definidas en ambos sexos debido probablemente al pequeño número de individuos muestreados en cada uno de ellos.

Sobre las hembras ovígeras la talla modal global (170 mm LA, Fig. 5) estuvo por encima de la talla modal de las no ovígeras (150 mm LA). Sin embargo, al analizar ésta en forma mensual, en los meses de febrero y abril se observó un sesgo hacia tallas mayores, a diferencia del mes de septiembre durante el cual se apreció un aumento en la frecuencia de hembras ovígeras de tallas menores.

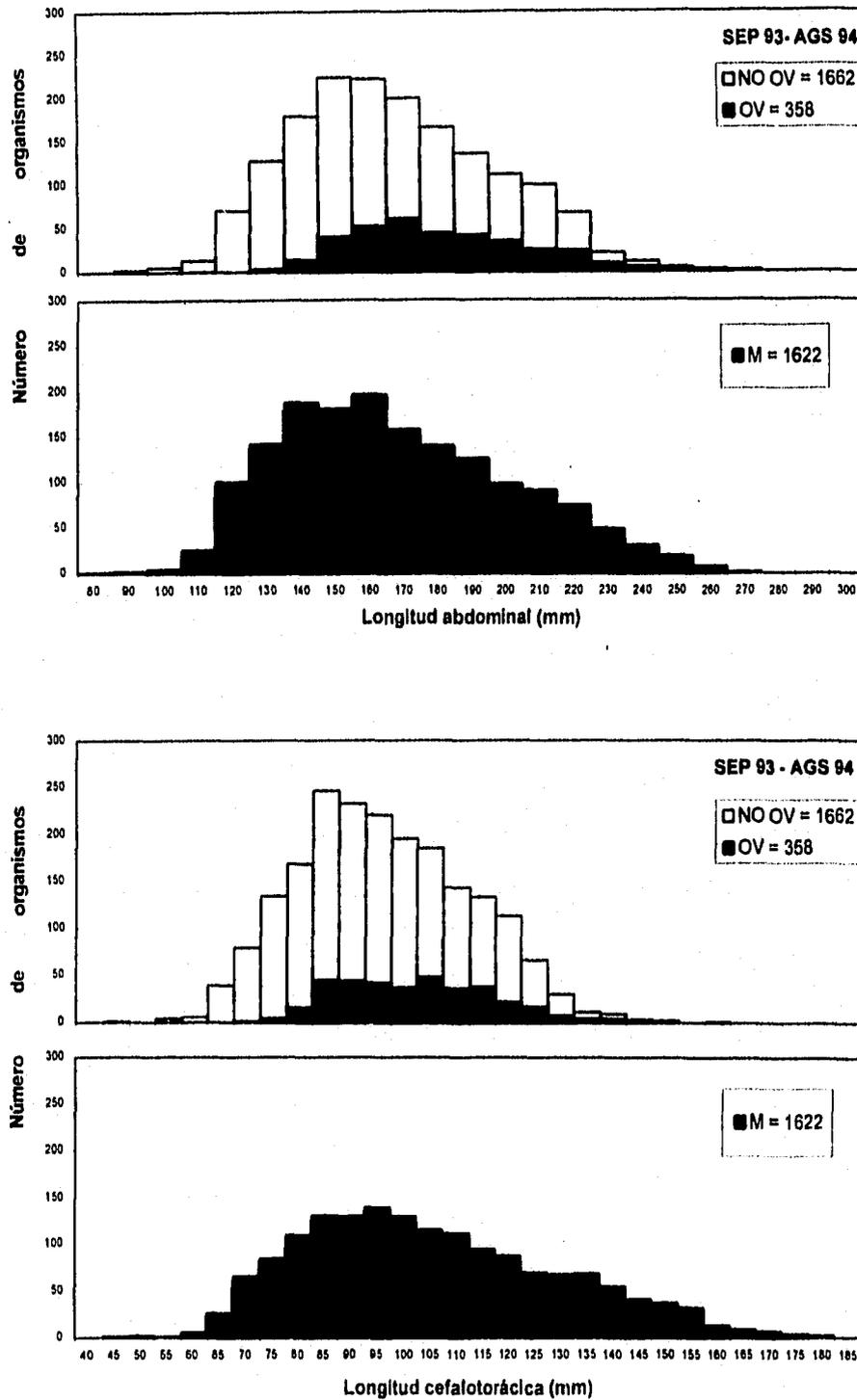


Figura 5.- Distribución de tallas de longitud abdominal y cefalotorácica (mm) de machos (M), hembras no ovígeras (NO OV) y hembras ovígeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo durante el período septiembre 1993 - agosto 1994.

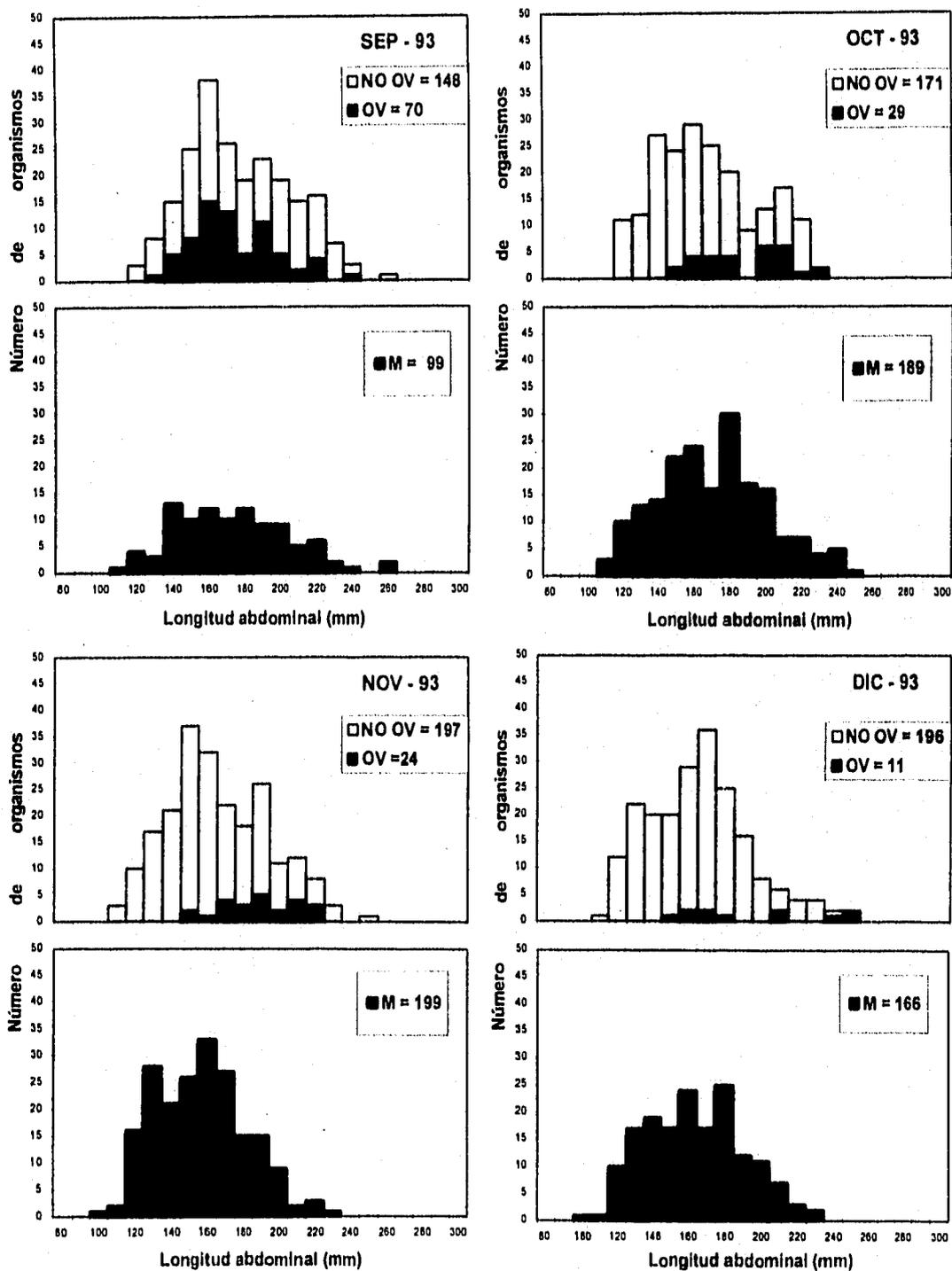


Figura 6. Distribución de la longitud abdominal (mm) de machos (M), hembras no ovigeras (NO OV) y hembras ovigeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1993.

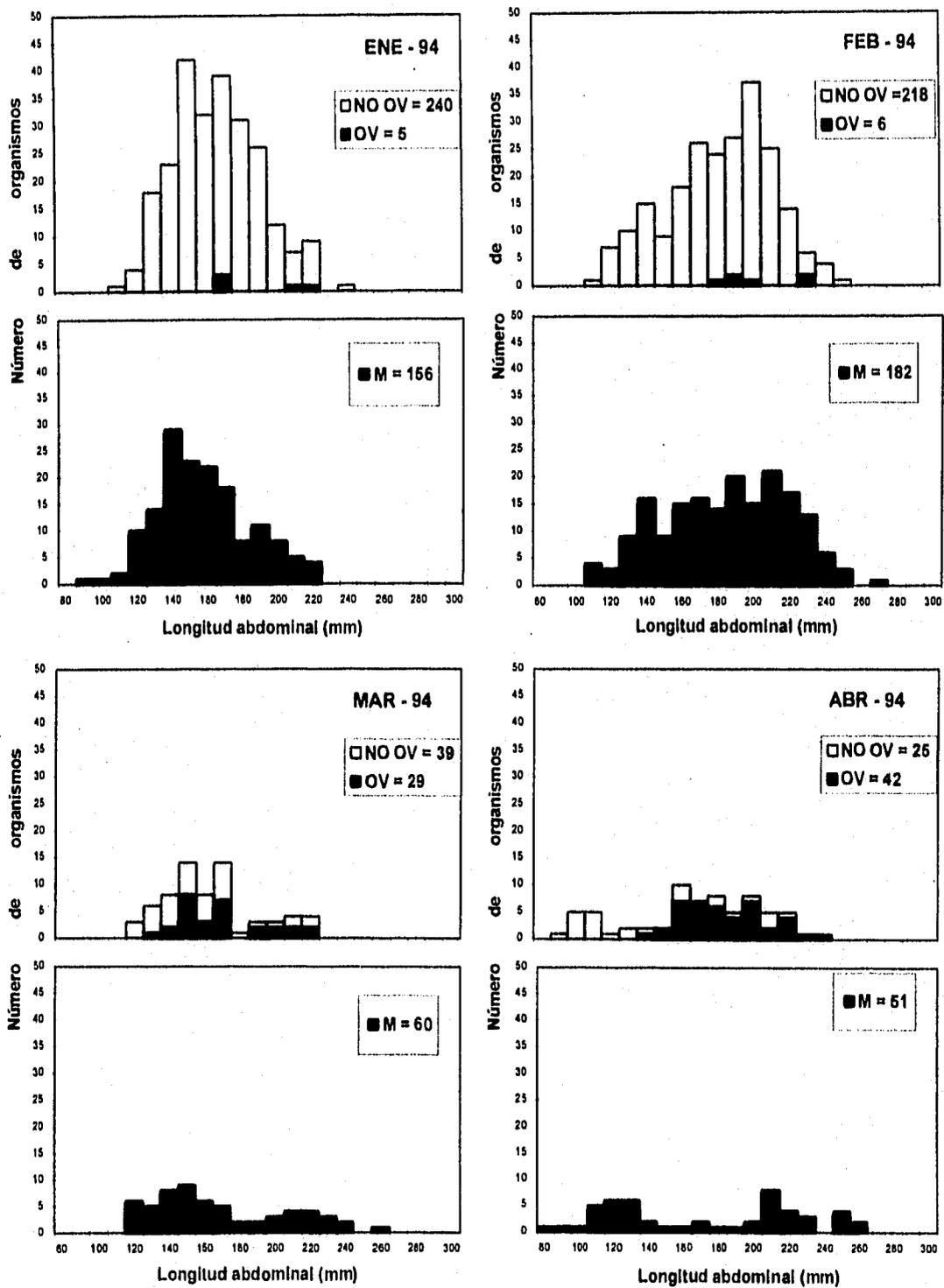


Figura 7. Distribución de la longitud abdominal (mm) de machos (M), hembras no ovígeras (NO OV) y hembras ovígeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de enero, febrero, marzo y abril de 1994.

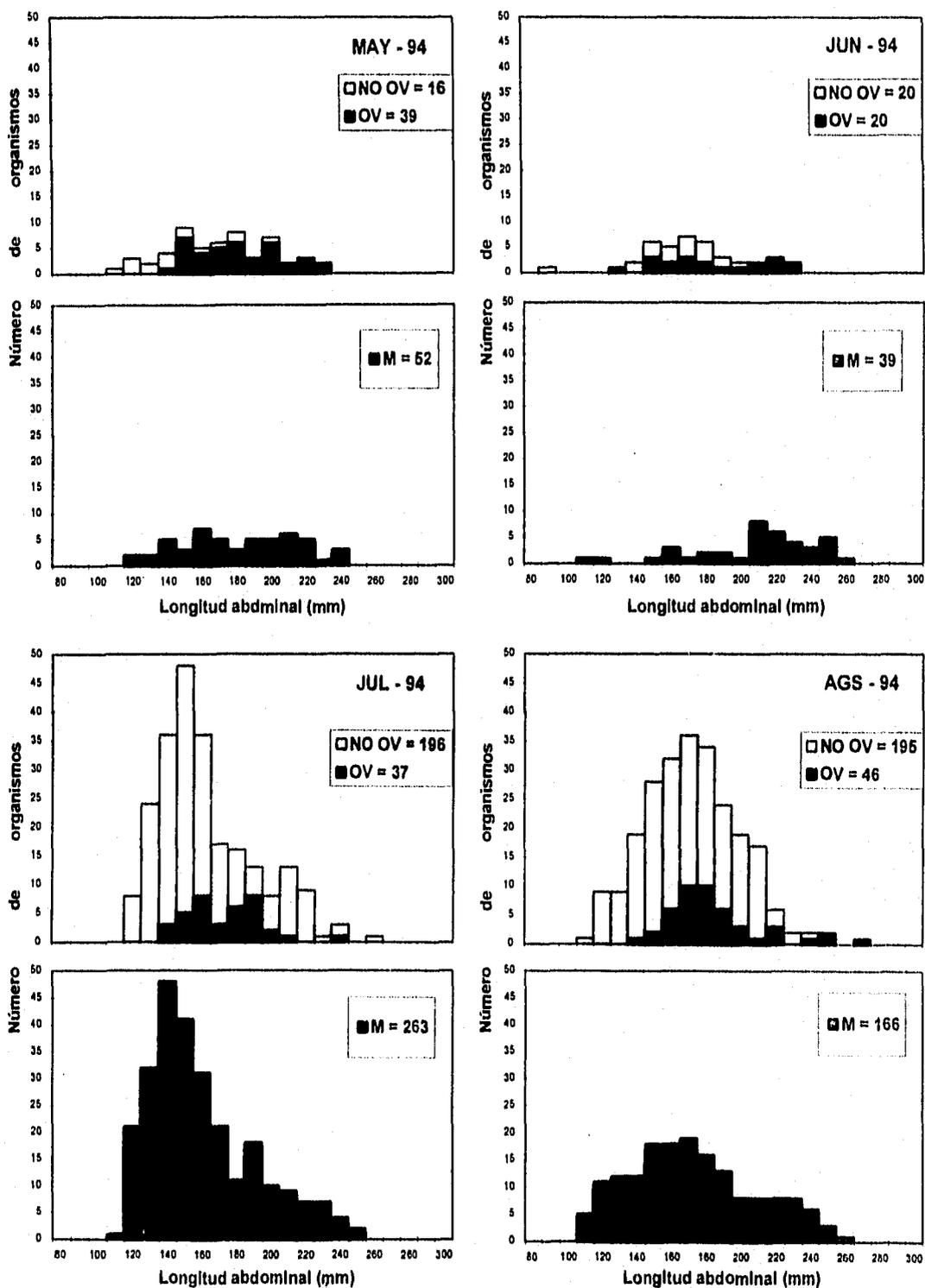


Figura 8. Distribución de la longitud abdominal (mm) de machos (M), hembras no ovigeras (NO OV) y hembras ovigeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de mayo, junio, julio y agosto de 1994.

Con relación a la distribución mensual de las tallas de LC (Figs. 9, 10 y 11), se encontró que, en el caso de los machos, existió una varianza muy grande con respecto a las hembras, con el consecuente aplanamiento de la curva de distribución, sin poder apreciarse en algunos meses, una clase modal. Asimismo, en los meses de septiembre, octubre y febrero, se observó un aumento en la frecuencia de tallas mayores, y un aumento en la frecuencia de tallas menores en los meses de noviembre, diciembre, enero, abril, julio y agosto.

La distribución de las hembras mostró un aumento en la frecuencia de las clases de tallas menores a partir del mes de septiembre hasta enero (Figs. 9 y 10), con un aumento considerable en la frecuencia de las clases con tallas mayores en el mes de febrero (Fig. 10). Como ya se mencionó, en los meses siguientes (marzo a junio) correspondientes al período de veda (Figs. 10 y 11), es muy difícil apreciar la predominancia de alguna clase de talla, lo cual es aún más marcado en los machos, debido al número reducido de organismos muestreados.

Cabe señalar que la presencia de organismos con tallas inferiores a los 55 mm (LC) en los machos y de 60 mm (LC) en las hembras durante el mes de abril, se debió a la captura de estos ejemplares mediante buceo a pulmón, en un área poco profunda (<10 m) cercana a la Isla de Contoy, lo cual influyó tanto en los resultados de la distribución de tallas, como en el porcentaje de hembras en estado reproductivo en este mes. En los meses restantes del período de veda ya no fué posible muestrear en los caladeros de pesca de Isla Contoy, sólo en las áreas de captura de Isla Mujeres.

Lo expuesto hasta aquí, parece indicar diferencias entre machos y hembras en cuanto a las tallas que presentan durante el reclutamiento, es decir, que mientras los machos son de talla grande durante el período de septiembre a enero (excepto en noviembre) las hembras son de talla pequeña

Lo anterior, también fué registrado por Moore y MacFarlane (1984) y MacFarlane y Moore (1986) en *P. ornatus*, durante la migración masiva que realiza esta especie, con fines de reproducción, en el Golfo de Nueva Guinea. Se coincide también con ellos, en relación al registro de una mayor frecuencia de hembras. Lo cual también fué referido por Ramos (1974), para *P. argus* en la misma área del presente estudio. González-Cano (1991), señala a su vez la presencia de cohortes de organismos, principalmente machos, de talla pequeña (140 -150 mm LA) durante el período octubre-noviembre e inclusive diciembre a lo largo de las temporadas 1982 a 1988. De ahí que de acuerdo con González-Cano (1991), es necesario distinguir aquí, la existencia de dos tipos de migraciones al área, una de juveniles y otra de organismos reproductores.

En cuanto a las tallas de las hembras ovígeras, éstas se encontraron distribuidas de manera similar durante los meses de muestreo en un intervalo de 85 a 140 mm (LC), con un aumento en la frecuencia de tallas inferiores en el mes de septiembre.

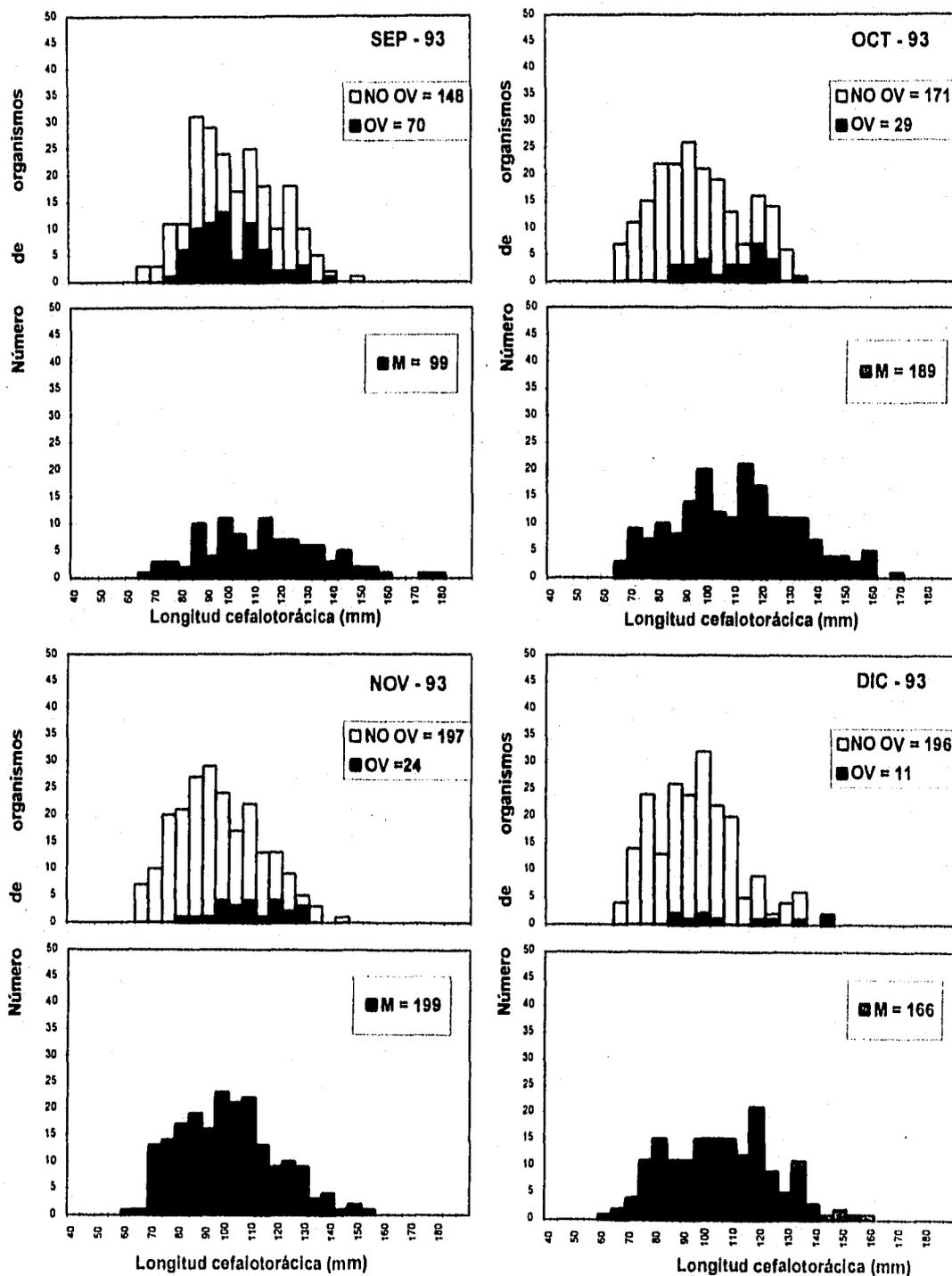


Figura 9. Distribución de la longitud cefalotorácica (mm) de machos (M), hembras no ovígeras (NO OV) y hembras ovígeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1993.

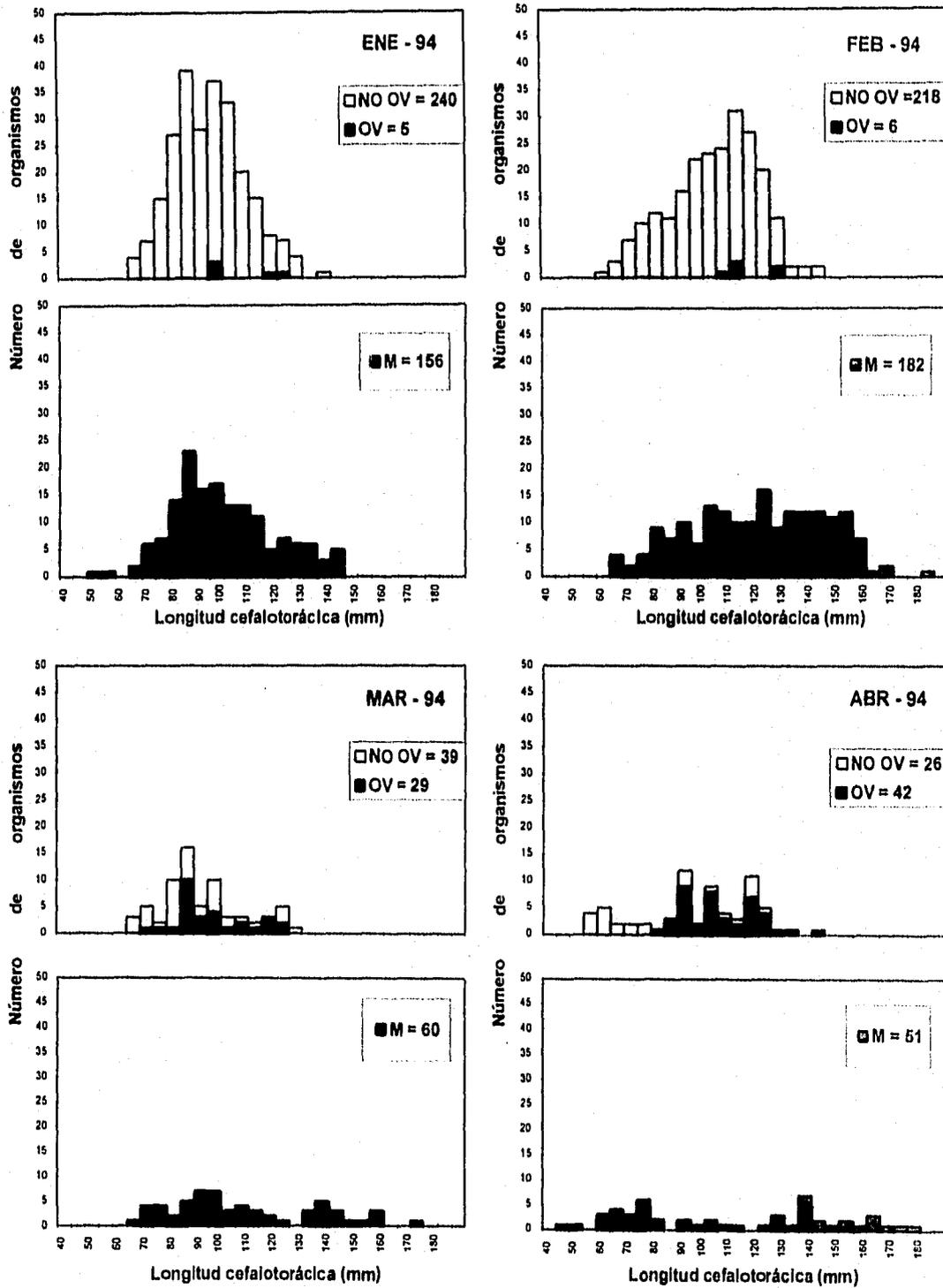


Figura 10. Distribución de la longitud cefalotorácica (mm) de machos (M), hembras no ovígeras (NO OV) y hembras ovígeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de enero, febrero, marzo y abril de 1994.

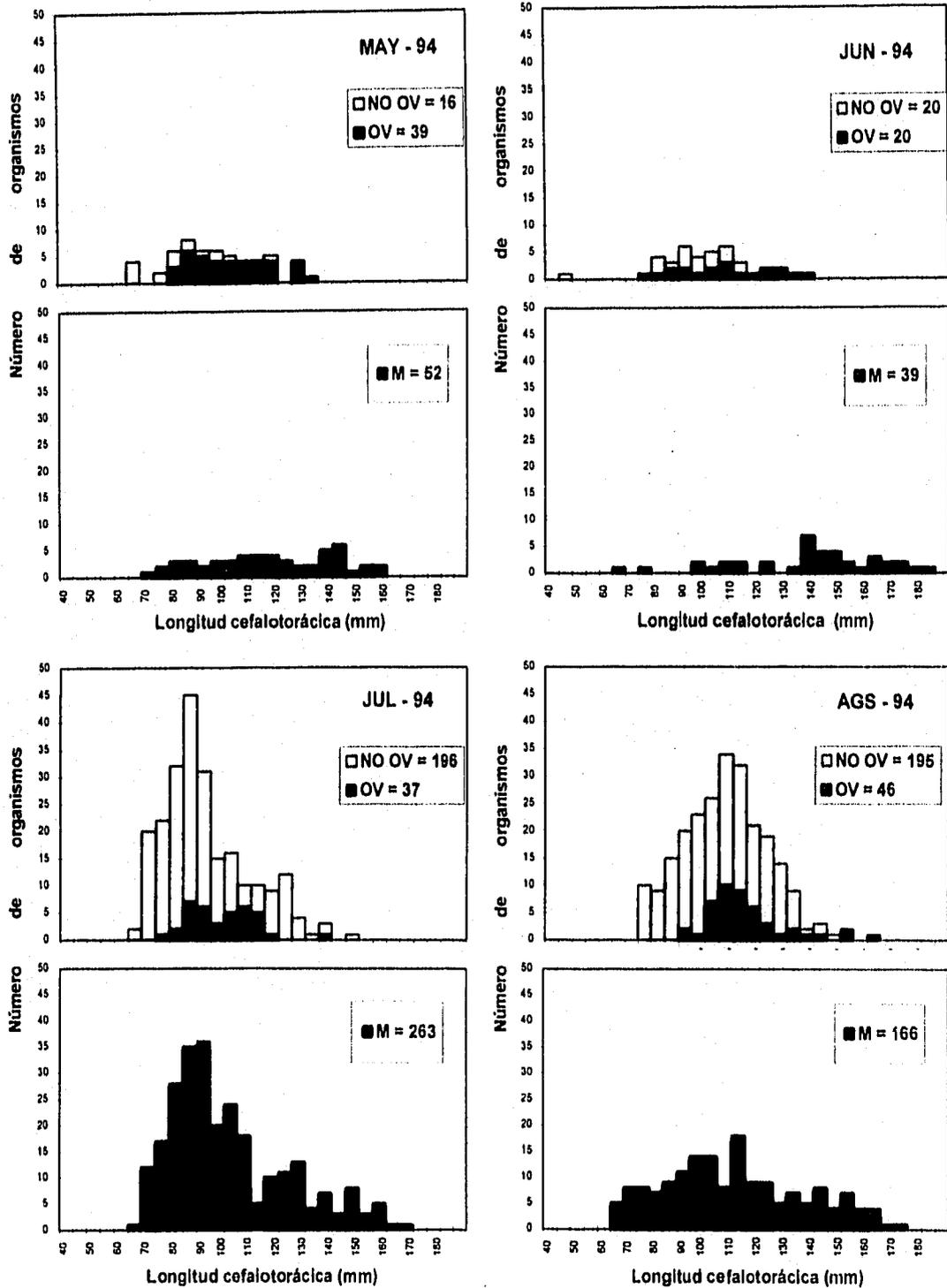


Figura 11. Distribución de la longitud cefalotorácica (mm) de machos (M), hembras no ovígeras (NO OV) y hembras ovígeras (OV) de *Panulirus argus*, capturados al noreste de Quintana Roo en los meses de mayo, junio, julio y agosto de 1994.

Para visualizar de manera rápida y sencilla las variaciones en la distribución de tallas cefalotorácicas y abdominales en todo el período de muestreo, de machos, hembras y hembras ovígeras, así como sus respectivos valores promedio con una desviación estándar a ambos lados de la misma, se presentan dichos valores en forma de diagramas de caja (Fig. 12). En éstos se puede observar que las tallas de LA y LC promedio en los meses de septiembre a enero, disminuyen para las hembras y machos (noviembre), en relación al resto de los meses, lo cual se debe al ingreso de organismos juveniles que se dirigen a las áreas del stock explotable en dichos meses. Sin embargo, es de señalarse que en el mes de febrero se observa la incorporación, al área, de organismos de talla grande, principalmente hembras. No obstante, la talla promedio en general presentó poca variación con respecto a la talla promedio resultante de las medias para cada sexo y talla (abdominal y cefalotorácica). Asimismo, los valores promedio mensuales, resultaron ser similares al valor de la mediana. Mientras que los valores máximo y mínimo se registraron fuera de la distribución que agrupa aproximadamente el 68% de los individuos dentro de una distribución normal.

Con relación a la variación de las tallas medias de LA, se presentó el mismo comportamiento para las tallas medias de LC. Sin embargo, a diferencia de las desviaciones estándar de las LC entre los machos y las hembras, las desviaciones estándar de las tallas abdominales fueron menores en los machos que en las hembras.

En cuanto a las hembras ovígeras, las tallas de las hembras más pequeñas tanto de LC como de LA (Fig. 12) presentaron su valor más bajo en el mes de septiembre y marzo respectivamente. Dichas tallas se encontraron por arriba de los 80 mm (LC), excepto en los meses de septiembre, marzo, junio y julio.

Llama la atención, el hecho de que Lozano *et al.* (1993) registraran, que las tallas de las hembras ovígeras en la zona centro del estado, específicamente en la zona cercana a la franja arrecifal y en la parte profunda frente a Bahía de la Ascensión, también se encontraron por arriba de esta talla. El hecho de que la zona de la bahía se encuentre habitada por langostas preadultas y de que estos investigadores hayan encontrado que las hembras en estado reproductivo presentan tallas superiores a los 80 mm (LC), la cual, coincide con la talla de primera madurez estimada por Cruz y de León (1991) para *P. argus* en Cuba (en cuyo trabajo, las clases de tallas pequeñas de *P. argus*, están mejor representadas), hace suponer, que puede ser ésta la talla más cercana a la talla de primera madurez reproductiva de la población.

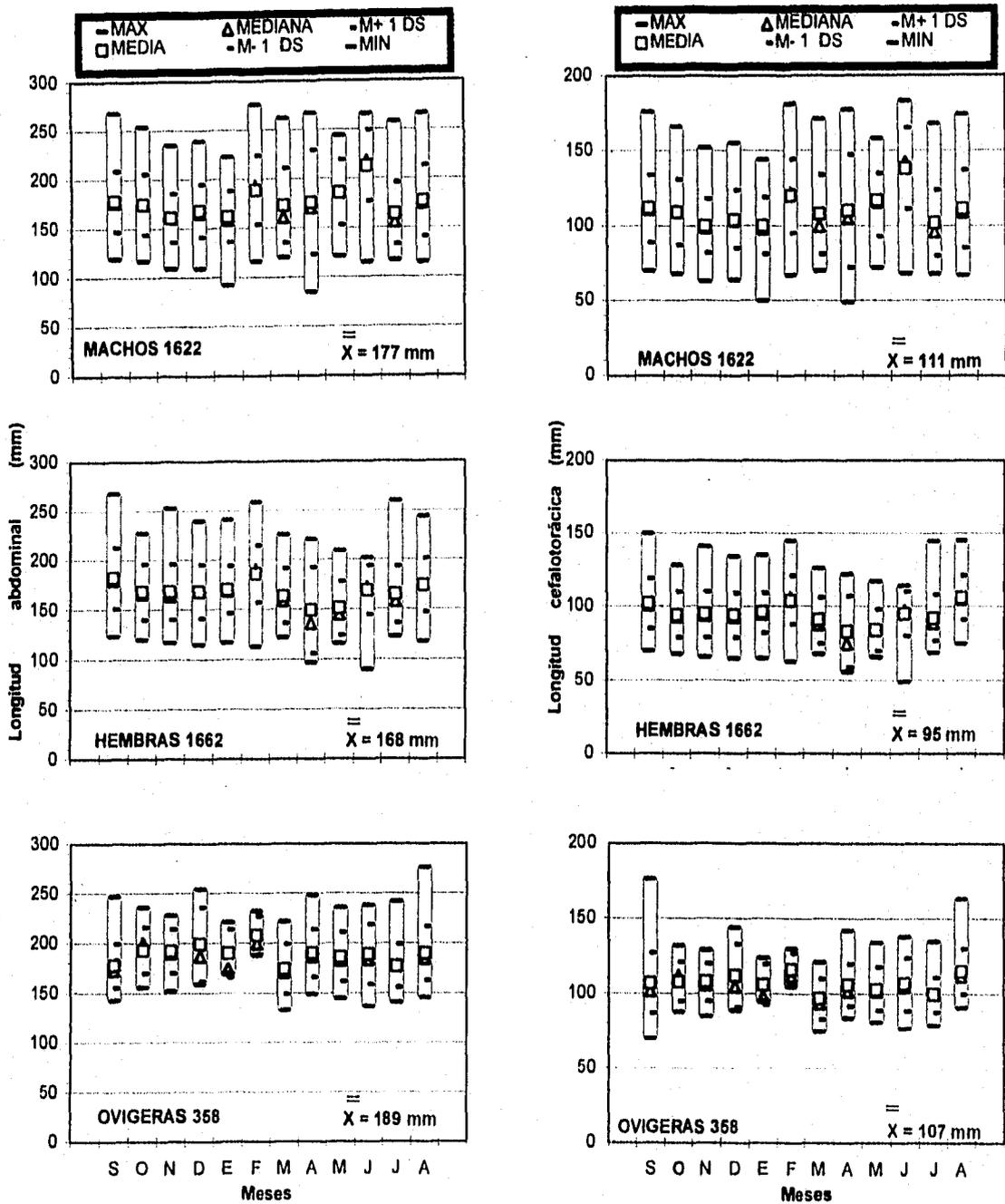


Figura 12. Variación mensual de la longitud abdominal (LA, mm) (gráficas izquierda) y longitud cefalotorácica (LC, mm) (gráficas derecha) de machos, hembras no ovígeras y hembras ovígeras de *Panulirus argus*, capturados en la parte noreste de Quintana Roo durante el período septiembre 1993 - agosto 1994. El símbolo X doble barra, indica el valor promedio de las longitudes medias (abdominal y cefalotorácica) mensuales.

Proporción de sexos.

El tamaño de muestra calculado para la estimación de la proporción de sexos en la población, fué de 384 ejemplares/mes.

La proporción de machos (p) a lo largo del período de muestreo osciló entre 0.45 y 1.13 (Tabla II, Fig. 13) por cada hembra. El valor de la proporción de sexos global fué de 1.00 : 0.80 (hembra : macho).

Tabla II. Proporción de sexos de la langosta *Panulirus argus* al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

MES	MACHOS	HEMBRAS
SEP	0.45	1.00
OCT	0.94	1.00
NOV	0.90	1.00
DIC	0.80	1.00
ENE	0.64	1.00
FEB	0.81	1.00
MAR	0.88	1.00
ABR	0.75	1.00
MAY	0.94	1.00
JUN	0.97	1.00
JUL	1.13	1.00
AGS	0.69	1.00

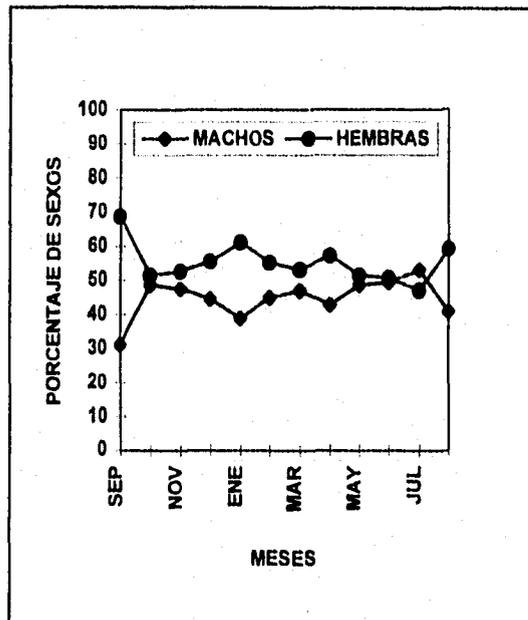


Figura 13. Distribución del porcentaje de sexos de *Panulirus argus* al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto de 1994.

El intervalo de confianza para el valor de p (proporción de machos) fue de $p \pm 0.01$; es decir $(0.79 \leq p \leq 0.81)$, lo que significa que con base en los datos de muestreo y con un nivel de confianza del 95%, el valor real de p en la población se encuentra entre 0.79 y 0.81, considerándose los valores fuera de este intervalo como resultado de factores no debidos al azar.

Como apoyo a lo anterior, en la tabla de contingencia (Tabla III) para probar independencia entre los eventos: sexo (macho y hembra) y mes del año para el periodo de estudio, se encontró que dichos eventos no son independientes entre sí. Por lo que se rechazó la hipótesis nula ($X^2 = 50.41 > X^2_{0.05,11} = 19.675$, $p < 0.05$) que establecía no dependencia entre los eventos.

Tabla III. Tabla de contingencia para probar independencia entre los criterios sexo (macho y hembra de *Panulirus argus*) y mes del año, para $p = 1 - \alpha$, $\alpha = 0.05$ y 11 gl.

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	TOTALES
MACHOS	99	189	199	166	156	182	60	51	52	39	263	166	1622
HEMBRAS	218	200	221	207	245	224	68	68	55	40	233	241	2020
TOTALES	317	389	420	373	401	406	128	119	107	79	496	407	3642

La proporción global de sexos (1.00 hembra : 0.80 macho) al término del ciclo anual de muestreo, presentó diferencias significativas de la relación 1:1 ($X^2 = 43.49 > X^2_{0.05,1} = 3.84$, $p < 0.05$). Asimismo, los resultados obtenidos en la prueba de independencia y el intervalo de confianza asociado al valor de p , denotaron que los valores mensuales de la proporción de sexos presentaron alta variabilidad.

La proporción de machos mostró su valor más bajo en el mes de septiembre ($p = 0.45$), asociado posiblemente a una menor participación de los machos en la actividad reproductora (apareamiento) durante este mes, y por lo tanto, al inicio de una reducción en la actividad reproductiva, que aunque en los meses de agosto y septiembre registra un incremento en el porcentaje de hembras ovígeras con respecto al mes de julio, en el mes de octubre ya es de menor importancia. Sin embargo, y debido al reclutamiento de juveniles observado en los meses de octubre, noviembre y diciembre, la proporción de machos duplica su valor y vuelve a decrecer en los meses subsiguientes hasta el mes de abril, con sus valores más altos en los meses de mayo, junio y julio, para empezar a disminuir nuevamente en el mes de agosto (Tabla II).

El hecho de que el porcentaje de hembras a lo largo del año fuera mayor que el porcentaje de machos, excepto en julio (Fig. 13) lleva a plantear que los machos presentan mayor movilidad que las hembras a lo largo del tiempo, lo cual coincide con lo encontrado por González-Cano (1991) y Marfin (1978) para *P. argus* y *P. guttatus*, respectivamente. Este último autor, señala que los machos efectúan migraciones, como parte de su comportamiento reproductivo y de crecimiento. Asociado esto, tal vez, a condiciones de temperatura. Por su parte, Lozano *et al.* (1982), señalan que las hembras ovígeras de *P. gracilis* y *P. inflatus*, tienden a ser más sedentarias y reclusivas que las no ovígeras o que los machos, por lo que sus movimientos para buscar alimento son más reducidos. Por su parte, Kancirik y Herrnkind (1976) mencionan que, sin considerar la época, existe una movilidad diferencial entre los sexos.

Los movimientos hacia afuera del área que presentan los machos, son debidos tal vez a la búsqueda de otras fuentes de alimento. Herrnkind (1980) considera a la falta de alimento como la principal causa que motiva a las langostas a moverse. Sin embargo, es probable que no sólo la cantidad del alimento disponible sea el motivo, sino también su calidad, asociada a los requerimientos nutricionales de cada sexo, dada su actividad y crecimiento diferencial.

Como apoyo al planteamiento de una mayor residencia local por parte de las hembras, se ha observado que éstas presentan alteraciones en sus requerimientos alimenticios en los períodos de actividad reproductiva (Phillips *et al.*, 1980) aunadas a una reducción en su actividad durante la incubación de los huevos, evitando así tanto su pérdida, como el ataque de los depredadores. Por tal motivo se considera que en caso de salir éstas de sus sitios de protección, deben hacerlo sólo a poca distancia.

Con relación a esto, durante el estudio se observaron hacia el este de la punta sur de Isla Mujeres en los meses de abril y septiembre, agrupaciones importantes con más de 50 individuos (45 machos, 54 hembras y 24 machos, 56 hembras respectivamente) con un 50 % aproximado de hembras en estado ovigero (23 y 31) sobre fondos cubiertos por "sargazo". Los pescadores, quienes denominan a estas agrupaciones "bolas" de langosta, mencionaron que éstas no presentaban ninguna actividad aparente. En ambas ocasiones, los pescadores coincidieron al describir el comportamiento de los machos, así señalaron, que éstos al verse amenazados, protegían a las hembras rodeándolas y mostrando sus antenas hacia el agresor en actitud de defensa. Este comportamiento también ha sido descrito por Kanciruck (1980).

De lo anterior se desprende que la permanencia de las hembras debe estar forzosamente asociada a una mayor disponibilidad de refugios en el área. El disponer de un refugio se ha considerado de gran valor adaptativo dentro de la relación depredador-presa (Herrnkind, 1980), al brindar protección a las hembras reproductoras y/o a la progenie. Heatwole *et al.* (1988) señalan, que las langostas son atraídas a las trampas por refugio más que por alimento. En su análisis, González-Cano (1991) supone incluso, desde el punto de vista pesquero, que la distribución espacial del stock es un refugio completo que se reduce, principalmente en tamaño, conforme la pesquería se desarrolla.

Por otra parte, Lozano, *et al.* (1993) y Herrera (1994) encontraron que en la franja de 10 a 30 m de profundidad, existe una alta permanencia de la langosta *P. argus* a lo largo de la plataforma continental fuera del arrecife coralino frente a la Bahía de la Ascensión (ubicada en la parte central de la plataforma costera de Quintana Roo; México), y en los arrecifes del SW de Cuba respectivamente. Este último autor registró además un intervalo de tallas que cae dentro del intervalo encontrado en el presente estudio (95 a 114 mm LC). Asimismo, Lozano *et al.* (1993) y Herrera e Ibarzábal (1994) coinciden al enfatizar la importancia de la disponibilidad de refugios naturales en el área, por lo que, Lozano *et al.* (1993) y Baisre y Herrera (1994) la establecen como una franja reproductiva, en donde Herrera (1994) observó que las langostas adecuan su alimentación a lo encontrado en el lugar según el tipo de fondo.

Lozano *et al.* (1993) no descartan la posibilidad de que las características fisiográficas y de profundidad en la zona de su estudio se repitan a lo largo de la plataforma costera de Quintana Roo, particularmente, desde Puerto Morelos hasta Xcalak, asignando a este habitat o franja reproductiva una gran importancia potencial como refugio espacial. Con respecto a esto, es de señalarse que durante el muestreo piloto uno de los pescadores pudo extraer una langosta macho con una talla abdominal de 272 mm y 183 mm de cefalotórax, a una profundidad cercana a los 40 m (\approx 135 pies) en una zona denominada "el cantil". Al describir el pescador el sitio, mencionó la existencia de una serie de cornisas en las que había una gran cantidad de langostas. Sin embargo, para el pescador ya no es posible tener acceso a ellas debido al método de pesca que éstos practican (buceo con Hooka o compresor) aunado a las fuertes corrientes existentes en dicha zona. Lo anterior, también pone en evidencia la existencia de un stock adulto no cuantificado en las zonas más profundas en Isla Mujeres.

El notable incremento en la proporción de machos durante el mes de julio podría tener relación con el aumento en el porcentaje de hembras con ovarios en estadio gonádico II (**Fig. 14**) como indicativo del final de la actividad reproductiva de la mayoría de las hembras durante el primer pico reproductivo, las cuales es probable que salgan del área en busca de alimento que les proporcione fuentes de origen protéico que les permita construir tejido de crecimiento somático (Hartnoll, 1985). En este sentido, Freeman (1991) considera al estado nutricional como un factor determinante del crecimiento celular. Acorde con esto, en agosto se registró un aumento considerable en el porcentaje de muda de las hembras (**Ver Fig. 22**), las cuales probablemente se reintegran al área en estudio, para protegerse de sus depredadores dada su condición de desventaja, y con ello se da nuevamente un incremento en su proporción.

Davis (1975) y Olsen *et al.*, (1975) coinciden con lo anterior al señalar que *P. argus* permanece en las áreas de reproducción en busca de protección durante el período de incubación, y que, después de la liberación de las larvas las hembras se dispersan o emigran hacia aguas someras con la consiguiente restauración de la proporción de sexos a la unidad en algunas áreas.

A pesar de que a lo largo del año existieron diferencias significativas en la proporción de machos y hembras, se encontró que los porcentajes obtenidos para cada sexo coinciden con los registrados por González *et al.* (1987), quienes analizaron información obtenida durante las temporadas de 1982 a 1987, en la misma zona de estudio para la misma especie. Esto sugiere una situación similar, con ciertos límites de variación anual, en la proporción de sexos en la población.

Con base en lo anterior, y de acuerdo con González-Cano (1991) quien ha considerado el uso de las clases anuales como un indicador para caracterizar los movimientos migratorios de *P. argus*, y con Sparre *et al.* (1989) quienes clasifican los movimientos migratorios en cinco tipos principales, la incorporación de individuos al área

se debe principalmente a las migraciones de juveniles y adultos, éstos últimos, con fines reproductivos. Asimismo, se considera a las migraciones verticales u horizontales con fines de alimentación o por la permanencia diferencial de individuos de cierta talla, como las causantes de las variaciones diarias en la proporción de sexos.

Lo expuesto hasta ahora, señala al área de estudio como un área propicia y de gran importancia para la actividad reproductiva de la especie; de ahí que independientemente del destino final de las larvas, el período de veda juega un papel importante para permitir a la población reponerse de la presión de pesca. Lozano *et al.* (1993) plantean que estas áreas reproductivas y sobre todo aquellas que permanecen inaccesibles a la pesca, funcionan como núcleos protegidos del stock desovante.

Por otro lado, la mayor permanencia de las hembras en el área de estudio, que es una de las principales áreas de captura, implica que éstas se encuentran más expuestas a ser capturadas por el pescador. Se desconoce el impacto que esto puede tener a nivel poblacional.

Estados gonádicos.

El porcentaje mensual de hembras en los diferentes estadios gonádicos (Fig. 14) muestra que el máximo desarrollo gonádico (Estadio IV) presentó dos picos, uno menor en el mes de septiembre y otro mayor en el mes de abril. Este último tiene inicio a finales del mes de febrero y empieza a declinar en el mes de mayo, para presentar su porcentaje mínimo en los meses de julio y agosto. Lo anterior concuerda en parte con lo registrado para esta misma especie en el noreste de Brasil por Cavalcante (1990), ya que este autor señala que el período de mayor frecuencia del estado gonádico IV, tuvo inicio en el mes de enero.

A partir del mes de mayo, se observó un aumento considerable en el porcentaje de hembras en estadio gonádico V, con un máximo en el mes de junio, sin señales de que las gónadas volviesen a madurar en corto tiempo. Esto indica un probable período de reposo y, por tanto, una reducción significativa en la actividad reproductora de la población. Este hecho se refuerza con el aumento considerable del porcentaje de hembras en estadio gonádico II (Fig. 14).

Los estadios gonádicos I y II presentaron sus porcentajes máximos en el período noviembre-enero y en el mes de julio.

El primer pico coincide con la incorporación de individuos jóvenes a la población capturable vía el proceso migratorio y el segundo con la ya señalada reducción de la actividad reproductora de la especie.

Porcentaje mensual de los estadios gonádicos de las hembras de *Panulirus argus*, capturadas al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

MES	ESTADIO GONADICO				
	I	II	III	IV	V
SEP n = 32		26.0	37.5	37.5	
OCT n = 7		42.9	28.6	28.6	
NOV n = 58		83.0	8.5	8.5	
DIC n = 42	33.3	61.9	2.4		
ENE n = 64	14.1	76.6	6.3	3.1	
FEB n = 50	38.0	54.0	2.0	6.0	
MAR n = 47	6.4	14.9	19.1	46.8	12.7
ABR n = 67	22.4		17.9	49.2	10.4
MAY n = 54	20.4	1.9	13.0	33.3	31.4
JUN n = 39	2.6	32.6		30.0	35.0
JUL n = 12	16.7	76.0	8.3		
AGS n = 16	60.0	40.0			

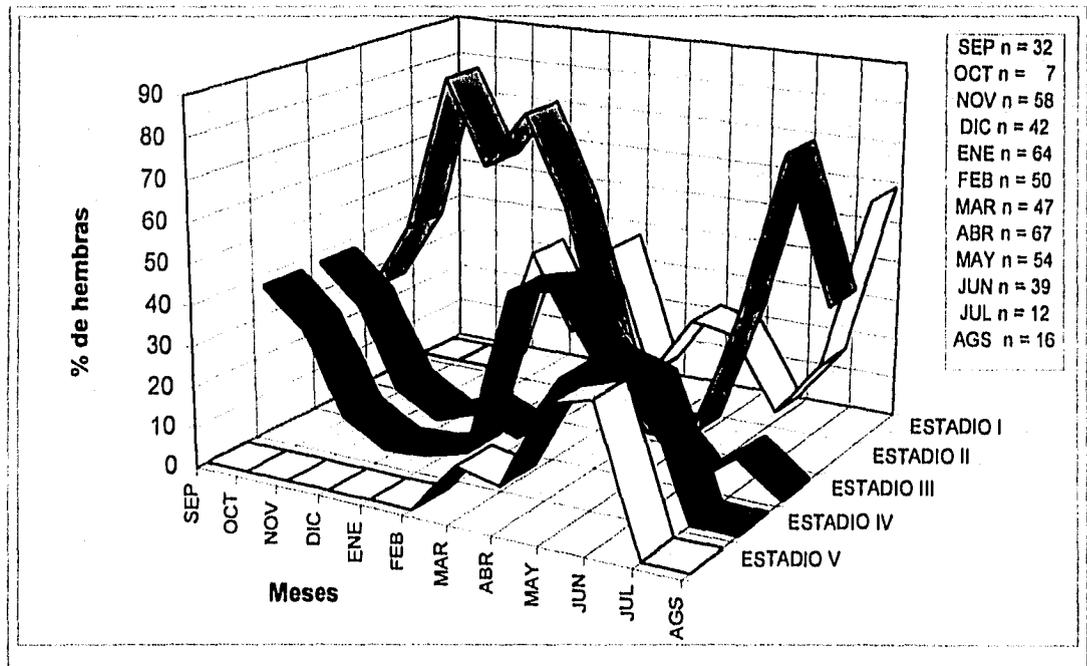


Figura 14. Distribución del porcentaje mensual de los estadios gonádicos que presentaron las hembras de *Panulirus argus* al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

- Presencia del espermátforo y desarrollo de las setas pleopódicas.

El muestreo de febrero tuvo lugar solamente en los primeros días de dicho mes, sin registrarse hembras en la fase sexual 2 (parchadas). No obstante, con base en los resultados de la distribución porcentual de los estadios gonádicos de las hembras (Fig. 14), así como en los resultados de la distribución del porcentaje de hembras con setas desarrolladas y setas ovígeras (Fig. 15), aunado a lo publicado por González *et al.* (1987) y González-Cano (1991), se infiere que es en febrero cuando tiene lugar el apareamiento, para dar paso a la maduración del ovario, desove y fecundación de los huevos en forma eslabonada. Esto concuerda con lo publicado por Cruz *et al.* (1987) quienes consideran al período de febrero a marzo como de maduración y apareamiento de *P. argus* en aguas cubanas, y en parte, con los estudios de Cavalcante (1990) al noreste de Brasil, quien encontró que el período de mayor abundancia de hembras con masa espermática fue de enero a abril.

La información concerniente a la presencia o ausencia del espermátforo en las hembras y la condición del mismo, será analizada junto con la información obtenida sobre los estadios gonádicos y la fase sexual de las hembras.

Con relación a la estimación visual de la longitud de las setas pleopódicas, una vez definidas las clases, de las 2020 hembras muestreadas durante el estudio, se consideraron para este análisis 1869 hembras (incluidas hembras castradas). Las series de datos en cada grupo o clase fueron graficadas en terminos del porcentaje que representaron, señalando que para una mayor apreciación de los cambios en las setas, el porcentaje de hembras con setas cortas y medianas se conjuntaron tomando en cuenta lo publicado por Gregory y Labisky (1981) (Fig. 15).

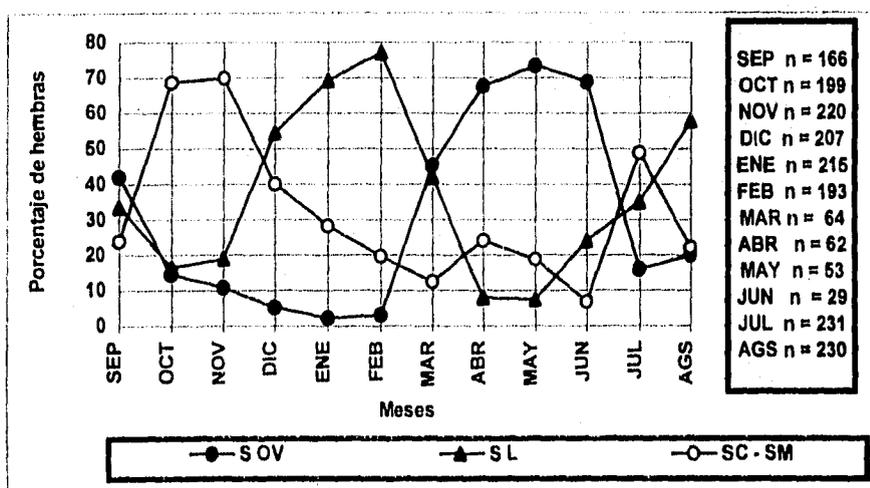


Figura 15. Porcentaje mensual de las hembras de *Panulirus argus* con setas cortas y medianas (SC - SM) (0 - 10 mm), setas largas (SL) (>10 mm) y setas ovígeras (S OV), capturadas al noreste de Quintana Roo durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

No se encontró relación alguna entre el desarrollo de las setas y el desarrollo ovárico. Se observó incluso que el mayor porcentaje de setas largas se dió en el mes de febrero, previo al inicio de la actividad reproductiva registrada en el mes de marzo (Ver Fig. 15 y Tabla I) con un estadio ovárico II generalizado en las hembras (Fig. 14). Por lo que el largo máximo de las setas se alcanzó cuando las hembras se encontraban aún en un estadio gonádico temprano de desarrollo. Esto concuerda con lo publicado por Chittleborough (1974). Por lo que, para que las setas cumplan su función como estructura fijadora de huevos, se requiere que la hembra haya alcanzado tanto su madurez fisiológica como funcional (Phillips *et al.*, 1980); es decir, que ésta sea capaz de producir huevos, de aparearse y expulsarlos para que sean fertilizados.

La distribución porcentual de las setas largas y las setas ovígeras (Fig. 15) denota que estos eventos podrían ser considerados como secuenciales. La importancia de este hecho se discute más adelante.

- Presencia de masa ovígera en las hembras.

Durante los muestreos realizados, se pudieron observar marcadas diferencias entre las hembras capturadas en las áreas de pesca de Isla Contoy e Isla Mujeres con respecto a su condición reproductiva. Se encontró que independientemente de su talla, e incluso con tallas mayores que las de las hembras obtenidas en Isla Mujeres, las hembras capturadas en Contoy no presentaron indicios de actividad reproductiva. Sin embargo hay que señalar que los muestreos en Isla Contoy, abarcaron solo una parte muy pequeña de los caladeros de pesca en esta zona (Ver Fig. 2), por lo que no se descarta la posibilidad de la existencia de un stock reproductor a mayor profundidad, en el área restante no muestreada, o bien en otra época del año.

Aunque no se llevó un registro de parámetros hidrológicos, se estima que una de las posibles causas de estas diferencias, lo constituya la temperatura de las masas de agua en ambas áreas. En Isla Contoy, generalmente, se presentan temperaturas menores a las que normalmente se registran en el área de Isla Mujeres. Sin embargo, habría que señalar que esta última sufre la influencia de dichas masas de agua "fría" en su parte norte. Por lo tanto, parece existir un gradiente de temperatura de menor a mayor en dirección norte-sur hacia Isla Mujeres. Los resultados presentados por Merino (1992) referentes a la existencia de un proceso de afloramiento o surgencia en la parte norte de la plataforma de Yucatán con la formación de un giro ciclónico frente a Cabo Catoche, implican grandes efectos en la dinámica de las masas de agua y la productividad en la zona, lo cual tiene repercusiones pesqueras de gran importancia. Este investigador encontró que el afloramiento presenta un comportamiento estacional al igual que la corriente de Yucatán. Así como, que durante la primavera y el verano el agua aflorada invade la plataforma por el talud oriental de la plataforma de Yucatán. Las características de este afloramiento son: un

ascenso, de agua subsuperficial con temperaturas de 16 a 20⁰ C, salinidades de 36.1 a 36.6 10⁻³, y 6 a 11 $\mu\text{mol (l)}^{-1}$ de nitrato, con ingreso a la zona eufótica, sin llegar a la superficie marina. Aunque dicho afloramiento presenta su mayor influencia en la zona norte de la plataforma de Yucatán es posible que, debido al giro ciclónico frente a Cabo Catoche, esta agua aflorada con temperaturas menores a las de la capa superficial tenga también influencia en el área de Isla Contoy y la parte norte de Isla Mujeres.

En coincidencia con lo anterior, se encontró en este estudio una mayor frecuencia de hembras ovígeras hacia el sur y sureste de Isla Mujeres. Por otro lado, no se tienen registros de hembras en actividad reproductiva en Isla Holbox, ubicada al norte de Isla Contoy (Ver Fig. 2) (Aguilar, com. per.). Aunque esto, pudiera estar relacionado con las tallas de los organismos, que en general son menores que las de los organismos capturados en Isla Mujeres, tampoco se tiene registro de actividad reproductora en ejemplares de talla grande, considerados como migratorios (González-Cano, com. per.). Por otro lado, Padilla-Ramos y Briones-Fourzán (en prensa), mencionan que en la temporada de pesca 1992-93, el porcentaje de hembras ovígeras en Puerto Morelos durante diciembre y enero se mantuvo alrededor del 10%, en contraste con un promedio de 2% registrado en Isla Mujeres por Fuentes (1988) y Aguilar y González-Cano (1987), y que resulta ser similar con el 3.6% promedio obtenido, para diciembre-enero, en el presente trabajo. Asimismo, llama la atención el hecho de que Cavalcante (1990) haya registrado que el período de mayor frecuencia del estadio gonádico IV en *P. argus*, al norte de Brasil, tenga su inicio en el mes de enero. Esto parece sugerir la existencia de un gradiente reproductivo de norte a sur, en la zona de estudio, asociado probablemente con la temperatura del agua.

Con respecto a la relación entre la madurez ovárica y la temperatura, Byard (1975) señala que la vitelogénesis se reduce considerablemente durante el invierno (temperaturas bajas) y se acelera durante la primavera (temperaturas altas). Baisre y Herrera (1994) a su vez, coinciden en señalar que la época y duración de la estación reproductiva de *P. argus* parecen estar fuertemente relacionadas con un gradiente latitudinal donde es probable que la temperatura juegue un papel importante. Por su parte, Briones (1991b) en un estudio realizado sobre *P. guttatus* (especie simpátrica de *P. argus*) en el área de Puerto Morelos, Quintana Roo, señala que los resultados arrojan evidencias de una relación entre las épocas de máxima reproducción con las máximas temperaturas del agua, acorde esto con lo publicado por Chitty (1973) para esta misma especie. Por tal razón, es posible que en los meses más cálidos exista una mayor actividad reproductiva de *P. argus* en el área de Contoy.

Sin embargo, las visitas a las áreas de captura en Isla Contoy fueron esporádicas, lo cual impidió hacer un análisis comparativo para cada área.

Aunque se encontraron hembras ovígeras durante todo el período de muestreo (Fig.16), mayo fue el mes de máximo porcentaje (70.9%), con una reducción porcentual en los meses de julio y agosto, para volver a aumentar en septiembre (32.1%). Con esta información y la obtenida sobre la distribución mensual porcentual de las fases sexuales

(Fig. 17), se desprende que la langosta *P. argus* presentó reproducción a lo largo del año con un período de mayor intensidad en el que se aprecian dos picos reproductivos ubicados en orden de importancia durante la primavera (marzo - junio) y en el verano-otoño (agosto-octubre).

Cabe señalar aquí que, aunque porcentualmente hubo pocas hembras ovígeras en febrero (Tabla I, Fig. 16), se aprecia en ese mes un reclutamiento de individuos, de talla grande, que confluyen hacia el área posiblemente, con fines reproductivos. Lo cual es importante en términos de la energía acumulada y canalizada hacia la producción de biomasa (progenic) por el grueso de la población. De ahí que sería importante considerar el inicio del período reproductivo a partir de este mes, y por lo tanto establecer el período de veda a partir del mismo, lo cual permitiría, por un lado, la existencia potencial de un mayor número de individuos que coadyuvan al sostenimiento de la población a través de su reproducción, y por otro, el que el período establecido para la veda logre su objetivo principal, que es el de permitir que un mayor número de juveniles crezcan y se recluten a la pesquería, para la obtención ulterior de un mayor rendimiento durante la temporada de pesca (Briones, 1991). Lo cual no se lograría del todo, al ser capturados reproductores potenciales por los pescadores.

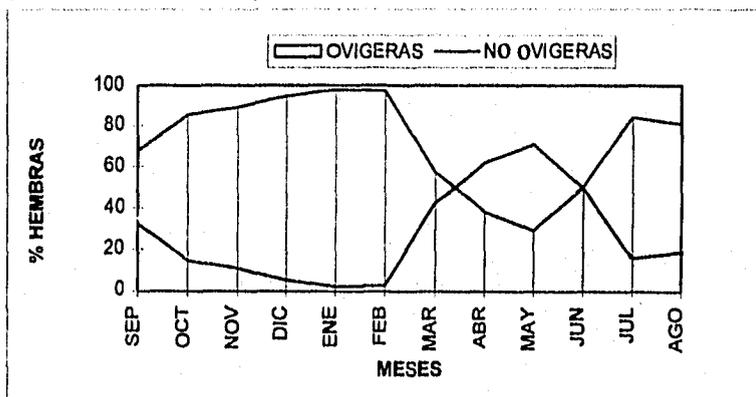


Figura 16. Distribución del porcentaje de hembras ovígeras y no ovígeras de *Panulirus argus* a lo largo del ciclo septiembre 1993 - agosto 1994.

Asimismo, en términos generales, el porcentaje anual de las hembras ovígeras que se registró en el área, fue del 17.72%. Este valor coincide con el porcentaje promedio obtenido por González *et al.* (1987) y González-Cano (1991) a lo largo de seis temporadas (1982 - 1988). Lo que parece indicar un porcentaje anual constante de reproducción, en el área de estudio. Al respecto, y con excepción de González-Cano (1991), no se encontraron resultados publicados por otros investigadores en otras áreas, que señalen un comportamiento similar en la proporción de hembras ovígeras, durante diferentes temporadas de captura.

Porcentaje mensual de la fase sexual de las hembras de *Panulirus argus*, capturadas al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

MES	FASE SEXUAL					
	1	2	3	4	5	6
SEP n = 89	46.7	11.6	28.1	13.5	16.7	13.5
OCT n = 27	44.4	7.4	29.6	3.7	14.8	
NOV n = 78	71.8	2.6	17.9	1.3	5.1	1.3
DIC n = 46	88.2		11.1	2.2	4.4	
ENE n = 77	90.4	3.6	3.6	1.2		1.2
FEB n = 66	89.3		10.7			
MAR n = 47	27.7	25.5	36.2	8.5	2.1	
ABR n = 62	24.2	16.1	27.4	11.3	19.3	1.6
MAY n = 53	24.5	1.9	45.3	1.9	22.6	3.8
JUN n = 40	10.0	7.5	22.6		27.5	32.5
JUL n = 13			84.6			15.4
AGS n = 43	19.0		42.9	4.8	21.4	11.9

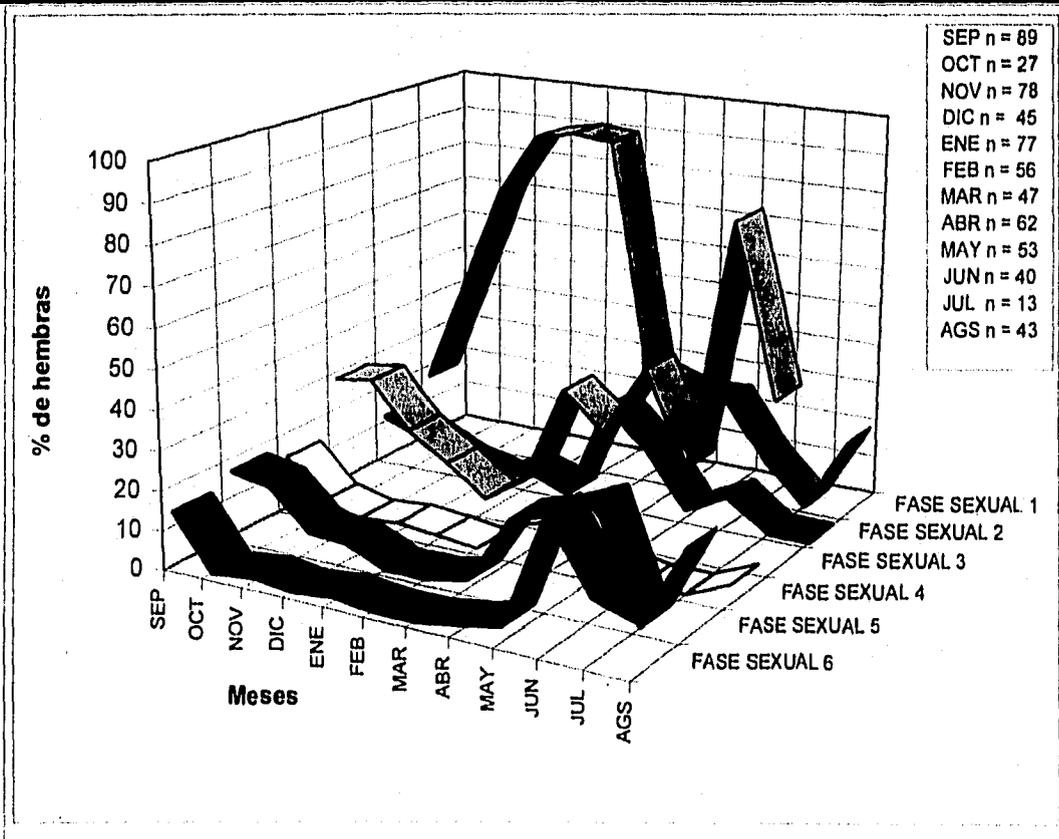


Figura 17. Distribución del porcentaje mensual de las fases sexuales que presentaron las hembras de *Panulirus argus* al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994.

Del número total de hembras ovígeras (358 = 100%), se registró un porcentaje del 36% durante el primer pico de reproducción (marzo-junio) y un 50.8% en el segundo (julio-octubre). Sin embargo, al parecer existe una mayor contribución relativa de huevos a la población (Aiken y Waddy, 1980) durante el primer pico reproductivo, ya que, aunque en ambos participan hembras de talla grande y pequeña (mayor y menor a 160 mm LA), durante el primer pico predominaron las primeras, invirtiendo su participación durante el segundo pico reproductivo.

Sobre esto último, Cruz y de León (1991) encontraron justamente lo contrario. Sin embargo, Lipcius (1985) y Briones *et al.* (1988) coinciden en señalar una mayor participación de hembras pequeñas en el verano.

Los dos picos de reproducción se encuentran separados por una considerable reducción en la actividad reproductiva de la mayoría de las hembras, reflejado en el alto porcentaje del estadio gonádico V (ovarios desgastados) durante el mes de junio, y el consecuente aumento en el porcentaje del estadio gonádico II, en los meses de julio y agosto. Por lo que se plantea que el segundo pico incluye tanto hembras que ya habiendo desovado durante el primero, presentan un segundo desove, como aquellas que desovan por primera vez dadas las altas temperaturas registradas en el verano lo cual es probable estimule la maduración de las hembras de menor talla.

Los resultados obtenidos también concuerdan con los publicados por otros autores en distintas áreas dentro de la amplia distribución latitudinal de la especie, en los que se señala que la reproducción, aunque muestra signos de llevarse a cabo durante todo el año, usualmente comienza en la primavera temprana con picos en abril o mayo y declina hacia el verano con una marcada reducción a finales de otoño y durante el invierno (Smith, 1948; Sutcliffe, 1952; Paiva y Fonteles-Filho, 1968; Allsopp, 1968; Olsen *et al.*, 1975; Davis, 1977; Briones *et al.*, 1988; Cavalcante, 1990; Cruz y de León, 1991; Baisre y Herrera, 1994; Padilla-Ramos y Briones-Fourzán (en prensa)).

Al continuar con el análisis de la distribución mensual porcentual de las hembras ovígeras (Fig. 17), se registró un aumento considerable de la fase sexual 3 en el período marzo-agosto, con un punto máximo en el mes de julio y su mínimo en el mes de enero. Parece ser que la fase sexual 4 es de corta duración, ya que los porcentajes mensuales registrados a lo largo del año fueron bajos comparados con el resto de las fases sexuales. Algo similar se ha encontrado en *P. gracilis* y *P. inflatus* (Briones-Fourzán y Lozano-Alvarez, 1992). El período de liberación de larvas (Fases sexuales 5 y 6), aunque se inició en el mes de abril, presentó su máximo en el mes de junio, para ambas fases, con picos menores en abril y agosto, y sus valores mínimos a partir de octubre.

Así también, después de apreciarse un aumento en el porcentaje de la fase sexual 3 en el mes de marzo, se presentó con un mes aproximado de separación el aumento en el porcentaje de la fase sexual 5 (Ver Fig. 17), así como un pico porcentual importante en el mes de mayo y a su vez un pico de las fases sexuales 5 y 6 en el mes de junio, sucediendo

lo mismo para el pico registrado de la fase 3 en el mes de julio y el subsecuente aumento de la fase 5 en el mes de agosto.

Lo anterior permite estimar de manera indirecta, la duración de "incubación" de la masa de huevos por la hembra. Briones (1988) señala una duración de incubación de 2 a 3 semanas y Cruz *et al.* (1987) de 3 a 4 semanas. Aunque la duración del período de "incubación" depende entre otros factores del fotoperíodo y la temperatura la cual incide en el inicio de la liberación de larvas por las diferencias en el desarrollo de los embriones como una respuesta diferencial a la misma (Phillips *et al.*, 1980), la eclosión puede ser escalonada (Perkins, 1972) y no sincrónica o de "golpe". Phillips *et al.* (1980) mencionan también que la eclosión, en la mayoría de las especies de langostas, normalmente ocurre por la noche durante varias noches. A su vez, Ennis (1973) enfatiza el valor de sobrevivencia de este hecho con respecto a la depredación de las larvas.

Los porcentajes del estadio gonádico con respecto a la fase sexual de las hembras (Tabla IV), indican que en el mes de diciembre existió un alto porcentaje (30.3%) de hembras en estado gonádico I, así como también en los meses de febrero (39.1%), abril (24.6%) y mayo (21.1%), lo cual coincide con el aumento de hembras pequeñas en dichos meses. Por otro lado, en esta misma tabla se puede observar como a partir del mes de marzo hasta junio e inclusive septiembre, octubre y noviembre, es común encontrar hembras en el estadio gonádico IV (máximo desarrollo ovárico) que se encuentran a su vez en estado ovígero (fases sexuales 3, 4 o 5), lo cual sugiere que una hembra puede presentar más de un desove en la temporada de reproducción. Esto aumenta en gran medida su contribución relativa de huevos a la población, dado que ésta depende de la frecuencia de oviposición, el número de huevos que la hembra produce cada vez, y la proporción de la población que representa (Aiken y Waddy, 1980).

Para tener más elementos sobre esto, se incorporó a esta información la presencia de espermátforo o parche nuevo. Se analizaron para ello un total de 304 hembras (100%) en las cuales se registraron las tres características al mismo tiempo, es decir masa ovígera, estadio gonádico y parche nuevo. De este total, 40 hembras (13.2%) presentaron evidencias de un segundo desove. No obstante dicho porcentaje podría haber sido mayor, ya que no fueron consideradas hembras ovígeras que aunque presentaban estadio gonádico IV no presentaban masa espermática, o bien aunque presentaban esta última, sus gónadas estaban en estadios de desarrollo III o V, condiciones que de alguna manera sugieren un probable segundo desove. Los resultados - registrados como número de organismos por clase de talla abdominal (LA) y cefalotorácica (LC), y porcentaje mensual y estacional (Tablas V y VI) - mostraron que las hembras presentaron un segundo desove con un mayor porcentaje durante la primavera (abril 26.23% y mayo 19.61%) con respecto al verano (septiembre 9.37%) y otoño (octubre 14.28%). Asimismo, a diferencia del verano-otoño, se observó en primavera una mayor participación de las hembras de diferentes clases de tallas.

Debido a que el muestreo del mes de marzo se realizó a finales del mismo, los datos quedaron comprendidos dentro del período estacional de primavera.

TABLA IV. Porcentaje mensual del estadio gonádico con respecto a la fase sexual de las hembras de *Panulirus argus* en las áreas de captura al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994. Se careció de esta información en su forma conjunta, en los meses de julio y agosto.

SEP n=32						FEB n=46					
FASE SEXUAL	ESTADIO GONADICO					FASE SEXUAL	ESTADIO GONADICO				
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
1		3.2	6.4	3.2		1	39.1	58.7		2.2	
2		3.2	6.4	6.4		2					
3			22.6	9.7		3					
4		12.9				4					
5				12.9		5					
6		3.2	3.2	6.4		6					
OCT n=7						MAR n=47					
1		37.5		12.5		1	6.4	14.9	4.2	2.1	
2			12.5			2				25.5	
3			12.5			3			8.5	14.9	
4						4			6.4	2.1	12.8
5				25.0		5				2.1	2.1
6						6					
NOV n=52						ABR n=61					
1		77.3	1.9	3.8		1	24.6				
2		1.9		1.9		2			1.6	13.1	6.6
3			7.5	3.8		3			8.2	13.1	6.6
4						4			4.9	3.3	3.3
5						5				18.0	1.6
6		1.9				6				1.6	
DIC n=33						MAY n=52					
1	30.3	63.6	3.0			1	21.1	1.9			
2						2				1.9	
3						3			7.7	13.5	25.2
4						4					1.9
5				3.0		5			3.8	17.3	1.9
6						6					3.8
ENE n=53						JUN n=39					
1	7.7	76.9	1.9	1.9		1	2.6	7.5			
2		1.9	3.8			2				7.5	
3		1.9		1.9		3				5.0	17.5
4			1.9			4					
5						5		10.0		15.0	2.5
6						6		15.0		2.5	15.0

LONGITUD ABDOMINAL (mm)	Tabla V. Número y porcentaje observado de hembras ovígeras (fases sexuales 3,4 o 5) de la especie <i>Panulirus argus</i> en estadio gonádico IV y con espermatóforo o "parche" completo, durante el periodo de septiembre 1993 - agosto 1994 en la parte noreste de Quintana Roo.											
130 - 139,9												
140		1	1				1					
150	1		4	2								
160		2										
170		3	1	1								
180		2					1					
190		2										
200		2	2				1					
210	2	1	1									
220	2	2	1	2								
230		1						1				
240												
250												
% TOTAL	10.86	26.23	19.61	12.82			9.37	14.28				
n total = 304	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
n mensual	46*	61*	51*	39*	**	**	32*	7*	21*	0*	1*	46*
	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		

* Número de organismos en los que fue posible observar las tres características **En estos meses no se registró esta información en forma conjunta.

LONGITUD CEFALOTORACICA (mm)	Tabla VI. Número y porcentaje observado de hembras ovígeras (fases sexuales 3,4 o 5) de la especie <i>Panulirus argus</i> en estadio gonádico IV y con espermatóforo o "parche" completo, durante el periodo de septiembre 1993 - agosto 1994 en la parte noreste de Quintana Roo.											
75 - 79.9												
80			1	1			1					
85	1	2	4	1								
90		3										
95		1	1									
100		2		1			1					
105		1	1									
110		1	1									
115	3	4	1				1					
120	1	1						1				
125		1	1	2								
130												
135												
140												
145												
% TOTAL	10.86	26.23	19.61	12.82			9.37	14.28				
n total = 304	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
n mensual	46*	61*	51*	39*	**	**	32*	7*	21*	0*	1*	46*
	PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO			INVIERNO		

La presencia de un segundo desove por período reproductivo ha sido registrado en otros crustáceos (Brockhuysen, 1941; Nye, 1977 y Wear, 1970), y en otras especies de langosta del género *Homarus* (Bumpus, 1891; Krouse, 1973; Templeman, 1936) y *Panulirus* (Ino, 1950). Reportándose por Sutcliffe (1952), Lipcius (1985), Cruz y de León (1991) y Briones y Lozano (1992) la capacidad de *P. argus*, para desovar más de una vez durante la temporada reproductiva.

Cruz y de León (1991) mencionan cuatro ciclos de desove en un año para esta misma especie en aguas del archipiélago cubano, principalmente en las tallas de 90 a 110 mm LC. En el presente estudio el intervalo de tallas de las hembras con un segundo desove estuvo entre 80-125 mm LC (140-230 mm LA), con porcentajes similares en todos los intervalos de tallas.

Del total de hembras para este análisis ($n = 304$), la presencia de parche completo se observó en hembras en estadio de desarrollo ovárico II, III, IV y V, con una mayor frecuencia de hembras en estadio gonádico IV. Cavalcante (1990) señala que la masa espermática se encuentra asociada casi siempre con un estadio gonádico IV, y Aiken y Waddy (1980), mencionan que es raro encontrar hembras con ovarios inmaduros (Estadio I) y masa espermática, por lo que se supone que una feromona asociada a la vitelogénesis temprana a partir del estadio ovárico II, es la responsable de incitar al macho al apareamiento (Berry, 1970; Rudd y Warren, 1976). No obstante que Dunham (1978) señala la necesidad de demostrar la presencia de dicha feromona, es probable que en términos de un mayor aprovechamiento de la energía canalizada a la producción de gametos, el macho requiera de una "señal" que le indique que una hembra está apta para el apareamiento y por ende asegurar una utilización efectiva del esperma.

Por otro lado, Wilson (1948) y Phillips *et al.* (1980) mencionan que ni la presencia del espermátforo es evidencia contundente de la madurez ovárica de la hembra, ni la ausencia de éste es indicativo de inmadurez. En el presente estudio se encontraron resultados acordes a esto, ya que de las 304 hembras en las que fue posible registrar su fase sexual y su fase gonádica al mismo tiempo, fueron encontradas nueve hembras (3.0 %) en estadio gonádico II con parche y diez hembras (3.3 %) en estadio gonádico IV sin éste, con una frecuencia de mayor a menor en los meses de septiembre, febrero noviembre, enero, y marzo. Por tal motivo, a diferencia de otros investigadores, no fue considerada esta característica para la estimación de la talla de primera madurez sexual.

Con respecto a la utilización de la masa espermática por la hembra para fertilizar dos masas ovígeras consecutivas, Cruz y de León (1991) indican que sus resultados no apoyan este planteamiento por lo que suponen, al igual que Kanciruck y Herrnkind (1976), que un segundo apareamiento ocurre antes o después de la eclosión de las larvas de la primera masa ovígera. Berry (1971), Gregory y Labisky (1981) y Briones-Fourzán y Lozano-Alvarez (1992) también han registrado hembras ovígeras con espermátforo nuevo.

En este sentido, las observaciones del actual estudio apoyan el hecho de que cuando una hembra ovígera se encuentra en condición de máximo desarrollo ovárico y con un espermátforo desgastado, las hembras pueden tener un segundo apareamiento antes de la eclosión de la primera masa ovígera.

No obstante, Berry (1970) y Cruz y de León (1991) señalan que cuando las hembras utilizan solamente una fracción del espermátforo, se debe a que los machos, normalmente mayores que la hembra, no regulan el tamaño del paquete espermático en el momento del apareamiento. Otra posible explicación de este fenómeno es el que la hembra solo utilice la fracción del espermátforo necesaria para la fertilización de una segunda expulsión de huevos, la cual puede ser menor (en número) que la primera.

Sin embargo, en algunas hembras ovígeras con **ovario maduro**, se observaron masas espermátforicas casi completas o parcialmente usadas, por lo que se plantea aún como probable el que un paquete de espermatozoides pueda ser usado más de una vez, tomando en consideración el hecho de que, a diferencia de los géneros *Palinurus*, *Puerulus* y *Linuparus*, en los que el espermátforo embebido en una matriz gelatinosa es de corta vida, el género *Panulirus* tiene un espermátforo relativamente complejo y de larga vida, con una superficie externa dura y resistente que protege al tubo del esperma arreglado en su interior (Berry y Heydorn, 1970).

Por tanto, se hace necesario realizar observaciones *in situ* o en condiciones de cautiverio, para determinar si la masa espermátforica se utiliza más de una vez. Street (1969) señala que esto puede ser de poco beneficio para aquellas especies que, como en el caso de las langostas espinosas, se aparean en condición dura de caparazón y son capaces de expulsar huevos hasta por cuatro veces en un período de doce meses.

Talla de primera madurez sexual

La talla de primera madurez sexual, determinada bajo los criterios descritos, fué la siguiente:

HEMBRA MAS PEQUEÑA CON:

	SETAS DESARROLLADAS (> 10 mm)	ESTADIO GONADICO IV	CONDICION OVIGERA
LONGITUD ABDOMINAL (mm)	131.0	131.0	133.0
LONGITUD CEFALOTORAX (mm)	72.7	72.7	74.8

Los intervalos de confianza de la talla mínima promedio para las hembras ovígeras y no ovígeras, obtenidos a partir de las tallas mínimas mensuales registradas en las capturas, fueron los siguientes:

	LONGITUD CEFALOTORAX (mm)	LONGITUD ABDOMINAL (mm)
HEMBRAS OVIGERAS	(80.8 < 85.7 < 90.6)	(142.2 < 151 < 159.8)
HEMBRAS NO OVIGERAS	(61.3 < 65.1 < 68.9)	(108.4 < 114.3 < 120.2)

Como puede observarse, entre el límite superior (68.9 mm) del intervalo de confianza para la talla mínima de una hembra no ovígera con respecto al valor del límite inferior (80.8 mm) de la talla mínima de una hembra ovígera, existe una diferencia aproximada de 10 mm de LC, y de 22 mm de LA. Es probable que este intervalo de talla esté asociado con la denominada muda de pubertad (Pérez, 1928), la cual tiene lugar en la mayoría de los crustáceos y separa la última muda inmadura del primer estado maduro.

Según Hartnoll (1985), en las hembras, esta muda es acompañada por cambios en las estructuras que portan los huevos. Los pleópodos se extienden y se desarrollan las setas en donde se adhieren los huevos, el abdomen se amplía o ensancha para adoptar la forma de una cámara incubadora durante el desarrollo de los huevos. Este autor señala también que el reconocimiento de la muda de pubertad es crucial para el análisis de la estrategia de crecimiento reproductivo de cualquier especie.

Hunt y Lyons (1986) detectaron un notable decremento en las tasas de crecimiento para *P. argus* entre los 71 - 75 y 76 - 80 mm (LC), y señalaron que la talla de primera maduración debe encontrarse alrededor de los 75 mm (LC). Lo anterior, parece apoyar el planteamiento de que la diferencia entre los intervalos de confianza está probablemente asociado con la muda de pubertad.

Con base en estos resultados, la talla mínima legal vigente (145 mm LA) se encuentra dentro del intervalo de confianza para la longitud abdominal de las hembras ovígeras.

Sin embargo, la talla mínima de captura permitida (135 mm LA) en la zona centro del estado, específicamente en la Bahía de la Ascensión, se encuentra en el intervalo de los organismos considerados como púberes o preadultos. Esto último concuerda con lo publicado por Briones et al. (1988) y Lozano et al. (1991) quienes registraron que los únicos individuos con indicios de actividad reproductiva en esta área se encontraron hacia la zona arrecifal, y presentaban tallas superiores a los 80 mm (LC), sin observarse evidencias de actividad reproductiva en el resto de la Bahía, en la que la mayoría de los organismos presentan tallas inferiores a éstas. Aunque a primera vista, la captura de organismos preadultos en esta zona pareciera tener algún efecto sobre la población, Briones y Lozano (1992) señalan al respecto, que aquí el período de veda juega un papel importante al permitir la salida de estos juveniles y su incorporación al stock reproductor localizado fuera de la zona arrecifal, en donde las características fisiográficas y de profundidad tornan inaccesible el recurso a los pescadores en el área. La existencia hipotética del stock reproductor en esta zona fue planteada por Lozano et al. (1991) y confirmada posteriormente por Lozano et al. (1993).

Como resultado de lo expuesto hasta ahora, los casos registrados de hembras ovígeras por debajo de los 69 mm (LC) (Aguilar y González, 1987 y FAO, 1968) deben ser considerados como casos excepcionales, desde el punto de vista pesquero (Buesa, 1965, 1972), ya que como lo señalan Cruz y de León (1991), la talla de primera madurez sexual, debe ser un atributo de la población y no una característica de ciertos organismos aislados.

Al considerar, la talla de madurez sexual bajo el criterio de la talla correspondiente al 50% acumulado (Fig. 18), los resultados fueron los siguientes:

	LONGITUD CEFALOTORAX (mm)	LONGITUD ABDOMINAL (mm)
HEMBRAS CON SETAS DESARROLLADAS	101.0	176.0
HEMBRAS EN ESTADO GONADICO IV	99.0	174.0
HEMBRAS OVIGERAS	99.0	172.0

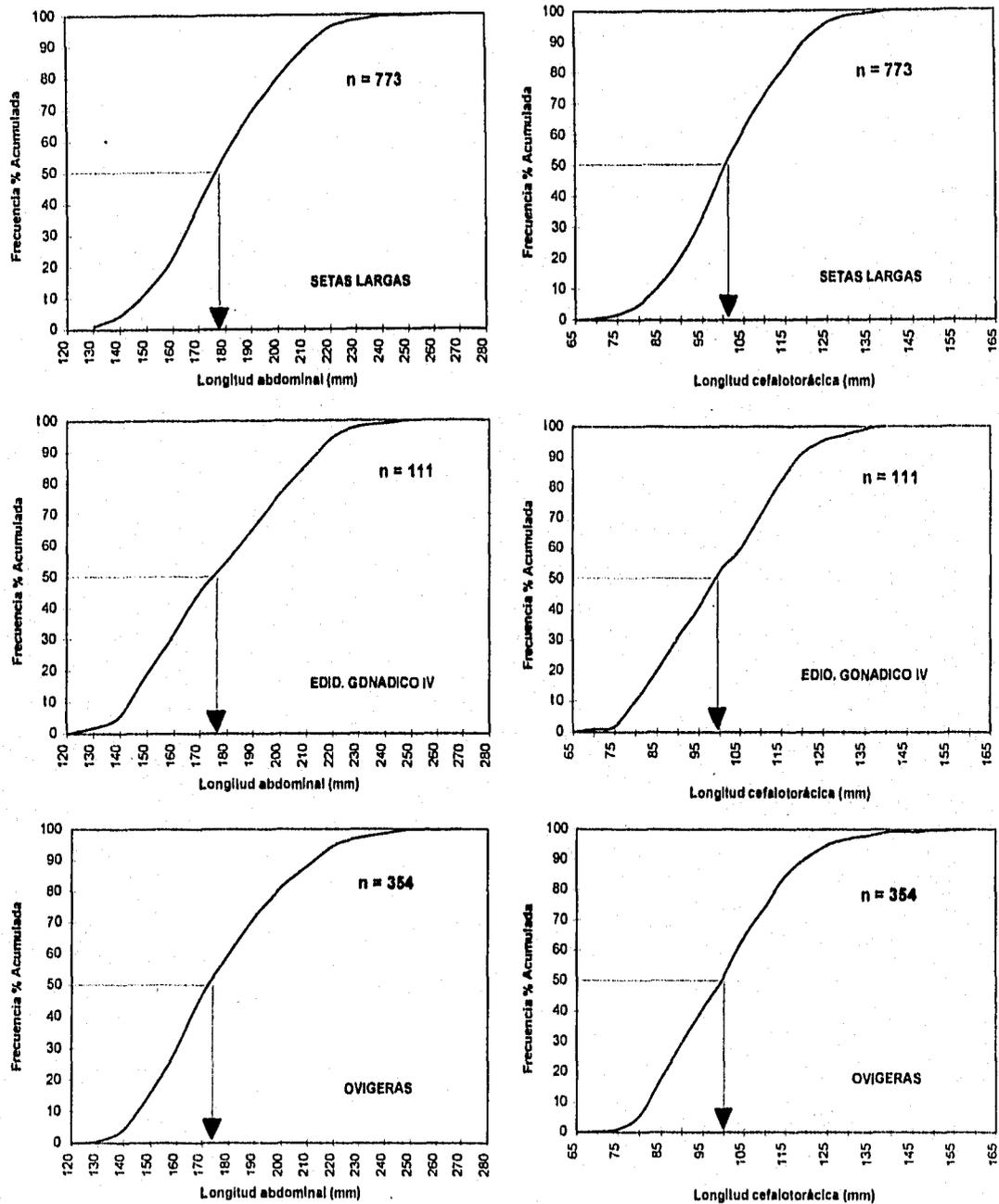


Figura 18. Talla de primera madurez. Longitud abdominal (LA, mm) (gráficas izquierda) y Longitud Cefalotorácica (LC, mm) (gráficas derecha) de *Panulirus argus* correspondiente al 50% acumulado de hembras con setas largas (> 10 mm), potencialmente reproductivas o en Estado gonádico IV y con masa ovigera.

Con el fin de comparar cualitativamente los resultados obtenidos con los de otros investigadores, se consideraron los valores del intervalo de confianza de la talla mínima promedio de una hembra ovígera. Se encontró que independientemente del criterio empleado por los otros investigadores una vez recalculados sus datos (Baisre y Cruz, 1994), los resultados aquí obtenidos, coinciden con los publicados por:

AUTORES	CARACTERISTICA DE MADUREZ	TALLA (LC mm)	AREA
Gregory y Labisky (1981)	E/M	80 - 85	Florida
Gregory <i>et al.</i> (1982)	E/M	80 - 85	Florida
Alken (1983)	E/M	84	Jamaica
Soares y Cavalcante (1985)	E/M	84*	Brasil
González <i>et al.</i> , (1987)	M	85.9**	México
Evans (1990)	M	81 - 82*	Bermuda
Cruz y de León (1991)	E/M	81*	Cuba

E= Espermátforo M= Masa ovígera * Estos datos no fueron recalculados por Baisre y Cruz (1994)

** Valor aproximado, ya que los autores reportan la talla mínima en 15.51 cm LA.

En parte con los publicados por:

AUTORES	CARACTERISTICA DE MADUREZ	TALLA (LC mm)	AREA
Buesa (1965)	M	78 - 81	Cuba

No son comparables con los reportados por:

AUTORES	CARACTERISTICA DE MADUREZ	TALLA (LC mm)	AREA
Paiva y Costa (1963)	E/M	78	Brasil
Davis (1975)	M	96 - 105	Florida
Kanciruk y Herrnkind (1976)	M	96 - 100*	Bimini
Anónimo (1979)	M	92*	Brasil
Lyons <i>et al.</i> (1981)	E/M	77 - 78	Florida

*datos no recalculados bajo el criterio de Baisre y Cruz (1994)

Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos bajo el criterio de la talla donde se agrupa el 50% de las hembras a) con setas desarrolladas, b) en estadio gonádico IV y c) con masa ovígera, sólo se coincide con los siguientes autores:

AUTORES	CARACTERÍSTICA DE MADUREZ	TALLA (LC mm)	TALLA (LA mm)	AREA
Davis, (1975)	M	96 -105		Florida
Kanciruk y Herrnkind (1976)	M	96 -100*		Blimini
González-Cano (1991)	M	98 -102**	175 - 182	I. Mujeres

*datos no recalculados bajo el criterio de Baisre y Cruz (1994) **Datos de LC calculados con la ecuación de la pg. 23

Con respecto a la talla calculada por Davis (1975), comparable a la obtenida en el presente trabajo, Cruz y de León (1991), señalan que ésta se debió tal vez a errores asociados al procesamiento de los datos. Asimismo mencionan que las diferencias publicadas en las tallas de primera madurez entre poblaciones adyacentes de la misma especie se deben, en parte, a errores diversos en el sistema de muestreo. No obstante, cabe recordar que precisamente para evitar sesgos en los resultados de los parámetros obtenidos en el presente estudio, se muestrearon individuos capturados con las diferentes artes de pesca empleadas en la región, las cuales operan en diferentes zonas y a diferentes profundidades.

Por su parte, Oliveira (1982) menciona que las tallas (50%) calculadas a partir de la curva de frecuencia de Paiva y Costa (1963) y Anónimo (1979), no son confiables debido a que resultaron de muestras con un número reducido de ejemplares pequeños.

Al considerar esto, cabe la posibilidad de que los resultados obtenidos en el presente estudio, más que estar asociados al tamaño de muestra puedan estar influenciados por el alto porcentaje de tallas grandes que presentaron las hembras durante la mayor actividad reproductiva registrada, lo cual coincide con las conclusiones de González-Cano (1991) y Baisre y Herrera (1994). Estos últimos autores, después de hacer un análisis global y estandarización de las tallas de primera madurez publicadas por diversos investigadores, llegaron a la conclusión de que para stocks fuertemente explotados, la talla de maduración al 50% oscila entre 74.7 y 83.7 mm LC ($\bar{x} = 78.76 \pm 1.33$). Consideran por ello, que la intensidad de pesca o las condiciones ecológicas no parecen ejercer ninguna influencia significativa. Asimismo señalan que la talla de madurez al 50% igual a 90 mm LC, corresponde a stocks virtualmente vírgenes en aguas profundas o bien que esta talla puede estar asociada a la composición por tallas de la muestra.

Lo anterior conlleva a elegir el criterio más adecuado desde un punto de vista tanto biológico como socio-económico, con miras a definir y establecer la talla mínima legal de captura en una región o zona dada. Ya que bajo este criterio (frecuencia porcentual acumulada), la talla mínima legal vigente, se encuentra con un amplio margen, por abajo de la talla de madurez al 50%.

En este sentido y con base en los resultados, se está de acuerdo con González *et al.* (1987) quienes señalan que el promedio de la talla mínima de las hembras ovígeras puede ser un mejor estimador sobre la talla mínima legal que debe regir la pesquería de la especie *Panulirus argus* en la parte nororiental de Quintana Roo.

Los resultados obtenidos por separado bajo cada criterio empleado, es decir, hembra más pequeña y frecuencia porcentual acumulada, considerando en ambos el desarrollo máximo de las setas pleopódicas, ovario maduro y la presencia de masa ovígera, fueron muy similares dentro de cada criterio. Por lo que se considera, que la utilización de cualesquiera de estas estructuras o características para determinar la talla de primera madurez sexual es válida. A pesar de que ha sido señalado que no es aplicable en las langostas que pierden sus setas pleopódicas una vez que mudan después de la actividad reproductora, como es el caso de *P. argus* (Aiken y Waddy, 1980), ya que como una característica sexual secundaria, la pérdida de éstas es independiente de la madurez sexual de una hembra, pues una vez que ésta es madura sexualmente, el hecho de perder sus setas no implica que deje de serlo.

Sobre la pérdida de las setas pleopódicas en las hembras, Aiken y Waddy (1980) mencionan que éstas se pierden, una vez que la actividad reproductora termina y la hembra muda. De acuerdo con las observaciones, se cree que su pérdida se debe al gran deterioro que sufren éstas después de ser liberadas las larvas, en más de una ocasión, pues se pudo observar en los meses anteriores al inicio de la actividad reproductiva (enero-febrero), que al mudar las hembras una vez desarrolladas sus setas al máximo, éstas no se perdían con la muda. Esto parece indicar que la hembra, al mudar, renueva también sus setas y conserva el largo en estas ya desarrollado. Lo anterior podría ser corroborado mediante el mantenimiento de hembras en cautiverio, tanto de aquellas que ya hubiesen desarrollado sus setas, así como de hembras ya ovígeras, capturadas las primeras, previo a los procesos de muda y reproducción, y las segundas próximas al final del mismo, y así dar seguimiento a los cambios en las setas.

Habría que señalar; sin embargo, respecto al hecho de perder la hembra sus setas, que esto puede traer confusión a quienes realizan los muestreos en el momento de registrarlas junto con aquellas que jamás las han desarrollado, y provocar, apreciaciones erróneas al considerar a todas las hembras sin setas como inmaduras sexualmente, como en Cruz *et al.* (1987). No obstante, para efectos de estimar la talla de primera madurez sexual, este hecho no afecta la estimación, al considerarse únicamente a las hembras con las setas totalmente desarrolladas.

Por otro lado, se encontró en lo publicado por algunos investigadores, un uso indistinto entre los términos madurez sexual y madurez gonádica, por lo que es importante

definir y uniformizar el uso de ambos conceptos, ya que una hembra se puede considerar madura sexualmente, a partir de que sus gónadas maduran y es capaz de producir y expulsar huevos por primera vez en su vida para ser fertilizados, (madurez fisiológica y funcional). Asimismo, debido a que la vitelogénesis es un proceso cíclico, el hecho de que una hembra haya alcanzado su madurez sexual no implica que tenga que estar siempre madura gonádicamente.

Debido a ello, aunque pareciera existir desacuerdo entre lo publicado por Chittleborough (1974) y Gregory y Labisky (1981) como se señala en Cruz y de León (1991), no existe tal discrepancia. Por lo que se considera que el máximo desarrollo de las setas, puede ser de gran utilidad para determinar la talla mínima de madurez sexual y a su vez como indicativo de la "proximidad" del inicio de la actividad reproductora de la población, al ser considerado el aumento en la frecuencia porcentual de hembras con setas desarrolladas (Ver Fig. 15). Esto a su vez, puede contribuir en gran medida al estudio poblacional y reproductivo de esta especie y especies afines en otras zonas, en las que basen su análisis en las tallas y características abdominales de los organismos

Con base en los datos obtenidos, se infiere que una vez que la mayoría de las hembras desarrollan al máximo el largo de sus setas, tiene inicio la vitelogénesis primaria, seguida del apareamiento con el macho y el desove una vez que el ovario de la hembra madura por completo, y culmina con esto la vitelogénesis final o secundaria. Este proceso eslabonado, al parecer tiene una duración de poco menos de un mes en la mayoría de las hembras. Lo anterior, está en desacuerdo con lo publicado por Gregory y Labisky (1981) y Fuentes (1986) quienes mencionan que existe un desarrollo paralelo entre las setas pleopódicas y la madurez gonádicamente en las hembras de *P. argus*.

Fecundidad

Este parámetro fue determinado para 35 hembras ovígeras con un intervalo de tallas de 75 a 145 mm de LC. Las fecundidades se estimaron entre 280 400 y 1 308 200 huevecillos, con un promedio de 592 257 huevecillos. Estos datos coinciden con los obtenidos por Mota-Alves y Bezerra (1968) y Nascimento y Araujo (1984) para *P. argus*, en Brasil. El tamaño de muestra calculado por intervalo de clase de LC, fué de 3 a 32 masas ovígeras para un nivel de $p=0.95$ y un factor de precisión de 0.1 (Tabla VII). Cabe mencionar que debido a la gran variabilidad en la fecundidad de las hembras de mayor talla, el tamaño de muestra calculado para estas clases fue alto.

Tabla VII. Tamaño de muestra calculado para la obtención de la fecundidad por clase de talla (LC) de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) al noreste de Quintana Roo, durante el período de 1993 - 1994.

LC (mm)		75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
FECUNDIDAD		280400	130200	338800	639000	517600	697000	668400	823600	631200	1308200	815600	1001200		915800	924400
			378000	422400	304800	459600	501600	594800	699600	867000	760000		717400			
			405200	245400	609000				455400	639000	509000	889800				
									436000	330800						
									317600							
									495200							
MEDIA			304467	335533	517600			572867	720733	669067	986000					
DESV EST			151530.9	88545.2	184899.6			108180.7	94097	181979.2	286481.5					
VARIANZA			1.53E+10	5.23E+09	2.28E+10			7.8E+09	5.9E+09	2.21E+10	5.47E+10					
TAMAÑO DE MUESTRA d = 10	à = 0,05		9	3	13			5	4	13	32					
	à = 0,10		7	3	10			2	3	9	22					

Al comparar los resultados del número de huevos dentro del intervalo de tallas analizado con los obtenidos por Cruz (1980), Fonseca (1990), Cruz y de León (1991) y Ramírez *et al.* (1992), se tiene, que en el presente trabajo además de contar con un intervalo más amplio de tallas, la fecundidad estimada para la talla del límite inferior del intervalo, fue aproximadamente dos veces mayor que la registrada por estos investigadores, y por el contrario, la fecundidad estimada para la hembra de mayor talla, fue mucho menor que la fecundidad de incluso hembras de tallas menores. Lo anterior, también fue registrado por Fonseca (1990).

Las causas de la gran variabilidad en la fecundidad estimada, pueden deberse tanto a factores biológicos como técnicos.

Desde el punto de vista biológico, estas diferencias pueden estar asociadas al número de desoves de la hembra en cuestión, ya que ha sido registrado en *P. japonicus* (Ino, 1950), *P. guttatus* (Farrugio, 1976), *P. ornatus* (MacFarlane y Moore, 1986) y *P. inflatus* (Briones-Fourzán y Lozano-Alvarez, 1992) una reducción considerable en el tamaño (número de huevos) de la masa ovígera en desoves repetidos dentro de la misma estación (Chubb, 1994). Lo cual también ha sido registrado por Creaser (1950) y Lipeius (1985) en *P. argus*.

Por otro lado, Perkins (1971), Farmer (1975) y Morgan (1972), sugieren para *H. americanus*, *Nephrops norvegicus* y *P. cygnus* respectivamente, una pérdida de huevos entre la expulsión y la eclosión, en un promedio del 36% en la primera especie, de un 10% en la segunda, y de una pequeña pérdida de huevos durante el periodo de incubación para la última especie, lo cual parece estar relacionado con el tiempo de incubación de la masa ovígera por la especie. Lo anterior tendría como consecuencia, que los conteos en masas ovígeras recién ovipositadas podrían ser altos con respecto a los realizados en masas ovígeras cercanas al momento de la eclosión. Esto último, concuerda con las conclusiones de Morgan (1972) y Cruz (1980). No obstante, de que en *P. argus*, al igual que en *P. ornatus* (MacFarlane y Moore, 1986), la pérdida de huevos desde la oviposición hasta la eclosión puede ser de poca importancia, dado el corto periodo de incubación de los huevos. Lo expuesto llevaría a plantear a primera vista que es más recomendable estimar este parámetro en hembras ovígeras capturadas a principios de ambos periodos reproductivos, es decir, en el mes de marzo y/o septiembre, o lo más próximo a estos, asegurando así que además de que las hembras se encuentran en su primer desove, exista una menor pérdida de huevos.

Asimismo, aunque Fonseca-Larios y Briones-Fourzán (en prensa) mencionan no haber encontrado diferencias significativas al comparar la fecundidad de hembras de *P. argus* capturadas durante la primavera y el verano. Es importante considerar ambos periodos reproductivos, para la realización de los muestreos, con el fin de poder contar con más datos sobre la fecundidad de las hembras de clases de tallas menores, las cuales de acuerdo con los resultados, presentaron una mayor frecuencia durante el segundo periodo reproductivo.

No obstante, si el objetivo de la estimación de este parámetro, es hacer inferencias sobre la fecundidad de la población de la especie en estudio, a pesar de las consideraciones anteriores a esta última, será necesario incluir todas las estimaciones obtenidas ya que estas forman parte de la variabilidad intrínseca de la población. Aunado a esto, se deben reducir las fuentes de error técnico y biológico posibles. Dentro de estas últimas estaría, el no utilizar para los estimados, las masas ovigeras en el último estadio de desarrollo embrionario (fase sexual 5).

Con respecto al método empleado para la determinación de este parámetro y su posible influencia como fuente de error en los resultados, se menciona que otros investigadores (Herrick, 1909; Sails *et al.*, 1969; Perkins, 1971 y Squires, 1970), obtuvieron marcadas diferencias en los valores estimados de fecundidad para *Homarus americanus*, aduciendo tales diferencias a la metodología empleada o a la posición geográfica. Sin embargo, después de analizar la información, Aiken y Waddy (1980) llegaron a la conclusión de que las diferencias no eran debidas a las técnicas de conteo empleadas (volumétrico y por conteo electrónico), lo cual coincide con lo obtenido por Ramírez *et al.* (1994), ni al tamaño de muestra en los cuatro casos, ni tampoco a la época del año o período del muestreo, sino más bien a la posición geográfica, acorde en esto con las conclusiones de Thomas (1964) y Squires (1970) para las especies *Nephrops norvegicus* y *Homarus americanus* respectivamente. No obstante, Morgan (1972) y Cruz (1980) no encontraron diferencias en la fecundidad con respecto a la posición geográfica de *P. cygnus* y *P. argus*, por lo que parecieran existir en este sentido diferencias entre homáridos y palinúridos

Como un argumento más de la poca influencia del método de conteo empleado, a pesar de que Chubb (1994) menciona que el método volumétrico arroja variaciones significativas en la estimación de la fecundidad, el hecho de que Fonseca (1990) - quien utilizó el método gravimétrico en peso seco, para la estimación de este parámetro - encontrara diferencias similares a las del presente estudio, reafirma que las fuentes de variación parecen estar, en mayor medida, asociadas más a factores de índole biológico que a factores técnicos (Ramírez *et al.*, 1994).

En cuanto a la relación que existe entre la fecundidad y las características morfométricas de las hembras (LT, LA, LC, PC y PA), existe una gran variedad en los resultados obtenidos por diferentes investigadores para las distintas especies de langostas (Berry, 1971; Morgan, 1972; Gracia, 1979; Kensler, 1967, 1968).

Aiken y Waddy (1980), reportan que la relación entre el tamaño del cuerpo y el número de huevos en langostas espinosas, es de tipo lineal.

La aseveración anterior, aunque coincide con los resultados obtenidos por Mota-Alves y Bezerra (1968), Nascimento y Araujo (1984) y Fonseca (1990), no concuerda con los registrados por Cruz (1980), Cruz y de León (1991) y Ramírez *et al.* (1992), quienes encontraron una relación de tipo exponencial entre la fecundidad y la longitud cefalotorácica de esta especie.

Aiken y Waddy (1980) y Chubb (1994), sugieren que el tamaño de muestra puede ser la causa de las variaciones en el tipo de relación entre las variables. Al respecto, es de señalarse que en los trabajos de Ramírez *et al.* (1992), Cruz (1980) y Cruz y de León (1991), quienes obtuvieron una relación de tipo exponencial, determinaron este parámetro para 20, 107 y 269 ejemplares respectivamente, por lo que no se considera del todo cierto dicho planteamiento.

Aunque obtuvo una relación de tipo lineal para *P. marginatus*, Honda (1980) incluyó una nota en la que indicaba que al agregar a la muestra datos de hembras de talla mayor, la relación lineal se transformaba en curvilínea. La adición de los datos de Morris (1968) y Mac Ginnis (1972) a los datos de Honda (Chubb, 1994), apoyan el planteamiento de este último. A su vez Chubb (1991) agregó a los datos de Morgan (1972), quien obtuvo una relación de tipo lineal para *P. cygnus*, los datos de masas ovígeras de organismos con un intervalo amplio de tallas, encontrando que en efecto la relación se transformaba en curvilínea.

Debido a las altas variaciones de la fecundidad en las diferentes clases de talla, Chubb (1994) sugiere transformar los datos de fecundidad a una escala logarítmica con base en lo publicado por Somers (1991), quien aconseja el uso de modelos alométricos log-log para elegir el modelo que mejor describa la fecundidad con respecto a las variables involucradas por las siguientes razones: 1) Las transformaciones logarítmicas producen escalas independientes de las formas de regresión, 2) Estabilizan la varianza en el tamaño de las masas ovígeras y 3) Reducen las distancias entre cada punto de los datos para las hembras más grandes, los cuales tienden a ser más variables e influir en las regresiones estimadas. Bagenal (1973) sugiere aplicar un análisis de covarianza para comparar las regresiones de diferentes regiones o estaciones.

Con base en esto, las relaciones entre la fecundidad y la longitud abdominal, cefalotorácica y total (Fig. 19), se obtuvieron transformando estos datos a una escala logarítmica. Para transformar la ecuación ($F = a (L)^b$) a su forma linealizada ($\text{Log } F = a (\text{Log } L) + \text{Log } b$), los resultados fueron las siguientes:

Fecundidad (F) vs. Longitud Total (LT):

$$\text{Log } F = 2.272 (\text{Log } LT) + 0.0812 \quad r^2 = 0.48 \quad n = 35$$

Fecundidad (F) vs. Longitud Abdominal (LA):

$$\text{Log } F = 1.774 (\text{Log } LA) + 1.693 \quad r^2 = 0.36 \quad n = 35$$

Fecundidad (F) vs. Longitud Cefalotorácica (LC):

$$\text{Log } F = 1.907 (\text{Log } LC) + 1.876 \quad r^2 = 0.45 \quad n = 35$$

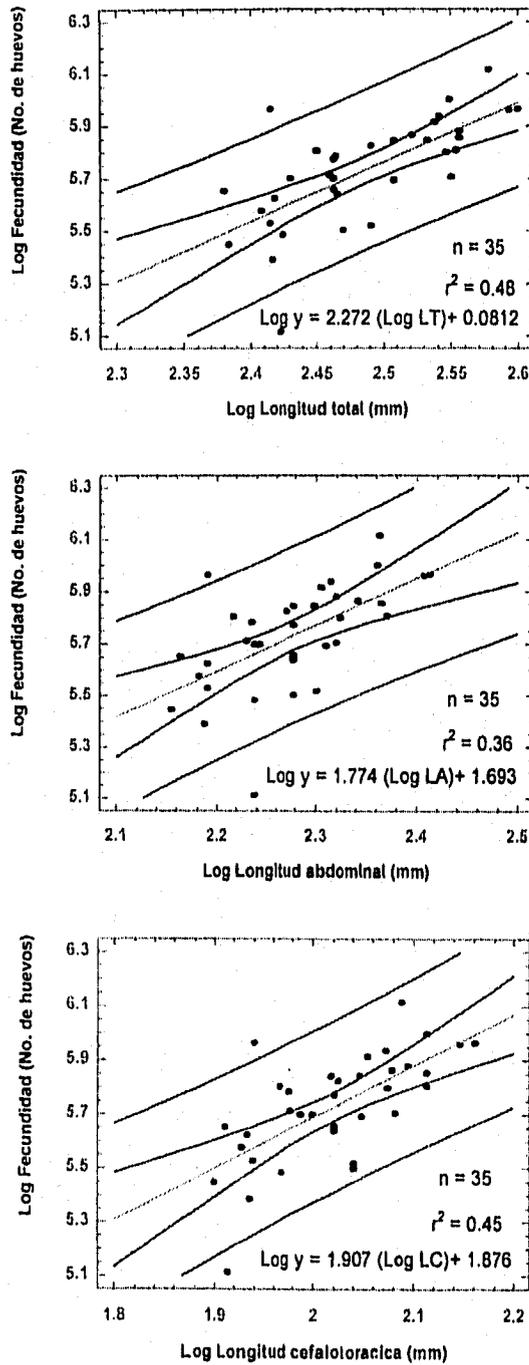


Figura 19. Ajuste de los valores de fecundidad estimados con respecto a la longitud total, abdominal, y cefalotorácica de la langosta *Panulirus argus*, capturada al noreste de Quintana Roo durante el período de septiembre de 1993 - agosto 1994. Las líneas exteriores e interiores, representan las bandas de predicción y confianza para el 95%.

Para la obtención de la relación entre la fecundidad y el peso cefalotorácico y abdominal de las hembras, fue necesario calcular este último, ya que el valor de los pesos cefalotorácicos fueron registrados durante los muestreos, no así el peso abdominal.

Los valores obtenidos de las constantes a y b de la relación $PA = a(LA)^b$ (Fig. 20), fueron: $a = 2.32 \times 10^{-4}$, $b = 2.703317$. Sustituyendo estos valores en la ecuación se estimaron los pesos abdominales esperados de las hembras ovígeras.

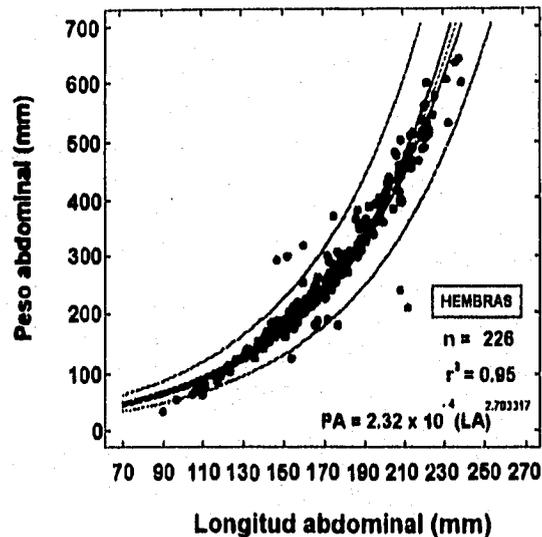


Figura 20. Relación longitud abdominal (mm) vs peso abdominal (g) en hembras de *Panulirus argus*, capturadas al noreste de Quintana Roo, durante el periodo septiembre 1993 - agosto 1994. Las líneas exteriores e interiores, representan las bandas de predicción y confianza para el 95%.

Los resultados de la relación entre la fecundidad y estos pesos (Fig. 18), fueron:

Fecundidad vs. Peso Abdominal (PA): $F = 1023.71(PA) + 222253$ $r^2 = 0.42$ $n = 35$

Fecundidad vs. Peso Cefalotorácico (PC): $F = 604.72(PC) + 238696$ $r^2 = 0.40$ $n = 35$

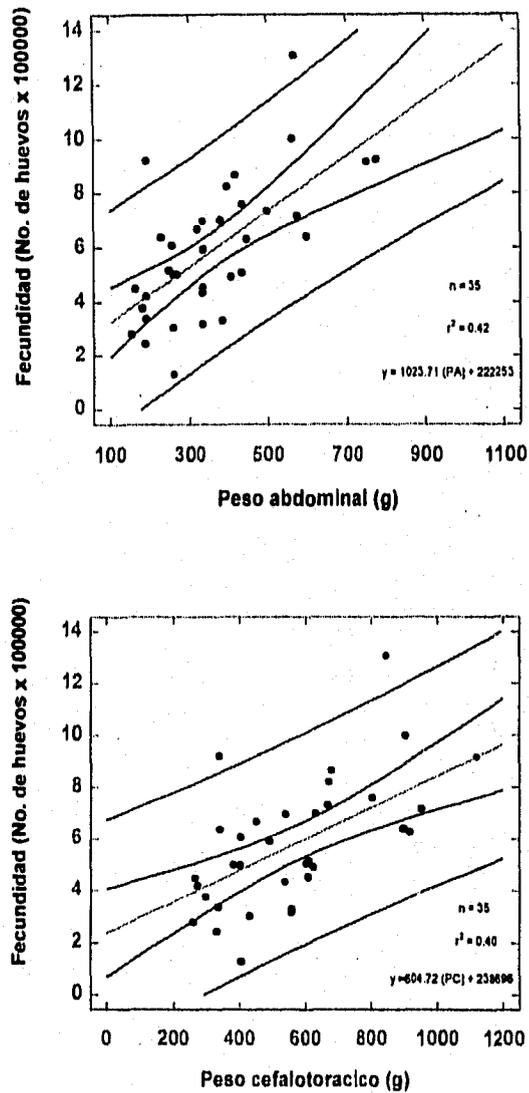


Figura 21. Ajuste de los valores de fecundidad estimados con respecto al peso abdominal y cefalotorácico de la langosta *Panulirus argus*, capturada al noreste de Quintana Roo, durante el período septiembre 1993 - agosto 1994. Las líneas exteriores e interiores, representan las bandas de predicción y confianza para el 95%.

Los factores de determinación resultaron ser bajos en general, lo cual indica que las ecuaciones de regresión obtenidas, explican menos del 50% de la variación total en los valores de y (fecundidad) con respecto a las variables involucradas (LT, LA, LC, PA y PC).

No obstante, al establecer el siguiente juego de hipótesis:

H_0 = Si Existe relación lineal entre las variables

H_a = No existe relación lineal entre las variables

Los resultados del análisis de varianza (**Tabla VIII**) de las regresiones que relacionan la fecundidad con respecto a las longitudes (LT, LA y LC) y pesos (PA y PC), fueron los siguientes:

Tabla VIII. Análisis de varianza de las regresiones				
	n	F_{obs}	F_{tablas} (0.05, g.l. (1, 33))	Decisión H₀
Fec vs LT	35	30.98	4.17	**
Fec vs LA	35	18.73	4.17	**
Fec vs LC	35	26.88	4.17	**
Fec vs PA	35	2.443E0001	4.17	No se rechaza
Fec vs PC	35	2.164E0001	4.17	No se rechaza

Estos valores fueron altamente significativos (**) para las longitudes e indican que no existen evidencias suficientes para aceptar H_0 . Por el contrario, para las relaciones de fecundidad con respecto al peso (PA y PC), los valores no fueron significativos, por lo que no hay evidencias suficientes para rechazar H_0 .

Con base en lo anterior, se considera adecuado para un trabajo posterior llevar a cabo un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) y hacer una evaluación de la regresión, para determinar si describe adecuadamente la relación entre las variables, y si puede usarse convenientemente con fines de estimación y predicción (Daniel, 1992).

Porcentaje de langostas recién mudadas.

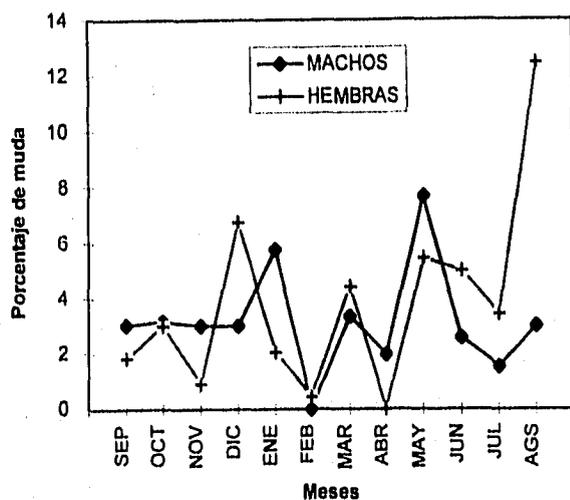
Al graficar el porcentaje mensual de machos y hembras recién mudados (Fig. 22) se observó que en términos generales, los machos mudaron de manera más constante a lo largo del tiempo con respecto a las hembras. Es decir, que el porcentaje de muda de éstos fluctuó de una manera más cercana, alrededor de un 3.0 % en la mayoría de los meses, excepto en enero, febrero y mayo. A los meses de enero y mayo les correspondieron los valores porcentuales máximos y a febrero el valor mínimo, en el que no se registraron machos en condición de muda.

Las hembras a su vez presentaron mayor variación con respecto al valor porcentual promedio durante el ciclo de estudio, con máximos en los meses de diciembre, marzo, mayo y agosto. Los mínimos se registraron en los meses de febrero y abril.

Lo antes descrito, coincide con lo publicado por Hartnoll (1985), quien señala que las hembras de la mayoría de los crustáceos, suspenden el proceso de muda durante la incubación de los huevos y los machos lo hacen durante el cortejo y el apareamiento, ya que como se puede observar en la figura 22, el pico porcentual máximo de muda para los machos se registró en los meses de enero y mayo. Para las hembras este pico se presentó en el mes de agosto, con picos menores en diciembre, marzo, mayo y junio, con valores mínimos en febrero para los machos y en febrero y abril para las hembras. El punto mínimo de febrero, coincide - con base en los resultados - con el proceso de apareamiento generalizado de la especie en la zona.

Aunque las hembras mostraron para este mismo mes una pequeña diferencia en el porcentaje de muda con respecto a los machos, es probable que se trate de hembras fuera del proceso reproductivo, ya que en el mes de abril, cuando hay una fuerte actividad reproductiva, el porcentaje de muda se redujo a 0%, y en diciembre y agosto, durante los cuales la actividad reproductiva disminuyó notablemente, las hembras presentaron el porcentaje más elevado de muda.

Al respecto, Lipcius (1985) señala que los individuos más grandes (machos y hembras) mudan y crecen durante el invierno y la primavera previo al incremento en la actividad de cortejo, a diferencia de los individuos jóvenes que canalizan más su energía hacia la muda y el crecimiento que a la reproducción. Por su parte, Cruz y de León (1991), señalan que esto mismo sucede aún en la temporada reproductiva, en la cual los individuos de menor talla se incorporan más tardíamente al proceso reproductivo.



	A	B	
MES	n MACHOS	n HEMBRAS	
SEP	99	218	
OCT	189	200	
NOV	199	221	
DIC	166	207	
ENE	156	245	
FEB	182	224	
MAR	60	66	
ABR	51	66	
MAY	52	55	
JUN	39	40	
JUL	263	233	
AGS	166	241	

Figura 22. Porcentaje mensual de organismos (machos y hembras) recién mudados de *Panulirus argus*, con respecto a su número mensual (columnas a y b) (gráfica superior) y con respecto al número total de organismos por mes (columna c) (gráfica inferior), capturados al noreste de Quintana Roo durante el período septiembre 1993 - agosto 1994.

Así también, es importante notar que los picos de muda de diciembre y enero para las hembras y machos, respectivamente, coincide también con el período en el que se registró un aumento considerable de organismos juveniles (Ver Figs. 6 y 7) asociado probablemente al proceso migratorio (González *et al.*, 1987; González-Cano, 1991; González, 1992), durante el cual fué registrado por Ramos (1974) una frecuencia más elevada de hembras de *P. argus* en esta zona. Resultados que coinciden con lo publicado por Moore y MacFarlane (1984) en *P. ornatus*, quienes registraron también una predominancia de hembras durante la corrida migratoria de esta especie en el Golfo de Papúa en Nueva Guinea, estos autores mencionan que los machos se incorporan más tardíamente al proceso migratorio.

Al revisar la distribución de tallas abdominal y cefalotorácica para hembras y machos recién mudados (Fig. 23), se pudo observar que la frecuencia por tallas (LA y LC) para machos fue más uniforme que en las hembras. En éstas, las tallas entre 150 y 160 mm LA son las que presentaron una frecuencia mayor; los machos en cambio presentaron dos grupos modales (140 y 210 mm LA).

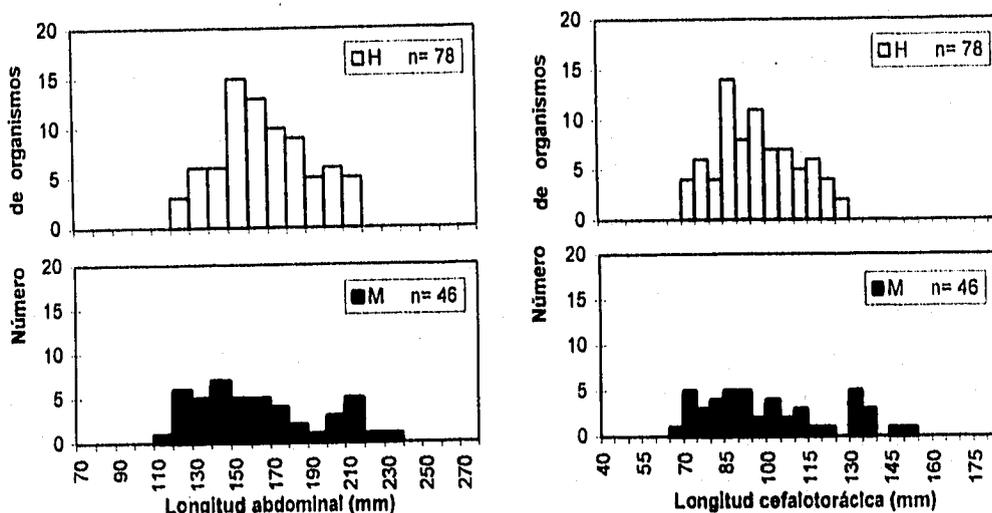


Figura 23. Distribución de las tallas abdominal y cefalotorácica (LA y LC, mm), de los organismos hembras (H) y machos (M) recién mudados de la langosta *Panulirus argus* capturados al noreste de Quintana Roo, durante el período septiembre 1993- agosto 1994.

Durante el proceso migratorio de juveniles al stock adulto, se observó que estos presentaron condiciones de flacidez en sus músculos abdominales, lo que provoca un "vacío" rápido del abdomen al ser descabezados. Esto consiste en el desprendimiento epitelial que une a la capa muscular del abdomen con el exoesqueleto de dicha estructura, lo que normalmente ocasiona un rechazo del producto por parte de los compradores. Se cree que este fenómeno podría deberse a un aumento en el gasto de energía durante la migración, lo cual tendría mayor repercusión en organismos pequeños. Observaciones similares en las características de los músculos han sido registradas también por Moore y MacFarlane (1984) y MacFarlane y Moore (1986) en *P. ornatus*, y por Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano (en prensa) en *P. inflatus*.

A pesar de observarse en la gráfica una mayor variación en el porcentaje de muda de las hembras con respecto a los machos (Fig. 22), la tabla de contingencia (2 x 2) para probar independencia entre las variables sexo y muda (mudó, no mudó) durante cada mes, denotó que la frecuencia de muda por sexo, sólo presentó variaciones significativas en los meses de enero ($X^2 = 3.92 > X^2_{0.05,1} = 3.84$, $p < 0.05$) y agosto ($X^2 = 11.12 > X^2_{0.05,1} = 3.84$, $p < 0.05$) por lo que se rechazó para estos meses, la hipótesis nula que establecía que la frecuencia de muda es independiente del sexo.

La mayor significancia durante el mes de enero, estuvo dada por una frecuencia mayor de muda en los machos, asociado tal vez a la incorporación de juveniles, vía el proceso migratorio. Sin embargo, en el mes de agosto fue notoria la influencia de las hembras en los valores de significancia, debido al mayor número de hembras en condición de muda, por la reducción notable de la actividad reproductora. Esto pone una vez más en evidencia, el papel antagónico de estos dos procesos: crecimiento-reproducción.

CONCLUSIONES

- Los resultados indican que los caladeros de pesca de Isla Mujeres constituyen un área de gran importancia para la reproducción de la especie en estudio.
- *P. argus* presentó reproducción a lo largo del año. No obstante, el período reproductivo de mayor intensidad (si se considera al proceso reproductivo desde el apareamiento) tuvo inicio a partir del mes de febrero y declinó en el mes de octubre. En este período, se observó un pico durante la primavera y un segundo pico durante el verano y principios de otoño, en ese orden de importancia.
- A pesar de observarse en ambos picos reproductivos la participación de hembras de talla grande (> 160 mm LA ≈ 90 mm LC) y pequeña (≤ 160 mm LA), la aportación relativa de huevos a la población fue mayor durante el pico de primavera, dada la mayor participación de hembras de talla grande durante el mismo.
- Tanto las hembras grandes como pequeñas, presentaron evidencias de más de un desove durante la temporada de máxima reproducción, con un porcentaje mayor durante la primavera con respecto al verano-otoño.
- Se plantea como hipótesis la existencia de un gradiente reproductivo norte a sur (menor a mayor), al tomar en consideración los caladeros de pesca de Isla Contoy e Isla Mujeres, asociado tal vez con las características de temperatura de las masas de agua que prevalecen en la zona.
- El porcentaje de hembras ovígeras (18%) observado en el área de estudio, coincide con el porcentaje promedio anual registrado durante seis temporadas por otros investigadores en la misma zona.
- La proporción de sexos anual (1.00 hembra : 0.80 macho) arrojó diferencias significativas de la relación 1:1. Asimismo, la proporción de sexos mensual reflejó variaciones significativas asociadas posiblemente a procesos migratorios y al comportamiento reproductivo.

- La talla mínima legal de captura vigente (145 mm LA), se encuentra dentro del intervalo de confianza obtenido a partir de la talla promedio mensual de las hembras ovígeras más pequeñas.
- Al considerar la talla de primera madurez o reproducción con base en la talla correspondiente al 50% dentro de una distribución de frecuencia porcentual acumulada de hembras en condición ovígera, con setas largas (> 10 mm) u ovario en estado IV de desarrollo, la talla mínima legal de captura (145 mm LA) vigente, se encuentra muy por abajo de la talla de madurez estimada (174.0 mm LA en promedio al considerar las tres características).
- Para la determinación de la talla de primera madurez sexual en las hembras, pueden ser consideradas cualesquiera de las siguientes características: **1) Presencia de masa ovígera** **2) Ovario en estado IV de desarrollo** y **3) Setas largas o desarrolladas (> 10 mm)**. Estas últimas pueden ser de gran utilidad para quienes basan su análisis poblacional en las características abdominales de los organismos, tanto para determinar la talla mínima de madurez sexual, como indicativo de la "proximidad" del proceso reproductivo en la población, al considerar su porcentaje en la muestra.
- La presencia de masa espermática (parche) y/o setas desarrolladas (> 10 mm) no son características confiables de la madurez gonádica de la hembra, más sí indicativas de su madurez sexual. No obstante, a diferencia del desarrollo máximo de las setas, el parche por sí solo, no se considera una característica adecuada a ser utilizada en una gráfica de frecuencia porcentual acumulada con miras a determinar la madurez sexual en las hembras.
- Con respecto a la fecundidad, estadísticamente, no existieron evidencias que permitan aceptar una relación de tipo lineal entre este parámetro y las longitudes (LT, LA, LC). Sin embargo, con relación al peso (PA y PC) el análisis de varianza no arrojó variaciones significativas con un nivel de probabilidad del 95%. Por lo que no se puede rechazar que exista una relación de tipo lineal entre las variables.
- Se concluye que la variabilidad en la fecundidad encontrada dentro del intervalo de tallas, está más ligada con aspectos biológicos como la talla y número de desoves de las hembras dentro del período reproductivo, que al método de estimación.

- Se encontraron diferencias significativas durante los meses de enero y agosto, en la frecuencia de muda con respecto al sexo. Dentro del primero, la diferencia estuvo dada por los machos, quienes después del proceso migratorio por medio del cual se integran al stock adulto-reproductor, experimentan el proceso de muda en un alto porcentaje, previo al inicio de la actividad reproductiva. La diferencia en el mes de agosto, estuvo dada por las hembras debido a que éstas entraron al proceso de muda una vez finalizada la actividad reproductiva en la mayoría de ellas, así como a la preparación de algunas de las hembras para el desove de verano- otoño.
- Aunque la frecuencia de muda para cada sexo no reflejó diferencias significativas en la mayor parte del año, se observó que los machos mudan con una frecuencia más constante que las hembras, quienes al parecer presentan mayor variación en su frecuencia de muda a lo largo de su ciclo de vida, debido a que canalizan más su energía al proceso reproductivo que al crecimiento en algunos meses.

RECOMENDACIONES

1. Con relación a la estimación de la fecundidad de la población, se recomienda procesar masas ovígeras en los primeros estadios de desarrollo embrionario (hembras en fases sexuales 3 o 4).
2. Se recomienda establecer la talla mínima legal de captura, en la parte noreste del Caribe mexicano, con base en la talla promedio de la hembra ovígera más pequeña. Esto debido, a que la talla de madurez correspondiente al 50%, puede estar influenciada por la composición de tallas de la población existente en el área. Por otro lado, la talla de madurez obtenida con base en la talla promedio mensual de la hembra ovígera más pequeña, además de concordar con la registrada para esta especie, por investigadores en el área y el resto del Caribe, coincide con la talla mínima legal de captura vigente en la zona, sin observarse a la fecha efectos negativos en la población como podría ser una reducción en la talla de madurez de los organismos. Asimismo, habría que considerar que establecer la talla legal de captura con base en la talla de madurez obtenida al 50%, tendría efectos económicos negativos, ya que existe una mayor demanda en el mercado local por organismos con tallas abdominales cercanas a la mínima legal. No obstante lo anterior, es necesario contar con más información de índole poblacional.

3. Los resultados señalan, que el período de veda vigente (1 marzo - 30 junio) abarca el pico reproductivo más importante. Sin embargo, la observación de hembras sin espermatóforo ni ovario desarrollado a principios del mes de febrero y el registro de un elevado porcentaje de hembras ovígeras a principios de marzo, da lugar a plantear que el proceso de maduración ovárica y de cortejo tiene lugar en este período de tiempo. Por lo que se recomienda llevar a cabo un monitoreo intenso durante el mes de febrero, para confirmar o descartar dicho planteamiento.
4. Se lleve a cabo un estudio, en el que se precisen y/o amplíen los resultados obtenidos en el presente trabajo. Asimismo, se recomienda implementar un estudio de marcaje-recaptura durante el período de veda, con base en la baja frecuencia de muda observada en las hembras y su permanencia en el área, y así conocer con mayor precisión, información de importancia biológico-reproductiva como lo es, si las hembras presentan no solo dos sino más desoves durante la temporada de reproducción, utilización de un mismo parche para la fertilización de más de una masa ovígera, comportamiento y características hidrológicas y ecológicas del área de reproducción, etc..
5. Se recomienda extender los estudios biológico-reproductivos a la zona sur de la plataforma costera en el estado.

LITERATURA CITADA

Aguilar, C. y J. González. 1987. Explotación de la langosta espinosa en el norte del estado de Quintana Roo, durante la temporada 1986-1987. Análisis de la composición por tallas y de producción de la captura comercial. Informe Interno. Est. Invest. Pesq. del CRIP Pto. Morelos, en Isla Mujeres. Inst. Nal. de la Pesca. Sría. de Pesca. 36 p.

Aiken, D. E. y S. L. Waddy. 1980. Reproductive biology. In: J. S. Cobb & B. F. Phillips (Eds). The Biology and Management of Lobsters, Academic Press, New York. Vol. 1: Physiology and Behavior. p: 215-276.

Aiken, K. 1983. Further investigations of the spiny lobster fishery of Jamaica. FAO, Fish. Rep., 278: 177-191.

Allsop, W. H. L. 1968. Investigations into marine fishery management, research and development policy for spiny lobster fisheries. Report to the Government of British Honduras. UNDP- FAO (United Nations), No. 2541. Rome. 86 pp.

- Anónimo. 1979. Sumário dos relatórios das reuniões técnicas do grupo de trabalho sobre a pesca da lagosta no nordeste brasileiro. POP/T, Brasília, 28: 1-34.
- Bagenal, T. B. 1973. Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer., 164: 186-198.
- Bagenal, T. B., E. Braun. 1968. Eggs and early life history. In: W. E. Ricker (Ed.). Methods for assesment of fish production in fresh waters. IBP Handbook No. 3. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 313 pp.
- Baisre, J. 1976. Distribución de las larvas de *Panulirus argus* y *Scyllarus americanus* (Crustacea:Decapoda) en aguas alrededor de Cuba. Rev. Inv. Inst. Nac. Pesca, 2(3): 277-297.
- Baisre, J. y R. Cruz. 1994. The Cuban spiny lobster fishery. In: B. F. Phillips, J. S. Cobb & J. Kittaka (Eds). Spiny lobster management. Fishing News Books, Oxford. p: 119-130.
- Baisre, J. y A. Herrera. 1994. Revisión de la dinámica reproductiva de *Panulirus argus* (Crustácea:Decapoda) en su área de distribución. Resúmenes de las Memorias del II Taller Binacional México-Cuba : Langosta' 94, sobre Manejo de Refugios Artificiales de la Langosta y Dinámica de sus Poblaciones. La Habana, Cuba. 17-21 Octubre 1994. Resumen 17.
- Berry, P. F. 1970. Mating behavior, oviposition and fertilization in the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus). Oceanogr. Res. Inst., (Durban), Invest. Rep. 24:1-16.
- Berry, P. F. 1971. The biology of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) off the east coast of southern Africa. S. Afr. Oceanogr. Res. Inst., Invest. Rep. 28: 1-75.
- Berry, P. F. y A. E. F., Heydorn. 1970. A comparison of the spermatophoric masses and mechanisms of fertilization in southern African spiny lobsters (Palinuridae). Oceanogr. Res. Inst., (Durban), Invest. Rep. 25:1-18.
- Briones, P. 1988 Reclutamiento de postlarvas de langosta del género *Panulirus* (White 1847) en Bahía de la Ascensión, Q. Roo (Parte I). Comité Técnico Consultivo del Programa Langosta del Golfo de México y Caribe. Boletín Informativo No. 1:17-19.
- Briones, P. 1991. Marco teórico de la regulación pesquera en langostas. In: P. Briones-Fourzán (ed.). Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de Langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Publ. Técn. 1: 1 - 10.

- Briones, P. 1991b. Consideraciones para el manejo de *Panulirus guttatus* (Latreille) en Quintana Roo, México. In: P. Briones-Fourzán (ed.). Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de Langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Publ. Técn. 1: 1 - 10.
- Briones, P. y E. Lozano. 1992. La langosta en Bahía de la Ascensión. Asociación Amigos de Sian Ka'an. Serie Cuadernos de Sian Ka'an, No. 3, 16 pp.
- Briones-Fourzán, P. y E. Lozano-Alvarez. 1992. Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda:Palinuridae) from the Pacific coast of Mexico. J. Crustacean Biol. 12:41-50.
- Briones, P. y E. Lozano. 1994. The spiny lobster fisheries in Mexico. In: B. F. Phillips, J. S. Cobb & J. Kittaka (Eds). Spiny lobster management, Fishing News Books, Oxford. p: 144-154.
- Briones, P., E. Lozano, A. Martínez-Guerrero y A. Cortés. 1981. Aspectos generales de la biología y pesca de las langostas en Zihuatanejo, Gro., México (Crustacea:Palinuridae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 8(1): 79 - 102.
- Briones, P., E. Lozano, F. Colinas y F. Negrete. 1988. Biología de las langostas del Caribe mexicano. Informe Final Proyecto Convenio Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México/Consejo Nal. Cienc. Tecnol. Clave PCECBNA-021927. 231 pp.
- Brockhuysen, G. H. 1941. The life history of *Cyclograpsus punctatus* (M. Edw.): breeding and growth. Trans. R. Soc. S. Afr. 28:331-338.
- Buesa, R. J. 1965. Biología de la langosta *Panulirus argus* Latreille, 1804 (Crustacea:Decapoda:Reptantia) en Cuba. Inst. Nac. Pesca, Cuba. 230 pp.
- Buesa, R. J. 1972. La langosta espinosa *Panulirus argus* : su pesca y biología en aguas cubanas. Cent. Inv. Pesq. Cuba, II-Reunión de Balance, 29-78.
- Buesa, R. J. y Mota-Alves. 1970. Escala de colores para el estudio del ciclo reproductor de la langosta *Panulirus argus* (Latreille) en el área del mar Caribe. Arq. Cienc. Mar. (Brazil). 10(1):107-109.
- Buesa, R. J., Paiva, M. P. y R. S. Costa. 1968. Comportamiento biológico de la langosta *Panulirus argus* (Latreille) en el Brasil y en Cuba. Rev. Bras. Biol. 28:61-70.
- Bumpus, H. C. 1891. The embryology of the American lobster. J. Morphol. 5: 215 - 262.

Byard, E. H. 1975. Female specific protein and reproduction in the lobster. Ph. D. Thesis University of Western Ontario.

Bycroft, B. L. 1986. A technique for separating and counting rock lobster eggs. N. Z. J. mar. Freshw. Res. 20: 623 - 626.

Camarena, L. T. 1991. Estimación del reclutamiento y sus aplicaciones en el manejo de la pesquería de langosta del Caribe *Panulirus argus*. In: P. Briones-Fourzán (Ed.) Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de la Langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Publ. Técn. 1: 43 - 46.

Cavalcante, S. C. N. 1990. Reproductive season of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* in the coastal waters of northern Brazil. Fishbyte, 8(3): 27-28.

Cobo de Barany, T., I. J. Edwall y E. Cadima. 1972. La pesca de la langosta en el archipiélago de los Roques, Venezuela. FAO-PNUD. Informe Técnico 43:1-34.

Cochran, W. G. 1992. Técnicas de Muestreo. Editorial C.E.C.S.A. novena ed. 513 pp.

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.

Cruz, R. 1980. Fecundidad y madurez sexual en la langosta comercial *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Crustacea:Palinuridae) en Cuba. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5(1): 1 - 27.

Cruz, R. y M. E. de León. 1991. Dinámica reproductiva de la langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. Rev. Invest. Marinas. 12: 234 - 245.

Cruz, R., J. Baisre, E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco y C. Carrodegas. 1987. Atlas pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Departamento de Pesquerías. Habana, Cuba. 125 pp.

Chittleborough, R. G. 1974. Western rock lobsters reared to maturity. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 25: 221 - 225.

Chitty, N. 1973. Aspects of the reproductive biology of the spiny lobster *Panulirus guttatus* Latreille. Ms. Thesis, Univ. Miami: 1-60.

Chubb, C. F. 1991. Measurement of spawning stock levels for the western rock lobster, *Panulirus cygnus*. Rev. Invest. Mar. 12: 223-233.

Chubb, C. F. 1994. Reproductive biology: Issues for management. In: B. F. Phillips, J. S. Cobb & J. Kittaka (Eds). Spiny lobster management. Fishing News Books, Oxford. p: 181-206.

Daniel, W. W. 1992. Bioestadística. Bases para el análisis de ciencias de la salud. Editorial LIMUSA, México. 3a ed. 667 pp.

Davis, G. E. 1975. Minimum size of mature spiny lobsters, *P. argus*, at Dry Tortuga, Florida. Trans. Am. Fish. Soc., 104 (4):675-676.

Davis, G. E. 1977. Effects of recreational harvest on a spiny lobster, *Panulirus argus*, population. Bull. Mar. Sci. 27: 223-276.

Dawson, C. F. 1949. Florida crawfish research. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst. 1:21-28.

Dunham, P. J. 1978. Sex pheromones in Crustacea. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 53: 555-583.

Emlen, J. M. 1973. Ecology : An Evolutionary Approach. Addison Wesley, Reading, Mass. 439 pp.

Ennis, G. P. 1973. Food, feeding, and condition of lobsters, *Homarus americanus*, throughout the seasonal cycle in Bonavista Bay, Newfoundland. J. Fish. Res. Board. Can. 30:1905-1909.

Evans, C. R. 1990. A study of the population dynamic and biology of spiny lobsters *Panulirus argus* and *P. guttatus* on the Bermuda platform. Taller I nternacional de Langosta, 12-16 junio. La Habana, Cuba.

FAO. 1968. Report to the government of British Honduras on investigations into marine fishery management, research and development policy for spiny lobster fisheries. Rep. FAO/UNDP (TA)2481: 95 pp.

Farmer, A. S. D. 1974. Relative growth in *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda:Nephropidae). J. Nat. Hist. 8:605-620.

Farmer, A. S. D. 1975. Synopsis of biological data on the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). FAO Fish. Synopsis. 112: 1 - 97.

Farrugio, H. 1976. Contribution à la connaissance de la sexualité des langoustes *Panulirus guttatus* et *Panulirus argus* dans les eaux Martiniquaises. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., 254: 1 - 11.

Fonseca, L. M. E. 1990. Fecundidad de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en el norte de Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Simón Bolívar. México. 49 pp.

Fonseca-Larios, M. E. y P. Briones-Fourzán. Fecundity of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in the Mexican Caribbean. Bull. Mar. Sci. (en prensa)

Freeman, J. 1991. Growth and morphogenesis in crustacean larvae. Mem. Queensland Mus. 31:309-319.

Fuentes, C. D. 1986. Estado del conocimiento biológico-pesquero de la langosta, *Panulirus argus* (Latreille, 1804), en el Caribe mexicano. Ejercicio predoctoral. Inst. Politécnico Nal. Esc. Nal. de Cienc. Biol. Sec. de Graduados. 62 pp.

Fuentes, C. D. 1988. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe mexicano. Secretaría de Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. XXV Aniversario. Los recursos Pesqueros del país. p: 441-462.

George, R. W., y A. R. Main. 1967. The evolution of spiny lobsters (Palinuridae). A study of evolution in the marine environment. Evolution 2(4): 803 - 820.

George, R. W. y G. M. Morgan. 1979. Linear growth stages in the rock lobster (*Panulirus versicolor*) as a method for determining size at first physical maturity. Rapp. Proc. Verb. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 175: 182 - 185.

Gilchrist, B. M. y J. B. S., Haldane. 1947. Sex linkage and sex determination in a mosquito, *Culex molestus*. Hereditas 33, 175-190.

Ginsburger-Vogel, T. y H. Charniaux-Cotton. 1982. Sex determination. In: G. A. Lawrence (Ed.). The biology of Crustacea. Vol. 2, Embriology, Morphology, and Genetics. Academic Press, Nueva York. p: 257-282.

González-Cano, J. 1991. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean. Ph. D. Thesis, Imperial College, University of London. 448 pp.

González, C. J. 1992. Langosta. Panorama Pesquero. Boletín Informativo de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera Vol. 1, Nos. 6 y 7. p:16 - 20.

González, C. J., Aguilar, C. C. y M. T. C. Ríos. 1987. Programa: Langosta. Informe Técnico, CRIP Pto. Morelos, INP. México. 1er semestre de 1987. 17 p.

Gracia, G. A. 1979. Fecundidad en la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustacea:Decapoda:Palinuridae). Tesis Prof., Fac. de Ciencias, U.N.A.M. México. 37 p.

Gregory, D. R. y R. F. Labisky. 1981. Ovigerous setae as an indicator of reproductive maturity in the spiny lobster, *Panulirus argus* (Latreille). Northeast Gulf Science. 4(2): 109 - 113.

Gregory, D. R. Labisky, R. F. y C. L. Combs, 1982. Reproductive dynamics of the spiny lobster, *Panulirus argus* in south Florida. Trans. Am. Fish. Soc., 111(5), 575-584.

Hartnoll, R. G. 1985. Growth, sexual maturity and reproduction output. In: A. M. Wenner (Ed.) Crustacean Issues. 3. Factors in adult growth. A.A. Balkema/Rotterdam/Boston. p:101 - 128.

Heatwole, D.W., J.H. Hunt y F.S. Kennedy Jr. 1988. Catch efficiencies of live lobster decoys and other attractants in the Florida spiny lobster fishery. Fla. Mar. Res. Publ. 44, 15 p.

Hepper, R. T. 1966. Measurement of carapace length in the crawfish *Palinurus vulgaris*. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 30 (3): 316-323.

Herrera, A. 1994. Datos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes del SW de Cuba. (Resultados del Proyecto Ulises de 1987-1993). Resúmenes de las Memorias del II Taller Binacional México-Cuba:Langosta'94, sobre Manejo de Refugios Artificiales de la Langosta y Dinámica de sus Poblaciones. La Habana, Cuba. 17-21 Octubre/94. Resumen 14.

Herrera, A. y D. Ibarzábal. 1994. Papel del refugio natural en la distribución de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes del SW de Cuba. Resúmenes de las Memorias del II Taller Binacional México-Cuba : Langosta' 94, sobre Manejo de Refugios Artificiales de la Langosta y Dinámica de sus Poblaciones. La Habana, Cuba. 17-21 Octubre/94. Resumen 24.

Herrick, F. H. 1909. Natural history of the American lobster. Bull. U. S. Bur. Fish. 29: 149 - 408.

Herrnkind, W. F. 1980. Spiny lobsters: Patterns of movement. In: J. S. Cobb & B. F. Phillips (Eds). The Biology and Management of Lobsters, Vol. 1: Physiology and Behavior. Academic Press. New York. pp: 349-407.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Honda, V. A. 1980. Preliminary results of studies on fecundity of the spiny lobster, *Panulirus marginatus*, in the Northwestern Hawaiian Islands, pp. 143-148. University of Hawaiian Sea Grant College Program, Hawaii.
- Hunt, J. H. y G. W. Lyons. 1986. Factors affecting growth and maturation of spiny lobster, *Panulirus argus*, in the Florida Keys. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2243 - 2247.
- Ino, T. 1950. Observations on the spawning cycle of Ise-ebi, *Panulirus japonicus* (V. Siebold). Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 15(11):725-727.
- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (Spiny lobsters). In: J. S. Cobb & B. F. Phillips (Eds.). The Biology and Management of Lobsters. Vol. 2: Ecology and Management. Academic Press. New York, pp. 59 - 96.
- Kanciruk, P. y W. F. Herrnkind. 1976. Autumnal reproduction of spiny lobster, *Panulirus argus*, at Bimini Bahamas. Bull. Mar. Sci. 26:417-432.
- Kensler, C. B. 1967. Fecundity in the marine spiny lobster, *Jasus verreauxi* (H. Milne-Edwards) (Crustacea:Decapoda:Palinuridae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 1(2):143-155.
- Kensler, C. B. 1968. Notes on fecundity in the marine spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton) (Crustacea:Palinuridae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 2(1):81-89.
- Krouse, J. S. 1973. Maturity, sex ratio and size composition of a natural population of American lobster, *Homarus americanus*, along the Maine coast. Fish. Bull. 71:165-173.
- Larrañeta, M. G. 1979. Importancia de la dinámica de poblaciones en el estudio de las pesquerías. Arbor 397: 98-101.
- Lesser, H. H. 1991. Desarrollo y administración actual de la pesquería de langostas en Quintana Roo. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de la Langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México. Publ. Técn. 1: 11 - 14.
- Lipcius, R. N. 1985. Size-dependent reproduction and molting in spiny lobsters and other long-lived decapods. In: Wenner, A. (Ed.) Crustacean issues. 3. Crustacean growth, factors in adult growth. Balkema Press, Rotterdam, p: 129 - 148.
- Lozano, E. 1992. Pesquería, dinámica poblacional y manejo de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en Bahía de la Ascensión, Q. Roo, México. Tesis Doctoral (Biología). Facultad de Ciencias. UNAM. 142 pp.

Lozano-Alvarez, E. y G. Aramoni-Serrano. Alimentación y estado nutricional de la langosta *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Decapoda:Palinuridae) en Guerrero, México. Rev. Biol. Trop. (en prensa)

Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y B. F. Phillips. 1991. Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascensión, México. Fish. Bull. U. S. 89:79-89.

Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y F. Negrete-Soto. 1993. Ocurrence and seasonal variation of spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille) on the shelf outside Bahia de la Ascensión, México. Fish. Bull. U. S. 91: 808-815.

Lozano, E., P. Briones, L. Santarelli y A. Gracia. 1982. Densidad poblacional de *Panulirus gracilis* Streets y *P. inflatus* (Bouvier) (Crustacea:Palinuridae) en dos áreas cercanas a Zihuatanejo, Gro., México. Ciencia Pesquera, Inst. Nal. Pesca, Sría. Pesca, México. 3, 61-73.

Lyons, W. F. 1980. The postlarval stages of scyllaridean lobsters. Fisheries, 5(4): 47-49.

Lyons, W., Barber, D. G., Foster, S. M., Kennedy, F. S. y G. R. Milano. 1981. The spiny lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics and reproduction. Ela. Mar. Res. Publ. 38. 39 pp.

MacFarlane, J. W. y R. Moore. 1986. Reproduction of the ornate rock lobster, *Panulirus ornatus* (Fabricius), in Papua New Guinea. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 37: 55 - 65.

MacGinnis, F. 1972. Management investigation of two species of spiny lobsters, *Panulirus japonicus* and *P. penicillatus*. Div. Fish Game Rep., Dept. Land Nat. Resources. State of Hawaii. 47 pp.

Marfin, J. P. 1978. Biologie et pêche de la langouste *Panulirus guttatus* en Martinique. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., No. 278 :1-10.

Marx, J. M. y W. F., Herrnkind. 1985. Macroalgae (Rhodophyta: *Laurencia* spp) as habitat for young juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*. Bull. Mar. Sci., 36: 423-431.

Merino, M. 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México., 13(2): 31 - 46.

Merino, M. 1992. Afloramiento en la plataforma de Yucatán; Estructura y Fertilización. Tesis Doctorado en Ciencias del Mar. CCH (Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado) e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México. 255 pp.

Merino, M. y L. Otero. 1991. Atlas ambiental costero: Puerto Morelos-Quintana Roo. Eds. ICMYL, UNAM. y CIQRO. México. p: 1 - 80.

Moore, R. y J. W. MacFarlane. 1984. Migration of the ornate rock lobster, *Panulirus ornatus* (Fabricius), in Papua New Guinea. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 35: 197 - 212.

Morgan, G. R. 1972. Fecundity in the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* (George) (Crustacea:Decapoda:Palinuridae). Aust. J. Mar. Freshw. Res. 23: 133 - 141.

Morris, D. E. 1968. Some aspects of the commercial fishery and biology of two species of spiny lobsters, *Panulirus japonicus* (De Siebold) and *P. penicillatus* (Oliver). In Hawaii. M. Sc. Thesis. University of Hawaii, 82 pp.

Mota-Alves y R. C. F. Bezerra. 1968. Sobre o numero de ovos da lagosta, *Panulirus argus* (Latr.). Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará. 8(1): 33 - 35.

Munro, J. L. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes: Crustaceans (spiny lobsters and crabs). Res. Rep. Zool. Dept. Univ. West Indies (3) Part VI, 57 pp.

Nascimento, L. V. do. 1976. Fecundidade da lagosta *Panulirus laevicauda* (Latreille) e sua relação com *P. argus* (Latreille, 1804). Serie Estudos da Pesca, Recife 1: 1 -30.

Nascimento, L. V. do. y M. Z. de Araujo. 1984. Fecundidade das lagostas *Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda* (Latr.) capturadas no litoral do Rio Grande do norte. CDU 595.384. 1: 639.281.5/6(813.2) 35-43.

Nikolskii, G. V. 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Oliver & Boyd, Edinburgh, 323 pp.

Nye, P. A. 1977. Reproduction, growth and distribution of the grapsid crab *Helice crassa* (Dana, 1851) in the southern part of New Zealand. Crustaceana 33: 75-89.

Oliveira, G. M. de. 1982. La pesquería de langosta en el nordeste de Brasil. En: Memorias del grupo de trabajos sobre la langosta. WECAF Contrib. 6.6., Rep. 36:125-150.

Olsen, D., Herrnkind, W. F. y R. Cooper. 1975. Population dynamics, ecology, and behavior of spiny lobster, *Panulirus argus*, of St. John, U. S. Virgin Islands: Introduction. Sci. Bull., Nat. Hist. Mus., Los Angeles Cty. 20:11-16.

Padilla-Ramos, S. y P. Briones-Fourzán. Características biológicas de las langostas (*Panulirus spp.*) provenientes de las capturas en Puerto Morelos, Q. R., México. Ciencias Marinas. (en prensa)

Paiva, M. P. y R. S. Costa. 1963. Tamanhos de femeas de lagostas em reprodução nas aguas costeiras de Ceará. Arq. Estud. Biol. Mar. Univ. Ceará, 3: 53-56.

Paiva, M. P. y A. A., Fonteles-Filho. 1968. Sobre as migrações e índices de exploração da lagosta *Panulirus argus* (Latreille), ao longo da costa do estado do Ceará. Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Ceará. 8:15-23.

Peacock, N. A. 1974. A study of the spiny lobster fishery of Antigua and Barbuda. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 26:117-130.

Pérez, C. 1928. Sur l'appareil d'accrochage de l'abdomen au torax chez les decapodes brachyures. C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris 186:461-463.

Perkins, H. C. 1971. Egg loss during incubation from offshore northern lobster (Decapoda:Homaridae). Fish. Bull. 69: 451 - 453.

Perkins, H. C. 1972. Development rates at various temperatures of embryos of the northern lobster (*Homarus americanus*). Fish. Bull. 70: 95 - 99.

Phillips, B. F., J. S. Cobb, R. W. George. 1980. General Biology. In: J. S. Cobb & B. F. Phillips (Eds.). The Biology and Management of Lobsters. Vol. 1: Physiology and Behavior. Academic Press, New York. pp. 2 - 82.

Pineda, B. J., A. Díaz de León y F. O. Uribe. 1981. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Depto. Pesca. México. 1. (1): 99 - 118.

Ramírez, E. A., Quijano, F. A. y R. C. Santabalbina. 1992. Notas sobre la fecundidad de la langosta del Caribe *Panulirus argus* (Latreille). VII Congreso Nacional de Oceanografía, Ensenada, B. C. Julio de 1987. Vol. II. Secretaría de Pesca. México. p: 393 - 400.

- Ramírez, E. A., Sandoval, Q. M. y J. C. González. 1994. Evaluación de dos métodos para la determinación de la fecundidad de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Resúmenes de las Memorias del II Taller Binacional México-Cuba: Langosta'94, sobre Manejo de Refugios. Artificiales de la Langosta y Dinámica de sus Poblaciones. La Habana, Cuba. 17-21 Octubre/94. Resumen 16.
- Ramos, P. R. 1974. El recalón de Contoy. I.N.P. Estación de Investigación Pesquera. Isla Mujeres, Quintana Roo. México. No.1: 1 - 7.
- Rudd, S. y F. L., Warren. 1976. Evidence for a pheromone in the South African rock lobster *Jasus lalandii*. Trans. R. Soc. S. Afr. 42(1):103-105.
- Salgado, U. I. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. ENEP-Zaragoza. UNAM. México. 243 pp.
- Saila, S. B., Flowers, J. M., y J. T., Hughes. 1969. Fecundity of the American lobster, *Homarus americanus*. Trans. Am. Fish. Soc. 98: 537-539.
- Sims, H. W. y R. M. Ingle. 1966. Caribbean recruitment of Florida's spiny lobster populations. Quart. J. Fla. Acad. Sci., 29(3):207-242.
- Smith, F. G. W. 1948. The spiny lobster industry of the Caribbean and Florida. Caribb. Res. Counc. Fish., Ser. 3:1-49.
- Soares, C. N. C. y P. P. L., Cavalcantes. 1985. Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) and smooth tail spiny lobster (*Panulirus laevicauda*) reproductive dynamics on the Brazilian Northeastern coast. FAO. Fish. Rep., 327:200-217.
- Somers, K. M. 1991. Characterizing size-specific fecundity in crustaceans. In: A. Wenner & A. Kuris (Eds.). Crustacean Issues, 7. Crustacean Egg Production, p: 357-378. A.A. Balkema. Rotherdam.
- Sosa, C. E. 1991. Estrategias de manejo basadas en el modelo global y perspectivas de aplicación a la pesquería de langosta de Quintana Roo. In: P. Briones-Fourzán (Ed.). Taller Regional Sobre Manejo de la Pesquería de la Langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México. Publ. Técn. 1: 15 - 21.
- Sparre, P., E. Ursin y S. C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Paper. No. 306.1. Rome, 337 pp.
- Squires, H. J. 1970. Lobster (*Homarus americanus*) fishery and ecology in Port au Port Bay, Newfoundland, 1960-65. Proc. Natl. Shellfish. Assoc. 60: 22 - 39.

Street, R. J. 1969. The new Zealand crayfish *Jasus edwardsii* (Hutton). N. Z. Mar. Dep. Fish., Tech. Rep. 30.

Sutcliffe, W. H. Jr. 1952. Some observations of the breeding and migration of the Bermuda spiny lobster, *Panulirus argus*. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 4: 64-69.

Templeman, W., 1935. Local differences in the body proportions of the lobster, *Homarus americanus*. J. Biol. Board Can. 1: 213-226.

Templeman, W. 1936. Further contributions to mating in the American lobster. J. Biol. Board Can. 2: 223-226.

Thomas, H. J. 1964. The spawning and fecundity of the Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) around the Scottish coast. J. Cons. Internat. Explor. Mer , 29: 221 - 229.

Turpen, S., J. W. Hunt, B. S. Anderson y J. S. Pearse. 1994. Population structure, growth and fecundity of the Kelp forest mysid *Holmesimysis costata* in Monterey Bay, California. J. Crustacean Biol. 14 (4): 657 - 664.

Wear, R. G. 1970. Life studies on New Zealand Brachyura. 4. Zoea larvae hatched from crabs of the family Grapsidae. N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 4: 3-35.

Wenner, A. M. 1972. Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. Am. Natur. 106(949): 321-350.

Wilson, R. C. 1948. A review of the southern California spiny lobster fishery. Calif. Fish. Game. 34: 71-89.

Williams, A. B. 1965. The decapod crustaceans of the Carolinas U. S. Fish. Wild Serv Fish. Bull. 65(1): 1 - 298.