

VARIACION ESTACIONAL EN LA FECUNDIDAD DE LA
LANGOSTA *Panulirus inflatus* (BOUVIER, 1895)
(CRUSTACEA: DECAPODA: PALINURIDAE)

SEASONAL VARIATION OF THE FECUNDITY OF
THE LOBSTER *Panulirus inflatus* (BOUVIER, 1895)
(CRUSTACEA: DECAPODA: PALINURIDAE)

Por/By

Adolfo Gracia G.
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Apartado Postal 70-305
México, D. F. 04510

GRACIA G. A. Variación estacional en la fecundidad de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustácea: Decapoda: Palinuridae). Seasonal variation of the fecundity of the lobster *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *Ciencias Marinas*, 11 (1): 7-27 (21)

RESUMEN

La fecundidad individual por desove de 54 hembras ovígeras *Panulirus inflatus* colectadas en el área de Zihuatanejo, Gro., México, es estimada en tres temporadas (1976; primavera y otoño de 1978) en un intervalo de longitud de cefalotórax de 45.6 mm (69,100 huevos a 86.4 mm (570,786 huevos). Se presentan las regresiones y correlaciones para estos conjuntos de organismos entre: peso total - fecundidad; longitud de cefalotórax - fecundidad; peso total - fecundidad relativa. La relación de la fecundidad con respecto al peso y la longitud de cefalotórax se adecuó a una forma lineal y potencial respectivamente con excepción del período de primavera 1978, que mostró la correlación más alta para un modelo lineal en ambos casos. Comparaciones estadísticas entre otoño y primavera muestran una diferencia significativa entre el valor de la fecundidad con mayor número de huevos en otoño. No existe una diferencia aparente entre la fecundidad anual por desove de 1976 y la de 1978. El aumento en la fecundidad en otoño, aunado a otros factores tales como tamaño de los huevecillos, peso y densidad de los organismos, sugiere un máximo en la actividad reproductiva anual de *P. inflatus*. El intervalo de talla 62 - 78 mm de L. C. contribuye con 80 % a la producción total de huevecillos y la clase 68 - 70 mm de L. C. aporta la mayor proporción (15 %) al potencial reproductivo de la población. Se discute la utilidad del período de veda y de la talla mínima legal para la protección del recurso y se apoyan modificaciones a estas reglamentaciones que protegen el potencial biótico de la población y permiten obtener mayor captura.

ABSTRACT

The fecundity of 54 ovigerous females of *Panulirus inflatus* was estimated during 1976 and spring and fall of 1978 in Zuhatanejo, Gro., México. The individuals examined presented a range of 45.6 mm C.L. (96.0 g wt.) and 86.4 mm (598.0 g wt.). Fecundity in this range was 69,100 - 570,786 eggs per females respectively. A linear relationship was found between the number of eggs produced per female and total weight. There was a curvilinear relationship between number of eggs and cephalotoracic length except in spring, when it better fitted a linear one. Statistical analysis were used to compare fecundity estimations of the three periods. At a significance level of 0.05, difference was found between the fecundity of organisms collected in spring and fall of 1978. Numbers of eggs produced were higher in fall. No significative difference was found between annual mean fecundity of 1976 and 1978.

VARIACION ESTACIONAL EN LA FECUNDIDAD DE LA LANGOSTA

Although reproduction of *P. inflatus* is continuous over the year, higher fecundity related to other factors suggest a maxima in reproductive activity occurring in fall. Lobsters found in the 62 – 78 mm C. L. range produce around 80 % of the egg annual production. The most productive size (68 – 70 mm C. L.) contributed 15 % of the total egg production. Modifications to the closed season and minimum size limit are discussed in order to obtain higher catches and to protect the reproductive potential of the population.

INTRODUCCION

La langosta es un recurso muy importante que ocupa los primeros lugares de explotación pesquera en lo que se refiere a crustáceos. El volumen total de la captura nacional de este palinúrido está compuesto por cinco especies, entre las cuales *Panulirus inflatus* ocupa el tercer lugar en producción, a pesar de estar distribuida en una amplia zona de las costas mexicanas del Pacífico (Bahía Magdalena al Golfo de Tehuantepec) (Holthuis y Villalobos, 1962; Gracia y Kensler, 1980).

La "langosta de roca" como también se le conoce, si bien no contribuye en gran parte a la producción nacional, representa un recurso potencial sumamente valioso en las costas de México, donde su explotación y consumo la mayor parte de las veces es en forma regional pero que constituye una fuente de ingreso importante para los pescadores debido a su elevada cotización.

La conservación y manejo adecuado de este recurso netamente mexicano requiere de información básica sobre su biología y ecología a fin de que proporcione los fundamentos necesarios. Entre estos, el estudio de la fecundidad, aspecto fundamental de la reproducción, reviste especial interés en poblaciones marinas de este tipo sujetas a explotación pesquera, ya que está directamente relacionada con el comportamiento y capacidad de renovación de la población.

Sobre estudios de fecundidad de la familia Palinuridae existe una amplia literatura, que se refiere principalmente a las especies pertenecientes al género *Jasus* y *Panulirus* (Von Bonde y Marchand, 1935; Hickman, 1945; Bradstock, 1950; Lindberg, 1955; Matthews, 1962; Paiva y Silva, 1962; Heydorn, 1965; Kensler, 1967, 1968; Mota-

INTRODUCTION

The lobster is a very important resource, taking first place in fishery exploitation of crustaceans. The total volume of the national catch of this palinuridae is composed of five species, among which *Panulirus inflatus* occupies third place in production, even though it is distributed widely along the Mexican Pacific coast (from Bahía Magdalena, B.C.S., to the Gulf of Tehuantepec) (Holthuis and Villalobos, 1962; Gracia and Kensler, 1980).

The "rock lobster" does not contribute greatly to the national production, but it represents a very valuable potential resource along the coasts of México where its exploitation and consumption is mainly regional. It is a very important source of income for the fishermen because of its high cost.

Conservation and adequate management require basic information on its biology and ecology. Among these, fecundity is of special importance in marine populations that are subjected to the fishery exploitation, for it is directly related to the behavior and replacement capacity of the population.

There is ample literature on the fecundity of Palinuridae, mainly treating species of the genera *Jasus* and *Panulirus* (e.g. Von-Bonde and Marchand, 1935; Hickman, 1945; Bradstock, 1950; Lindberg, 1955; Matthews, 1962; Paiva and Silva, 1962; Heydorn, 1965; Kensler, 1967, 1968; Mota-Alves and Bezerra, 1968; Morgan, 1972; Chitty, 1973). However, for the species found on the Mexican coast there are only studies on the fecundity of the red lobster, *P. interruptus* (Pineda *et al.*, 1981); the fishery of this species supports

Alves y Bezerra, 1968; Morgan, 1972; Chitty, 1973). Sin embargo, para las especies presentes en costas mexicanas sólo se han realizado en la langosta roja *P. interruptus* (Pineda *et al.*, 1981); cuya pesquería soporta el volumen más importante de extracción de langosta en el país.

No obstante que el tema de fecundidad ha sido tratado por varios autores en diferentes especies, se le ha dado poca importancia a la comparación de la fecundidad de especies que presentan varios desoves en un período de reproducción. Este es el caso particular de *P. inflatus*, que presenta una reproducción continua durante todo el año (Briones *et al.*, 1981).

La comparación de la fecundidad de *P. inflatus* en dos períodos climáticos diferentes es interesante en cuanto a las respuestas ecológicas que, por medio de su reproducción, presenta este organismo subtropical ante las variaciones estacionales. Asimismo, su importancia se desprende de las implicaciones que dichas respuestas tienen para el manejo del recurso.

MATERIAL Y METODOS

La estimación de la fecundidad individual de *P. inflatus* se realizó en un total de 54 ejemplares de hembras ovigeras colectadas en tres períodos distintos en el área de Zihuatanejo (17°38'N y 101°33'O) en la costa grande del estado de Guerrero, Méx. (Fig. 1). En el período correspondiente a mayo - octubre de 1976 se obtuvieron 17 individuos en un intervalo de 56.9 a 86.4 mm de longitud de cefalotórax (L. C.), 16 ejemplares (47.9 - 86.0 mm L. C.) en primavera (mayo) y 21 individuos (45.6 - 66.6 mm L. C.) en otoño (finales de octubre). La mayor parte del material examinado fue capturado por medio de buceo semiautónomo, con excepción de los organismos pertenecientes al año de 1976; quienes fueron colectados con una red agallera de 100 m de largo y 9 m de caída. Después de obtener la longitud de cefalotórax, peso total y fase sexual para cada individuo (desarrollo de los huevos de acuerdo a la escala modificada por Weinborn, 1977), la masa de

the most important volume of the lobster exploitation in the country.

Although the subject of fecundity has been treated by several authors in different species, little importance has been given to the comparison of the fecundity of species that spawn several times during a reproductive season. This is true for *P. inflatus* that has a continuous year-round reproductive activity, (Briones *et al.*, 1981).

The comparison of the fecundity of *P. inflatus* in two different climatic periods is interesting, because of the ecological responses to seasonal variations in the reproduction of this subtropical organism and because of the implications these have on the resource's management.

MATERIALS AND METHODS

The estimation of the individual fecundity of *P. inflatus* was carried out in 54 ovigerous female specimens collected in three different periods in the Zihuatanejo area (17°38' N and 101°33' W) on the coast of Guerrero, México (Fig. 1). During the period May-October 1976 we obtained 17 specimens with a cephalothorax length (CL) between 56.9-86.4 mm. In spring (May) the specimens ranged between (47.9-86.0 mm CL). In fall (late October) 21 specimens ranged between 45.6-66.6 mm CL. Most of the examined material was captured by semifree diving, except for the organisms of 1976 that were collected by a gill net 100 m long and 9 m deep. After obtaining the cephalothorax length, total weight and sexual phase for each individual (egg development by the modified scale by Weinborn, 1977), the egg mass was carefully taken from the female pleopods and fixed in 5% formol.

Among the numerous procedures used to estimate the spiny lobster's fecundity (Hickman, 1945; Bradstock, 1950; Paiva and Silva, 1962) the Kensler gravimetric method (1967, 1968) was used. This was modified by the application of the sampling theory, to determine the number and size of the sample units in each egg mass. The results of the corresponding formulas

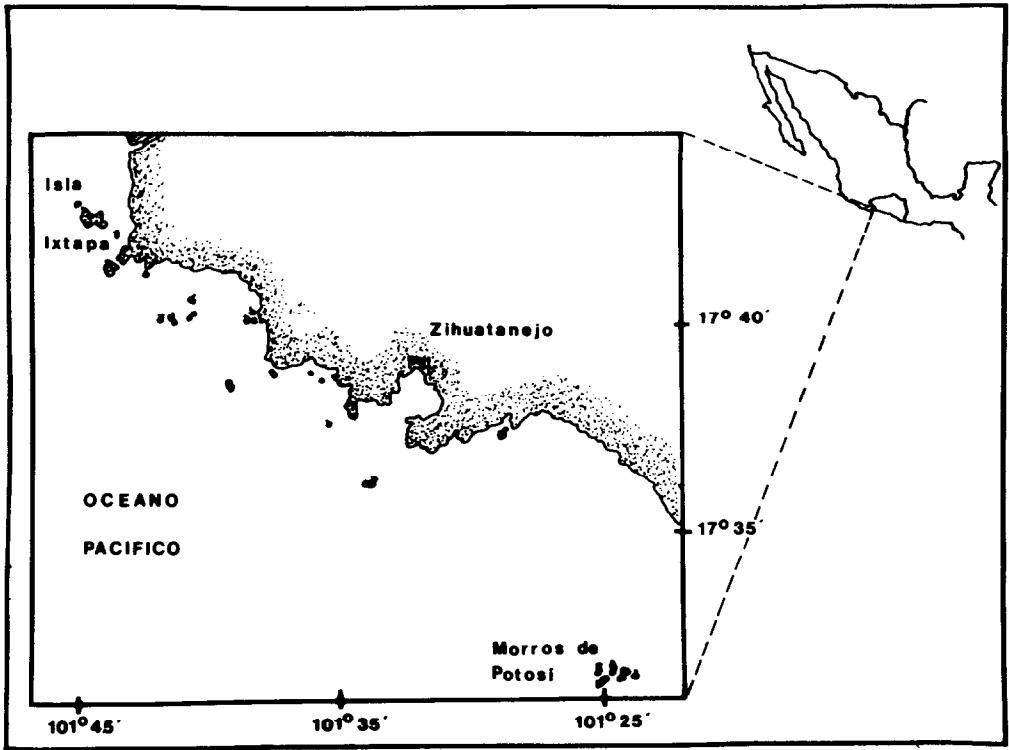


Fig. 1. Localización del área de estudio.
 — Location of the study area.

huevos fue retirada cuidadosamente de los pleópodos de la hembra y fijados en formol al 5% .

Entre los numerosos procedimientos que han sido empleados para estimar la fecundidad de las langostas espinosas (Hickman, 1945; Bradstock, 1950; Paiva y Silva, 1962), se utilizó el método gravimétrico de Kensler (1967, 1968). Este fue modificado mediante la aplicación de la teoría de muestreo, para determinar el número y tamaño de las unidades de muestra en cada masa de huevos. Los resultados de las fórmulas correspondientes (Snedecor y Cochran, 1971; Cochran, 1971) indicaron que tres unidades de muestreo (0.1 g) eran suficientes para estimar el número de huevos de cada hembra ovígera con una variación de $\pm 5\%$ de la media con límites de confianza de 0.95.

(Snedecor and Cochran, 1971; Cochran, 1971) indicated that three sampling units (0.1 g) were enough to estimate the number of eggs of each ovirous female a $\pm 5\%$ variation of the mean with 0.95 confidence levels.

Following these procedures, the egg masses (from which the excess humidity was removed by centrifugation) were weighed on an analytical scale (0.1 mg) and three 0.1 g sampling units were obtained. Later, the number of eggs in each unit was manually counted with the help of a stereoscope microscope and the average number of eggs per 0.1 g of each particular mass was calculated. This value was extrapolated to the total weight of the egg mass to obtain an estimation of the individual fecundity and the standard deviation by the appropriate statistical formulas. Before this process 25 eggs

De acuerdo al procedimiento anterior, las masas de huevos (a las cuales se removió el exceso de humedad por centrifugación) fueron pesadas en una balanza analítica con una exactitud de 0.1 mg y se obtuvieron tres unidades de muestreo de 0.1 g. Posteriormente, el número de huevecillos presentes en cada unidad fue contado manualmente con la ayuda de un microscopio estereoscópico y se calculó el número promedio de huevos por 0.1 g de cada masa en particular. Este valor se extrapoló al peso total de la masa de huevos para obtener una estimación de la fecundidad individual y la varianza de la misma mediante las fórmulas estadísticas apropiadas. Anteriormente a este proceso se separaron 25 huevecillos de cada hembra ovígera, los cuales se midieron en el eje más largo con un microscopio estereoscópico provisto de ocular graduado.

Las estimaciones de la fecundidad individual fueron relacionadas con los datos biométricos, y se ajustaron por el método de mínimos cuadrados al tipo de curva que presentó el más alto grado de correlación. De esta forma se obtuvieron las siguientes regresiones: longitud de cefalotórax-fecundidad; peso total-fecundidad, peso total-fecundidad relativa (número de huevos por gramo de peso del individuo).

Las comparaciones de los resultados entre los diferentes períodos, con un nivel de probabilidad $P = 0.05$, se llevaron a cabo mediante las siguientes pruebas estadísticas: comparación de pendientes, pruebas de t simples y de pares al azar (Zar, 1974).

RESULTADOS

Los resultados de la fecundidad de *Panulirus inflatus* se ordenaron de acuerdo a cada período de colecta.

1976

Los ejemplares correspondientes al año de 1976 presentaron un intervalo de 56.9 mm de L. C. (181.0 g) a 86.4 de L. C. (598.0 g) con 145,056 y 570,786 huevecillos respectivamente (Tabla I).

from each ovigerous female were separated; they were measured in the longest axis with a stereoscope microscope with a graduated ocular.

The estimations of the individual fecundity were related to the biometric data and were adjusted by the square minimum method to the type of curve that presented the highest correlation degree. In this way, the following regressions were obtained: cephalothorax length - fecundity; total weight-fecundity; total weight-relative fecundity (number of eggs per individual weight).

The results of the different periods, with a probability level of $p = 0.05$, were compared by the following statistical tests, slope comparison, simple t tests and couples at random (Zar, 1974).

RESULTS

The results of the fecundity of *Panulirus inflatus* are arranged by each collection period.

The specimens collected during 1976 ranged from 56.9 mm CL (181.0 g) to 86.4CL (598.0 g) with 145,056 and 570,786 eggs respectively (Table I).

TABLA I. Valores de fecundidad estimados para las hembras ovígeras de *P. inflatus* en 1976.

Estimated fecundity values for ovigerous female *P. inflatus* in 1976.

No.	Longitud de cefalotórax (mm)	Peso total (g)	Fecundidad individual	Fecundidad relativa
1	56.9	181.0	145,056 ± 580	801.4
2	55.7	198.0	200,242 ± 6,657	1011.3
3	64.0	230.0	323,020 ± 13,981	1404.4
4	64.5	246.2	201,591 ± 9,968	818.8
5	64.6	282.5	224,207 ± 9,612	793.7
6	65.8	313.5	257,985 ± 7,080	822.9
7	67.4	321.0	301,456 ± 8,806	939.1
8	67.5	298.0	194,204 ± 13,090	651.7
9	69.0	337.0	267,056 ± 19,512	792.5
10	71.4	365.0	316,544 ± 20,897	867.2
11	71.5	285.0	298,814 ± 19,768	1048.5
12	72.0	359.0	254,669 ± 7,370	709.4
13	73.8	415.0	342,376 ± 11,063	825.0
14	74.6	409.0	352,534 ± 14,071	861.9
15	78.1	458.0	314,170 ± 22,000	686.0
16	81.4	536.5	317,427 ± 10,987	591.7
17	86.4	598.0	570,768 ± 18,829	954.5

VARIACION ESTACIONAL EN LA FECUNDIDAD DE LA LANGOSTA

El número de huevos por desove de las langostas de roca presentó una relación lineal y directamente proporcional al peso del individuo (Fig. 2a), y con respecto a la longitud del cefalotórax (Fig. 2b) se comportó en forma potencial ($y = ax^b$). En ambos casos los coeficientes de correlación más altos ($r = 0.80$ y 0.82) se obtuvieron para las relaciones descritas con un nivel altamente significativo ($P < 0.001$). Las regresiones calculadas para cada curva se muestran en las Tablas IV y V.

La fecundidad relativa no mostró correlación alguna con el peso total de la langosta ($0.2 > P > 0.1$). En este caso el coeficiente de correlación para el diagrama de dispersión (Fig. 7) fue muy bajo y la pendiente negativa y cercana a cero.

La mayor parte de los huevecillos medidos en este período se encontraron en la etapa final de desarrollo (fase sexual 5: color café oscuro, ojos de la larva visibles) y alcanzaron un diámetro promedio de 512 micras con una desviación estándar de 9.9 micras.

Primavera 1978

El número total de huevos estimado para los individuos colectados en primavera de 1978 varió desde 129,734 para un ejemplar de 47.9 mm de L.C. (119.0 g), hasta 507,542 para una langosta de 86.0 mm de L.C. (559.5g) (Tabla II).

Para la primavera, las relaciones lineales de peso total-fecundidad y longitud de cefalotórax-fecundidad, son las que presentan el más alto grado de correlación (Tablas IV y V). El número de huevos para esta etapa es directamente proporcional tanto al peso como a la longitud de cefalotórax (Figs. 3a y 3b), a diferencia de la forma potencial que generalmente se presenta con respecto a la longitud de cefalotórax. Las ecuaciones calculadas para las regresiones de las correlaciones se observan en las Tablas IV y V.

La correlación entre fecundidad relativa y peso es muy baja, de tal manera que no existe tampoco una correlación significativa ($0.5 > P > 0.2$) para este caso (Fig. 7).

The number of eggs per spawning of the rock lobster showed a linear relation and was directly proportional to the weight of the individual (Fig. 2a), and with respect to the cephalothorax length (Fig. 2b) it behaved in a potential form ($y = ax^b$). In both cases the highest correlation coefficients ($r = 0.80$ and 0.82) were obtained for the described relationship with a highly significant level ($P < 0.001$). The calculated regressions for each curve are shown in Tables IV and V.

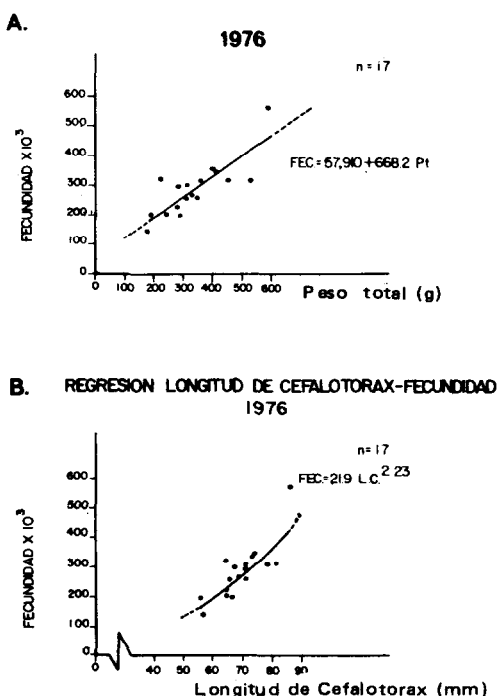


Fig. 2a. Relación peso total-fecundidad de *P. inflatus* para el año de 1976.

— Relationship of total weight-fecundity of *Panulirus inflatus* for 1976.

Fig. 2b. Relación longitud de cefalotórax-fecundidad de *P. inflatus* para 1976.

— Relationship between cephalothorax length-fecundity of *P. inflatus* for 1976.

The relative fecundity did not show any correlation with the total weight of the lobster ($0.2 > P > 0.1$). In this case the correlation coefficient for the dispersion diagram (Fig. 7) was very low and the slope was negative and close to zero.

TABLA II. Valores de fecundidad estimados para las hembras ovígeras de *P. inflatus* en primavera de 1978.

Estimate fecundity values for ovigerous female *P. inflatus* in spring 1978.

No.	Longitud de cefalotórax	Peso total (g)	Fecundidad estimada	Fecundidad relativa
1	47.9	119.0	129,734 ± 6,204	1090.2
2	48.5	115.0	139,385 ± 2,742	1212.0
3	52.0	131.0	142,560 ± 8,526	1088.7
4	53.3	138.0	157,453 ± 4,437	1141.0
5	56.2	179.0	136,974 ± 5,564	765.2
6	57.2	158.0	225,947 ± 11,687	1430.2
7	57.3	188.0	116,678 ± 12,814	620.6
8	58.7	229.0	178,300 ± 15,428	778.6
9	60.9	229.0	152,596 ± 8,555	666.4
10	66.2	269.0	221,667 ± 5,742	824.0
11	67.7	292.0	260,108 ± 10,108	890.8
12	68.4	316.0	230,026 ± 2,030	727.9
13	70.0	329.0	280,237 ± 24,375	997.7
14	74.5	423.0	391,061 ± 20,712	924.5
15	76.8	452.0	411,475 ± 14,360	910.3
16	86.0	559.5	507,452 ± 10,780	978.5

Las hembras ovígeras estudiadas en primavera se presentaron tanto en la fase sexual 3 como en la 5 (fase sexual 3: huevos color naranja brillante, recién desovados), debido a lo cual se separaron en dos grupos para realizar las mediciones. Los huevecillos en los estados 3 y 5, al ser comparados con una prueba de t, resultaron significativamente diferentes, ($0.02 > P > 0.01$) con una longitud máxima promedio de 455.2 micras ($\sigma = 25$) y 483.1 ($\sigma = 16$) respectivamente para cada estado de desarrollo.

Otoño 1978

Entre los ejemplares colectados en otoño de 1978 se encontraron dos individuos de tallas sumamente pequeñas, 45.6 y 46.0 mm de L. C., que ya poseían huevos fecundados.

La fecundidad estimada para las langostas de otoño de 1978 en un intervalo de tamaño de 45.6 mm de L. C. (96.0 g) a 66.0 de L. C. (296.0 g), fue desde 69,100 a 275,609 huevecillos respectivamente (Tabla III). Las correlaciones más altas en este intervalo correspondieron a aquellas obtenidas para una relación lineal entre el peso total y la fecundidad, y una relación potencial para la longitud del cefalotórax-fecundidad (Figs. 4a y 4b; Tablas IV y V). Se obtuvieron también las ecuaciones que describen el

Most of the eggs measured in this period were found to be in the final development stage (sexual phase 5, dark brown, eyes of the larvae visible) and they reached an average diameter of 512 microns with an standard deviation of 9.9 microns.

Spring 1978

The total number of estimated eggs for the individuals collected in spring 1978 varied from 129, 734 for one specimen with 47.9 mm CL (119.0 g) to 507,542 for lobster 86.0 mm CL (559.5 g) (Table II).

For spring, the linear relationships of total weight-fecundity and cephalothorax length-fecundity, present the highest degree of correlation (Tables IV and V).

The number of eggs for this stage is directly proportional to the weight as to the cephalothorax length. (Fig. 3a and 3b) The calculated equations for the correlation regressions are shown on Tables IV and V.

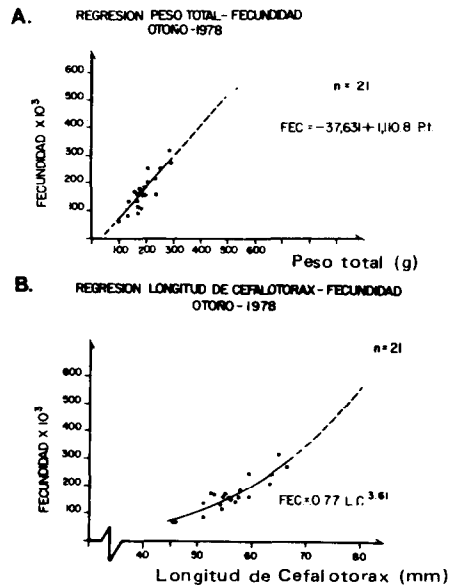


Fig. 3a. Relación peso total-fecundidad de *P. inflatus* en primavera de 1978.

— Relationship between total weight-fecundity of *P. inflatus* in spring 1978.

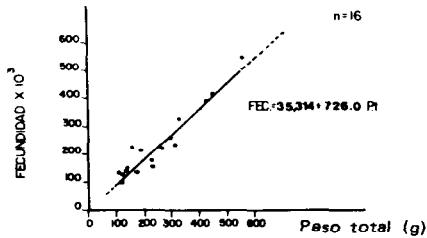
Fig. 3b. Relación longitud de cefalotórax-fecundidad de *P. inflatus* en primavera de 1978.

— Relationship of cephalothorax length-fecundity of *P. inflatus* in spring 1978.

VARIACION ESTACIONAL EN LA FECUNDIDAD DE LA LANGOSTA

comportamiento lineal de la fecundidad con respecto al peso y la relación potencial con la longitud del cefalotórax (Tablas IV y V).

A. REGRESION PESO TOTAL-FECUNDIDAD
PRIMAVERA 1978



B. REGRESION LONGITUD DE CEFALOTORAX-FECUNDIDAD
PRIMAVERA 1978

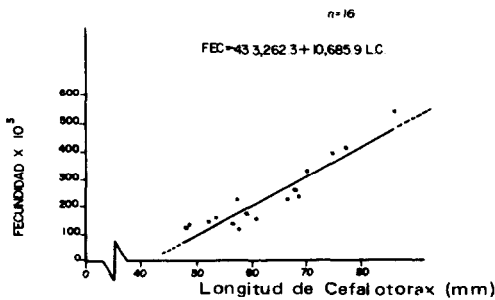


Fig. 4a. Relación peso total-fecundidad de *P. inflatus* en otoño de 1978.

- Relationship of total weight-fecundity of *P. inflatus* in fall 1978.

Fig. 4b. Relación longitud de cefalotórax-fecundidad de *P. inflatus* en otoño de 1978.

- Relationship of cephalothorax length-fecundity of *P. inflatus* in fall 1978.

El coeficiente de correlación entre la fecundidad relativa y el peso total de las langostas de otoño de 1978 ($r = 0.41$) es el más alto para los tres períodos de colecta. Sin embargo, tampoco existe una correlación significativa entre el peso y la fecundidad relativa ($0.10 > P > 0.05$).

Los huevecillos de las langostas en fases sexuales 3 y 5 en este período también presentaron diferencias significativas ($0.002 > P > 0.001$) entre sí, mediante la aplicación de una prueba de t. La longitud de los huevecillos correspondientes a los estados 3 y 5 alcanzó un promedio de 475.7 micras ($\sigma = 16.6$) y 503.2 micras ($\sigma = 5.0$).

TABLA III. Valores de fecundidad estimados para las hembras ovígeras de *P. inflatus* en otoño de 1978.

Estimate fecundity values for ovigerous female *P. inflatus* in fall 1978.

No.	Longitud de cefalotórax (mm)	Peso total (g)	Fecundidad individual	Fecundidad relativa
1	45.6	96.0	69,100 ± 1,047	720.0
2	46.0	99.0	67,269 ± 2,339	679.0
3	50.9	142.0	140,338 ± 6,318	988.0
4	51.1	132.0	86,163 ± 4,055	653.0
5	52.4	175.0	176,638 ± 5,855	1009.0
6	53.1	159.0	172,040 ± 17,792	1082.0
7	54.2	169.0	136,978 ± 2,762	811.0
8	54.6	167.0	112,937 ± 6,531	676.0
9	54.8	171.0	165,291 ± 10,401	967.0
10	55.2	174.0	173,451 ± 7,305	997
11	56.0	186.0	154,463 ± 12,322	830
12	56.0	180.0	154,210 ± 4,312	857
13	57.0	169.0	143,051 ± 5,463	846
14	57.6	193.0	156,071 ± 2,276	809
15	57.8	194.0	187,375 ± 7,248	966
16	59.5	207.0	250,796 ± 18,086	1211
17	59.6	235.0	157,082 ± 2,983	688
18	63.5	235.0	210,938 ± 20,174	898
19	63.6	252.0	248,053 ± 3,584	984
20	65.0	289.0	318,403 ± 11,214	1102
21	66.6	296.0	275,609 ± 21,357	931

The correlation between relative fecundity and weight is so low that there is no significant correlation ($0.5 > P > 0.2$) for this case (Fig. 7).

The ovigerous females studied in spring presented sexual stages 3 and 5 (sexual stage 3; eggs bright orange, just spawned). Due to this, they were separated into two groups to be measured. Comparing the eggs in stages 3 and 5 by a t test, they showed a significant difference ($0.02 > P > 0.01$), with an average maximum length of 455.2 microns ($\sigma=25$) and 483.1 ($\sigma=16$) for each respective development stage.

Fall 1978

Among the specimens collected in fall 1978, two individuals of a very small size were found: 45.6 and 46.0 mm CL; they already had fertilized eggs.

The estimated fecundity for the lobsters during fall 1978, in a size interval of 45.6 mm CL (96.0 g) to 66.0 mm CL (296.0 g) was from 69,100 to 275,609 eggs respectively (Table III). The highest correlations

TABLA IV. Coeficiente de correlación y ecuaciones de las curvas de ajuste para las relaciones de peso total (P.t.) - fecundidad (Fec.)

Correlation coefficient and adjust curve equations for the total weight (P.T.) fecundity (Fec.) ratio.

Período	Ecuación	Coeficiente de correlación
1976	Fec = 57,910 + 668.2 P.t.	0.81
1978	Fec = 4,820 + 932.6 P.t.	0.94
Primavera		
1978	Fec = 35,314 + 726.0 P.t.	0.88
Otoño		
1978	Fec = 37,631 + 1110.8 P.t.	0.91

TABLA V. Coeficientes de correlación y ecuaciones de las curvas de ajuste para las relaciones de longitud de cefalotorax (L.C.) y fecundidad (Fec.)

Correlation coefficient and adjust curve equation for the cephalothorax length (L.C.) fecundity (Fec.) ratio.

Período	Ecuación	Coeficiente de correlación
1976	Fec = 21,9 L.C. 2.23	0.83
1978	Fec = 1.382 L.C. 2.89	0.90
Primavera		
1978	Fec = 433,262 + 10,686 P.t.	0.93
Otoño		
1978	Fec = 0.77 L.C. 3.61	0.89

Comparación de la fecundidad en los tres períodos.

La fecundidad por desove anual de 1976 y 1978 se comparó en las relaciones de peso total-fecundidad y longitud de cefalotorax-fecundidad, para lo cual se utilizó una prueba de comparación de pendientes de dos regresiones simples (Zar, 1974). Como se observa en las figuras 5a y 5b, aparentemente hay una diferencia en el número de huevos producidos por individuos mayores de 200 g de peso y 60 mm de L. C.; sin embargo, los dos conjuntos de datos no son estadísticamente diferentes a un nivel de significancia de $P = 0.05$.

Las estimaciones de fecundidad para primavera y otoño resultaron significativamente diferentes ($0.02 > P > 0.01$) entre sí (Fig. 6). La curva de ajuste (peso total-

in this interval corresponded to those obtained for the linear relationship between the total weight and fecundity (Figs. 4a and 4b; Tables IV and V). The equations that describe the linear behavior of fecundity with respect to weight, and the potential relationship with the cephalothorax length are presented in Tables IV and V.

The correlation coefficient between the relative fecundity and the total weight of the lobsters of fall 1978 ($r=0.41$), is the highest for the three collection periods. However, there is not a significant correlation between the weight and the relative fecundity ($0.10 > P > 0.05$).

During this period, the lobsters eggs in sexual stages 3 and 5 presented significant differences ($0.002 > P > 0.001$) by the application of a t test). The length of the eggs corresponding to stages 3 and 5 reached an average of 475.7 microns ($\sigma = 16.6$) and 503.2 microns ($\sigma = 5.0$).

Comparison of the fecundity in the three periods.

The annual fecundity of spawning in 1976 and 1978 was compared in several relationships: total weight-fecundity and cephalothorax length-fecundity, using a comparison of the slope of two simple regressions (Zar, 1974). As shown in Figures 5a and 5b, apparently there is a difference in the number of eggs produced by individuals with a weight higher than 200 g and 60 mm CL; however, both sets of data are not statistically different to a significance level of $P = 0.05$.

The estimation of fecundity for spring and fall were significantly different ($0.02 > P > 0.01$) (Fig. 6). The adjustment curve (total weight-fecundity) of the fall data presented a higher slope and only in a small weight interval (96–170 g) was the relationship of weight number of eggs smaller than in spring. After the intersection point, the number of eggs produced by females during fall increases considerably with respect to the ones produced during spring for the same total weight.

VARIACION ESTACIONAL EN LA FECUNDIDAD DE LA LANGOSTA

fecundidad) de los datos de otoño presentó mayor pendiente, y sólo en un pequeño intervalo de peso (96-170 g) la relación peso-número de huevos es menor que en primavera. Después del punto de intersección, el número de huevos producidos por hembra en otoño aumenta considerablemente con respecto a los producidos en primavera para el mismo peso total.

La fecundidad relativa no presentó diferencias significativas en ninguna de las comparaciones que se hicieron relacionadas con los períodos de colecta (1976-1978 y primavera-otoño) y estados de desarrollo de los huevecillos. En todos los casos anteriores la probabilidad fue baja ($P > 0.2$), lo cual sugiere que la fecundidad relativa se mantiene más o menos constante en el tiempo. A pesar de no encontrarse diferencias significativas en la fecundidad relativa con respecto a la fase sexual, se calculó el número de huevos promedio que se pierde durante el tiempo que la hembra carga los huevos en el abdomen, el cual se aproxima a 7.2% del total (Tabla VI).

Por último, se comparó con una prueba de t de pares al azar el peso de individuos de la misma talla en los dos períodos de colecta de 1978. El resultado indica que las langostas colectadas en primavera tienen menor peso que los organismos de otoño ($0.05 > P > 0.02$). Con respecto al tamaño de los huevecillos, estos presentan una diferencia significativa ($P < 0.05$) tanto en la fase sexual 3 como en la 5, en primavera y otoño. El mayor diámetro promedio de los huevos se localizó en otoño.

DISCUSION

Madurez sexual.

Weinborn (1977) reporta para el área de Zihuatanejo una talla mínima de 47.5 mm de L.C. en hembras de *P. inflatus* para alcanzar la madurez sexual. Entre los ejemplares colectados durante el desarrollo del presente trabajo, se encontraron dos hembras ovígeras con una longitud de cefalotórax (45.6 y 46.0 mm) por debajo de esta talla, lo cual indica que las hembras *P. inflatus* pueden alcanzar la madurez sexual

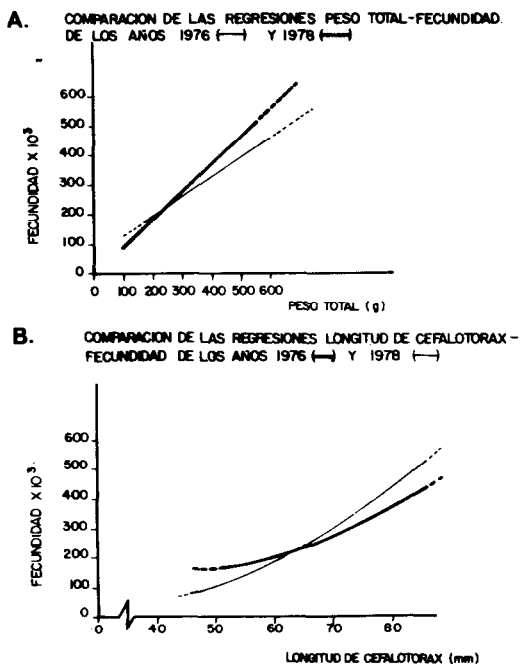


Fig. 5a. Comparación de las regresiones peso total-fecundidad de *P. inflatus* de los años 1976 y 1978.

— Comparison of the total weight-fecundity regression of *P. inflatus* of 1976 and 1978.

Fig. 5b. Comparación de las regresiones longitud de cefalotórax-fecundidad de *P. inflatus* en 1976 y 1978.

— Comparison of the cephalothorax length-fecundity regressions of *P. inflatus* of 1976 and 1978.

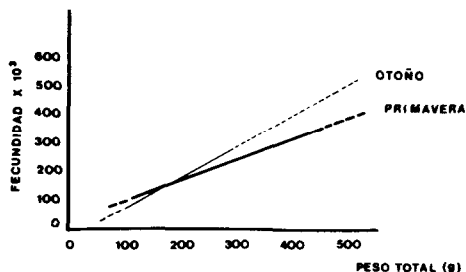


Fig. 6. Comparación de las regresiones peso total-fecundidad de primavera y otoño de 1978.

— Comparison of the total weight-fecundity regressions of spring and summer 1978.

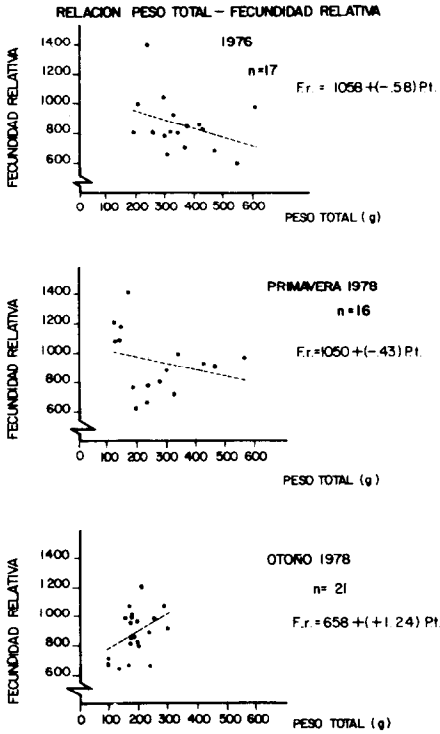


Fig. 7. Relación peso total-fecundidad relativa de *P. inflatus* en tres períodos (1976, primavera y otoño de 1978).
 — Relationship total weight-relative fecundity of *P. inflatus* in three periods (1976, spring and fall, 1978).

en tamaños muy pequeños, menores a 45.7 mm de L.C. Sin embargo, el 50% de las hembras maduras se localiza hasta la clase 68–70 mm de L.C. (Briones *et al.*, 1981).

A pesar de no constituir un alto porcentaje en la población de hembras maduras, esta talla mínima de primera reproducción reviste gran importancia, ya que además de estar relacionada con la estrategia reproductiva de la especie, señala el intervalo de tallas a que puede ser llevada la población en caso de sobreexplotación.

Tallas de madurez sexual menores de 45.6 mm de L.C. han sido reportadas para *P. guttatus* (36.0 mm L.C.) en Florida Chitty,

The relative fecundity did not present significant differences in any of the comparisons made related to the collection periods (1976-1978 and spring-fall) and development stages of the eggs. In all the cases mentioned the probability was low ($P > 0.2$) which suggest that the relative fecundity stays more or less constant over time. The average number of eggs the female loses during the time she carried them in her abdomen is calculated and it comes close to 7.2% of the total number (Table VI).

The weight of the individuals of the same length of the two 1978 collection periods were compared by a t test of random pairs. The results indicates that the lobsters collected in spring weigh less than the fall organisms ($0.05 > P > 0.02$). With respect to the size of the eggs, these present a significant difference ($P > 0.05$) in both sexual stages 3 and 5 in spring and fall. The highest average diameter of the eggs was found in fall.

DISCUSSION

Sexual maturity

Weinborn (1977) reports for the Zihuatanejo area that females of *P. inflatus* reach maturity at a minimum size of 47.5 mm CL. Among the specimens collected during this study, two ovigerous females with a cephalothorax length under this size (45.6 and 46.0 mm) were found, which indicates that females of *P. inflatus* can reach sexual maturity at very small sizes (less than 45.7 mm CL). However, 50 % of the mature females are located up to class 68–70 mm CL (Briones *et al.*, 1981).

In spite of not constituting a high percentage in the mature female population, this minimum size of first reproduction is of great importance, for it is related to the reproductive strategy of the species and points out the size interval to which the population can be carried in case of over-exploitation.

Sexual maturity sizes less than 45.6 mm CL have been reported for *P. guttatus* (36.0 mm CL) in Florida (Chitty, 1973) and

1973) y para *P. argus* (40 mm L.C.) en las Bahamas (Smith, 1951). En ambos casos la información corresponde a organismos de zonas subtropicales como el área de estudio, donde la madurez sexual se alcanza a tallas tempranas debido a la presión que ejercen los factores bióticos y abióticos del medio ambiente sobre la reproducción de estos organismos.

Desarrollo de los huevos.

Durante el análisis de las masas de huevos se pudo observar que no todos los huevecillos se encontraban en la misma fase sexual en que se determinó a la masa total de acuerdo con el color. En la mayoría de las masas examinadas los huevos en estado de desarrollo menor no presentaron una distribución determinada en la masa total; sólo en dos ejemplares de otoño de 1978 se encontró que la parte externa de la masa de huevos estaba en fase sexual 5, a diferencia de la interna, cuyos huevos caían dentro de las fases 3 y 4. Este desarrollo diferencial de los huevos puede indicar que la eclosión se lleva a cabo en diferentes etapas de acuerdo al desarrollo del huevo; y además, que pueda ocurrir en el desove de *P. inflatus* algo similar a lo observado en *P. argus*, donde éste se realiza en 3 puestas con diferencia de un día entre cada una de ellas (Buesa, 1972).

Por otro lado, es conveniente resaltar que tanto el número de huevos promedio por unidad de muestreo como el peso de la masa de los huevos, no guardan ninguna relación con el peso total y la longitud del cefalotórax, sino que están más bien relacionados con la fase sexual y dependen del peso y tamaño de los huevos, variables que son menores en la fase sexual 3 y aumentan conforme avanza el desarrollo de los huevecillos.

Si se considera la diferencia en la fecundidad relativa de hembras en las fases sexuales 3, 4 y 5, como un índice de la pérdida de huevos a lo largo del desarrollo de estos hasta el momento de la eclosión, se observa que no existe una tendencia marcada hacia la disminución de huevos por gramo de peso del individuo a medida que estos se desarrollan, sino que la fecundidad relativa es variable dentro de una misma fase sexual.

for *P. argus* (40 mm CL) in the Bahamas (Smith, 1951). In both cases the information corresponds to organisms of subtropical zones like the study area, where sexual maturity is reached at early sizes due to the pressure, that biotic and abiotic environmental factors have on the reproduction of these organisms.

Egg development

During the egg mass analysis it was determined, by coloration differences, that not all the eggs were in the same sexual stage. In most of the examined masses, the eggs in a lower development stage did not present a definite distribution in the total mass. Only in two specimens of fall 1978 was it found that the external part of the egg mass was in sexual stage 5 while the internal part was between stages 3 and 4. This differential development of the eggs can indicate that hatching takes place at different times. The spawning of *P. inflatus* may be similar to *P. argus* in which 3 egg masses are laid with a interval of a day between each one (Buesa, 1972).

On the other hand, it is convenient to point out that the number of average eggs for sample unit and the weight of the egg mass, do not have any relationship with the total weight and the cephalothorax length, but they are rather related with the sexual stage and depend upon the weight and the eggs size, which are smaller variables in sexual stage 3 and increase with the development of the eggs.

If the difference in the relative fecundity of females in sexual stages 3, 4 and 5 is considered as an index of the loss of eggs during their development up to the hatching, it can be observed that there is no marked tendency towards the decrease of eggs per weight gram of the individual as these develop, but the relative fecundity is variable within a sexual stage.

This suggests that the loss of eggs during the time the female carries them is highly variable in each individual, and in general there is no notable difference (7.2 %) (Table VI) between fecundity and fertility.

Lo anterior sugiere que la pérdida de huevos durante el tiempo que la hembra los carga en el abdomen es muy variable en cada individuo y no existe en general una diferencia notable (7.2%) (Tabla VI) entre la fecundidad y la fertilidad.

Relaciones: Longitud de cefalotórax-fecundidad y peso total-fecundidad.

Los modelos más adecuados para las relaciones peso total-fecundidad y longitud de cefalotórax-fecundidad fueron una forma lineal para la primera y potencial para la segunda, lo cual concuerda con la relación teórica general de la fecundidad con los parámetros mencionados, y que se ha encontrado en diferentes especies de langosta (Heydorn, 1965; Mota-Alves y Bezerra, 1968; Perkins, 1971; Pineda *et al.*, 1981; Campbell y Robinson, 1983). Sin embargo, los organismos colectados en primavera de 1978 presentaron una relación lineal con la longitud del cefalotórax y una fecundidad (Fig. 3b) distinta a la forma esperada. Relaciones lineales con respecto a la longitud del cefalotórax en especies de la familia Palinuridae han sido reportadas por varios autores (Matthews, 1962; Kensler, 1967, 1968; Berry, 1971; Morgan 1972). pero en este caso adquiere particular importancia ya que la relación cambia en *P. inflatus* de un período a otro en el mismo año.

Al respecto, Kensler (1967,1968) sugiere para *Jasus verreauxi* y *J. edwardsii*, que la relación entre longitud del cefalotórax y la fecundidad es lineal en un intervalo medio de tamaño y se describe mejor con una curva sigmoideal cuando se utiliza el intervalo completo de longitud de cefalotórax. Estas consideraciones no se pueden aplicar para *P. inflatus* en el período de primavera, ya que comprende un amplio intervalo de tallas.

La relación lineal entre la longitud del cefalotórax y la fecundidad en este período, puede estar relacionada con la diferencia de peso observada entre los ejemplares de primavera y otoño. El menor peso de los organismos a una misma longitud de cefalotórax refleja un factor de condición más bajo para las langostas de primavera, similar a lo reportado por Aramoni (1982); aunque este

TABLA VI. Diferencia en la fecundidad relativa promedio entre las fases sexuales 3, 4 y 5 de la langosta *P. inflatus* (1976-1978).

Average difference in relative fecundity between sexual stages 3, 4 and 5 in *P. inflatus* lobster (1976-1978).

Fase sexual	Fecundidad relativa promedio	n
3	930	14
4	932	11
5	863	29

Relationships: cephalothorax length-fecundity and total weight-fecundity.

The relationships of total weight-fecundity and cephalothorax length-fecundity are adequately modeled in a linear form for the first one and a potential one for the second, which agrees with the general theoretic relationship of the fecundity with the above mentioned parameters and which has been found in different lobster species (Heydorn, 1965; Mota-Alves and Bezerra, 1968; Perkins, 1971; Pineda *et al.*, 1981; Campbell and Robinson, 1983). However, the organisms collected in spring 1978 presented a linear relationship with the cephalothorax length and fecundity (Fig. 3b) different to the expected linear relationships with respect to the cephalothorax length in species of the Palinuridae family which have been reported by several authors (Matthews, 1962; Kensler, 1967, 1968; Berry, 1971, Morgan, 1972). In this case it acquires a particular importance for the relationship changes in *P. inflatus* from one period to another.

To this, Kensler (1967, 1968) suggests for *Jasus verreauxi* and *J. edwardsii* that the relationship between the cephalothorax length and the fecundity is linear in medium interval of size and it is better described with a sigmoideal curve when the complete cephalothorax length interval is used. These considerations can not be applied to *P. inflatus* during the spring period because it consists of a wide size interval.

autor señala al período de primavera como transición entre los factores de condición de invierno y verano-otoño.

La razón de una relación lineal entre la fecundidad y la longitud del cefalotórax, que generalmente es una función potencial de una medida unidimensional, bien podría explicarse si se piensa en el peso total del organismo como una medida indirecta de la energía que posee, y que esta energía la divide de alguna forma entre las funciones vitales y la reproducción. Es obvio que a cierto tamaño, cuando la energía total disponible sea menor, la cantidad de la misma destinada para la reproducción se verá reducida y disminuirá el número de huevos producidos, con lo cual la relación de la fecundidad y la longitud de cefalotórax puede cambiar de potencial a lineal.

Comparación de las regresiones de peso total-fecundidad.

Como ya se mencionó, la fecundidad de *P. inflatus* es directamente proporcional al peso del ejemplar, y el número de huevos producidos es menor para los individuos colectados en primavera. Esta variación en la fecundidad parece estar relacionada con la diferencia de peso observada entre los individuos de primavera y en otoño; sin embargo, no se refleja en variaciones de la fecundidad relativa, la cual no muestra diferencias significativas ($P = 0.05$) de un período a otro. Las estimaciones de fecundidad relativa se encuentran dentro de un intervalo (650–1400/g de peso del individuo) parecido al señalado por varios autores (Chitty, 1973; Munro 1974; Kanciruk, 1980). La aparente discrepancia entre la variación de fecundidad individual con respecto al peso y a la constancia de la fecundidad relativa es digna de considerarse, y puede deberse a factores relacionados con la conversión de los datos y a la variabilidad de la fecundidad relativa. No obstante, los efectos en el peso total dan como resultado una fecundidad menor en primavera.

Cuando las pendientes de las regresiones de 1976 y 1978 se ponderan en 7.2% (ya que los organismos de 1976 estaban en fase sexual 5) no son significativamente diferen-

The linear relationship between the cephalothorax length and the fecundity in this period, can be related to the difference of weight observed between the specimens of spring and fall. The lower weight of the organisms to the same cephalothorax length reflects the poorer conditions for the spring lobsters, similar to that reported by Aramoni (1982), although this author points out the spring period as a transition between the conditions of winter and summer-fall.

The ratio of a linear relationship between the fecundity and the cephalothorax length, that generally is a potential function of an unidimensional measurement, could be explained if we think of the total weight of the organism as an indirect measurement of the energy it has, and that it divides this energy in some way between various vital functions and its reproduction. It is obvious that at a certain size when the available energy is less, the amount of energy destined for reproduction will be reduced, and the number of produced eggs will decrease. Hence the relationship of the fecundity and the cephalothorax length can change from potential to linear.

Comparison of the total weight-fecundity regressions.

As it was mentioned, the fecundity of *P. inflatus* is directly proportional to the weight of the specimen and the number of eggs produced is lower for the individuals collected in spring. This variation in the fecundity seems to be related to the difference in weight observed among the specimens of spring and fall; however, the relative fecundity variations are not reflected and do not show significant difference ($P = 0.05$) from one period to the other. This estimations of relative fecundity are found within an interval (650–1400/g of the specimen's weight) like the mentioned by several authors (Chitty, 1973; Munro, 1974; Kanciruk, 1980). The apparent discrepancy between the individual fecundity variation with respect to the weight, and the constancy of the relative fecundity is worthy of consideration. It can be due to factors related to the conversion of the data and to the variability of the relative fecundity. However, the effects on

tes ($0.20 > P > 0.10$), debido a lo cual no se puede afirmar que la fecundidad sea distinta en los dos años considerados.

Potencial reproductivo relativo de la población.

La frecuencia de tallas de la población de hembras de *P. inflatus* en Zihuatanejo, Gro., proporcionada por Briones *et al.* (1981), se combinó con la fecundidad de los organismos para obtener una estimación de la aportación de cada grupo al potencial reproductivo de la población. Aproximadamente el 80% de la producción total de huevecillos por desove está comprendida entre el intervalo de clases 62–78 mm de L.C. cuando se considera la distribución anual de frecuencias. La clase que aporta mayor porcentaje (15%) al potencial reproductivo de la población se halla en el intervalo de 68–70 mm de L.C. (Fig. 8), de acuerdo a la estructura de la población señalada por Briones *et al.* (1981).

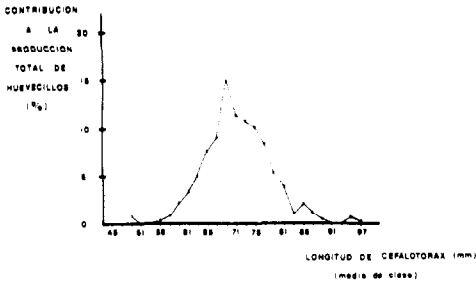


Fig. 8. Contribución por talla al potencial reproductivo de la población de *P. inflatus*. (Basado en la estructura de la población de hembras señaladas por Briones *et al.*, 1981).

- Size contribution to the reproductive potential of the *P. inflatus* populations structure pointed out by Briones *et al.*, 1981).

La composición de la población de hembras varía en los períodos analizados, por lo cual cambian ligeramente las tallas que aportan mayor número de huevecillos en primavera (70–72 mm de L.C.) y otoño (74–76 mm de L.C.). Sin embargo, las clases por debajo de 78 mm de L.C. constituyen en los dos períodos, entre el 70 y 85% del potencial reproductivo de la población.

the total weight result in a smaller fecundity in spring.

The slopes of the 1976 and 1978 regressions when they are weighed at 7.2% (the 1976 organisms were in sexual stage 5) are not significantly different ($0.20 > P > 0.10$); due to this it can not be said that the fecundity is different in the two years considered.

Relative reproductive potential of the population.

The size frequency of the female population of *P. inflatus* in Zihuatanejo, Gro., by Briones *et al.*, (1981) was combined with the organisms fecundity to obtain an estimation of the contribution of each group to the reproductive potential of the population. Approximately 80% of the total egg production per spawning is between the class interval of 62–78 mm CL when the annual frequency distribution is considered. The class that contributes the greatest percentage (15%) to the reproductive potential of the population is between the interval of 68–70 mm CL (Fig. 8) in agreement to the population's structure pointed out by Briones *et al.*, (1981).

The female population composition varies in the analyzed periods, so the sizes that contribute to the greatest number of eggs in spring (70–72 mm CL) and fall (74–76 mm CL) slightly change. However, the classes under 78 mm CL make up about 70 and 85% of the reproductive potential of the population in the two periods.

Briones *et al.*, (1981) mention that the ovigerous female proportion with respect to the non ovigerous females stays around 50% throughout the year with a small increase in September and October. Because of this we did not take into consideration the ovigerous female frequency for the reproductive potential estimation.

Ecologic aspects.

P. inflatus presents the following characteristics in response to environmental conditions: it reaches sexual matu-

De acuerdo a Briones *et al.* (1981), la proporción de hembras ovígeras con respecto a no ovígeras se mantiene alrededor de 50% en el transcurso del año con un aumento pequeño en septiembre y octubre. Debido a esto, no se tomó en cuenta la frecuencia de hembras ovígeras para las estimaciones del potencial reproductivo.

Aspectos ecológicos

P. inflatus presenta las siguientes características en respuesta a las condiciones del medio ambiente en donde se encuentra: tamaño pequeño al alcanzar la madurez sexual, alta fecundidad e iteroparidad con varios desoves en una temporada de reproducción.

La fecundidad por desove de *P. inflatus* es relativamente baja comparada con la fecundidad de otras especies. La langosta del Caribe, *P. argus*, cuando alcanza la madurez sexual (a una longitud de cefalotórax de aproximadamente 70 mm), presenta una fecundidad promedio de 300,000 huevos (Mota-Alves y Bezerra, 1968; Squires y Riveros, 1978). Este mismo valor de fecundidad se encuentra para una hembra de *P. inflatus* de 70 mm de L.C. (calculado a partir de la regresión longitud del cefalotórax-fecundidad de 1978 Tabla V), que de acuerdo con Briones *et al.* (1981), es la media de la composición anual por tallas de la población de hembras de esta especie y en consecuencia la parte que contribuye en mayor porcentaje al potencial biótico de la población. Al parecer, la fecundidad de *P. inflatus* es mucho menor comparada con otras especies (como *P. argus*), pero hay que tomar en cuenta que este organismo puede desovar varias veces, elevando así el total de fecundidad por hembra por año.

El número de desoves que puede tener una hembra de *P. inflatus* no se conoce con exactitud. Briones y Lozano (1977) mencionan que, como mínimo, una langosta de esta especie puede desovar dos veces al año; sin embargo, estudios histológicos posteriores realizados en gónadas indican la posibilidad de que este número sea mayor, ya que

rity at a small size, has a high fecundity and several same-sized spawnings in a reproductive season.

The fecundity per spawning of *P. inflatus* is relatively low compared with the fecundity of other species. The Caribbean lobster, *P. argus*, reaches sexual maturity (70 mm CL approximately) with an average fecundity of 300,000 eggs (Mota-Alves and Bezerra, 1968; Squires and Riveros, 1978). This same fecundity value is found for a female of *P. inflatus* with a 70 mm CL (calculated from the 1978 cephalothorax-fecundity regression Table V); Briones *et al.*, (1981) mention that this is the mean of the annual size composition of the female population of this species, and consequently, the part that contributes the greater percentage to the biotic potential of the population. It seems that the fecundity of *P. inflatus* is a lot smaller compared with that of other species (like *P. argus*), but we have to take into account that this organism can spawn several times, increasing the female's total fecundity per year.

The number of spawnings of a *P. inflatus* female is not exactly known. Briones and Lozano (1977) mention that this species can spawn twice a year as a minimum; however, subsequent gonad histological studies indicate the possibility that this number may be higher, for a great percentage of females in sexual stage 5 have been found with their ovaries ready to spawn (Briones *et al.*, 1981).

As it seems, the most adequate reproductive strategy for this species, that has a high mortality rate and is found in a relatively constant environment with enough food but with a high pressure of biotic factors as is the tropical environment, is that of a continuous reproduction throughout the year, dedicating a great part of its energy to reproduction and maintenance of the individual. The size increase is not as large as in other species, possibly due to the great energy waste implied when spawning, closely tied to the molting event (Dees, 1963; Buesa, 1969; Chitty, 1973). This aspect of the distribution of the energetic resources between growth, reproduction

un gran porcentaje de hembras en fase sexual 5 se han encontrado con ovarios listos para desovar (Briones *et al.* 1981).

Según parece, la estrategia reproductiva más adecuada para esta especie, que tiene una mortalidad muy alta y se encuentra en un medio ambiente relativamente constante con suficiente alimento pero con alta presión de factores bióticos como es el ambiente tropical, es la de reproducirse continuamente durante la mayor parte del año, y dedicar gran parte de su energía a la reproducción y mantenimiento del individuo. El incremento de tamaño no es grande como en otras especies, debido posiblemente al gran gasto de energía que implica el desove, por estar estrechamente ligado con el fenómeno de la muda (Dees, 1963; Buesa 1969; Chitty, 1973). Este aspecto de la distribución y el metabolismo del individuo es muy interesante y sería de mucha utilidad en el estudio de reproducción de la langosta.

Al tomar en cuenta el gasto de energía que cada desove representa, sería razonable suponer que la fecundidad disminuyera en desoves posteriores: sin embargo, sucede exactamente lo contrario, y aumenta la fecundidad en otoño.

La causa del aumento en la fecundidad puede encontrarse en la diferencia de peso que existe entre los individuos colectados en las dos estaciones del año, lo que a su vez podría estar relacionado con otros factores como el aumento de temperatura del agua en el área, que asciende durante el mes de junio y llega a un máximo en agosto (Baqueiro, 1976; Briones y Lozano, 1977).

Este aumento en la temperatura podría acelerar el metabolismo y en consecuencia facilitar un aumento de peso en los organismos, siempre y cuando exista disponibilidad de alimento suficiente. A este respecto Aramoni (1982) señala, para algunas localidades del área, incrementos en la materia orgánica en sedimentos en verano y en el peso húmedo de moluscos en otoño. Los moluscos constituyen uno de los componentes principales de la dieta de las langostas (Heydorn, 1969; Herrkind *et al.*, 1975; Aramoni, 1982) y su incremento

and metabolism of the individual is very interesting and it could be of use in the study of lobster reproduction.

Taking into account the energy waste each spawning represents, it would be reasonable to suppose that fecundity would decrease in subsequent spawnings, however, the contrary happens and fecundity increases in the fall.

The cause of the fecundity increase can be found in the weight difference between collected specimens in the two seasons, which could be related to other factors like the increase in the water temperature in that area that increases during June and reaches a maximum in August (Baqueiro, 1976; Briones and Lozano, 1977).

This temperature increase could accelerate the metabolism and consequently facilitate a weight increase in the organisms, as long as there is enough food available. In this respect Aramoni (1982) points out, for some localities of the area, increases in the sediment organic matter in summer and in the wet weight of mollusks in fall. Mollusks constitute one of the main components in the lobster's diet (Heydorn, 1969; Herrkind *et al.*, 1975; Aramoni, 1982) and their increase could enhance the food availability for these organisms.

It is also convenient to consider the marine currents in the area of which little is known. Lankford (1974) mentions that the littoral current follows a semiannual cycle to the Southeast from October to March, and to the Northwest in April and September. These movements can act affecting the distribution and survival of larvae, as it happens with other species (Chittleborough and Thomas, 1969; Phillips, 1977) and in a long term they can determine the behavior of the adult populations.

The three factors mentioned can interact on the reproductive behavior of *P. inflatus*, independently from the temperature that is considered as an important stimulus for reproduction (Lindberg 1955,

podría aumentar la disponibilidad de alimento para estos organismos.

También es conveniente considerar las corrientes marinas en el área, de las cuales se sabe muy poco. Según Lankford (1974), de octubre a marzo la corriente litoral sigue un ciclo semianual al Sureste, y al Noroeste en los meses de abril a septiembre. Estos movimientos pueden actuar afectando la distribución y supervivencia de las larvas, como sucede en otras especies (Chittleborough y Thomas, 1969; Phillips, 1977) y a largo plazo determinar el comportamiento de las poblaciones adultas.

Los tres factores mencionados, relacionados entre sí, pueden actuar sobre el comportamiento reproductivo de *P. inflatus*, independientemente que a la temperatura se le relacione como un estímulo importante para la reproducción (Lindberg, 1955; Mitchell *et al.*, 1969; Chittleborough, 1976; Gregory *et al.*, 1982).

Por otro lado, aunque sólo se estén comparando dos períodos en este trabajo, existen varios factores que indican que el período de mayor importancia en la reproducción continua de *P. inflatus* esté ubicado en otoño. Estos son:

- a) La fecundidad es mayor en otoño
- b) En otoño los huevecillos presentan una longitud máxima promedio mayor a los de primavera.
- c) El porcentaje de hembras ovígeras en los meses de septiembre y octubre aumenta ligeramente (9 %) sobre el porcentaje promedio en los meses restantes que componen el período de reproducción (Briones *et al.*, 1981)
- d) La presencia de un gran número de filosomas en el plancton en los meses de agosto a octubre (Martínez *et al.*, 1976).
- e) El incremento de la densidad de adultos de *P. inflatus* en los meses de septiembre y octubre, que alcanza (66 ind/ha) más de cinco veces el valor promedio de otros meses del año en el área de Zihuatanejo (Lozano *et al.*, 1982).

Mitchell *et al.*, 1969; Chittleborough, 1976; Gregory *et al.*, 1982).

On the other hand, although we are only comparing two periods, there are several factors that indicate that the most important period in the continuous reproduction of *P. inflatus* is the fall. These factors are:

- a) Fecundity is higher in fall.
- b) In fall, the eggs have a higher average maximum length than in spring.
- c) The percentage of ovigerous females in September and October increase slightly (9%) over the average percentage in the rest of the months that make up the reproduction period (Briones *et al.*, 1981).
- d) The presence of a great number of phyllosoma (zoea) larvae in the plankton during August through October (Martínez *et al.*, 1976).
- e) The increase in the adults density of *P. inflatus* in September and October, that reaches more than five times the average value of other months (66 ind/ha) in the Zihuatanejo area (Lozano *et al.*, 1982).

Implications for resource management.

The season established to protect the resource collecting, prohibited from June 1st. to 15 September, does not include the period for greatest reproduction activity, which occurs after the prohibition has been called off. To really protect the most fecund period of the population, the prohibition period should be displaced towards fall; however, this would limit the high catches during the months when the greatest lobster densities are found (Lozano *et al.*, 1982). It might be advisable to suppress the prohibition for the capture of *P. inflatus* (for lack of operability) for at least an experimental period as is proposed by Briones *et al.*, (1981). However, the strict fulfillment of the regulation forbidding the extraction of ovigerous females will have to be emphasized.

On the other hand, the minimum legal size (82 mm CL) established for this species protects more than 90% of the egg

Implicaciones en el manejo de recursos.

La temporada de veda establecida para la protección del recurso (1o. de junio -- 15 de septiembre) no comprende el período de mayor actividad reproductiva, sino al contrario: éste se ubica después que se levanta la veda. Con fines de protección al período más fecundo de la población, la veda debería ser desplazada hacia el período de otoño; sin embargo, esto limitaría la obtención de capturas altas durante los meses en que se encuentran las mayores densidades de langosta (Lozano, *et al.*, 1982). Ante esta circunstancia sería recomendable suprimir la veda para la captura de *P. inflatus* (por falta de operabilidad); por lo menos en un período experimental, como lo proponen Briones *et al.* (1981), pero tendría que hacerse énfasis en el cumplimiento estricto de la reglamentación que prohíbe la extracción de hembras ovígeras.

Por otro lado, la talla mínima legal de captura (82 mm L. C.) establecida para esta especie protege más del 90 % de la producción de huevecillos de la población. De acuerdo a Briones *et al.* (1981) esta talla es excesiva y con su reducción a 75 mm de L. C. podría aprovecharse cerca del 50 % de la población de *P. inflatus* y conservar a su vez más del 50 % de las hembras maduras. Las estimaciones realizadas en este trabajo señalan que una talla mínima legal de 75 mm de L. C. protegería más del 75 % del potencial reproductivo de la población y limitaría la pesca de las clases más importantes en la producción de huevecillos de la población.

La combinación de una talla mínima legal adecuada y la protección a las hembras ovígeras, si se aplica apropiadamente, puede asegurar la continuidad reproductiva de la población y el mantenimiento del recurso.

CONCLUSIONES

— Las hembras de *P. inflatus* alcanzan la madurez sexual en tamaños muy pequeños, desde 45.6 mm de L. C.

production of the population. Briones *et al.*, (1981) mention that this is a excessive size, and by reducing it to 75 mm CL, about 50% of the *P. inflatus* population could be used and, at the same time, it would possible to protect more than 50% of the mature females. The estimates carried out in this study point out that a minimum legal size of 75 mm CL would protect more than 75% of the reproductive potential of the population and would limit the fishery of the more important egg producing members of the population.

The combination of an adequate minimum legal size and the protection of the ovigerous females, if correctly applied, can assure the reproductive continuity of the population and the maintenance of the resource.

CONCLUSIONS

— The females of *P. inflatus* reach sexual maturity at a very small size, from 45.6 mm CL.

— The fecundity keeps a linear relationship and is directly proportional with the female weight.

— The fecundity is related in a potential form to the cephalothorax length of the females of *P. inflatus* except for the spring specimens that present a linear relationship.

— A significant difference between the mean annual fecundity per spawning of 1976 and 1978 was not found.

— The female fecundity during the two periods of 1978 is higher in fall.

— Several factors related to the reproductive behavior of *P. inflatus* allow us to suggest that fall is the most important season for reproduction.

— It is possible to modify the prohibition period and reduce the minimum legal size to 75 mm CL without strongly affecting the reproductive potential of the population.

— La fecundidad guarda una relación lineal y directamente proporcional con el peso de las hembras.

— La fecundidad está relacionada en forma potencial con la longitud del cefalotórax de las hembras de *P. inflatus*, con excepción de los individuos de primavera, que presentan una relación lineal.

— No se encontró una diferencia significativa entre la fecundidad media anual por desove de 1976 y la de 1978.

— La fecundidad de las hembras en los dos períodos de 1978 comparados es más alta en otoño.

— Varios factores relacionados con el comportamiento reproductivo de *P. inflatus* permiten sugerir que otoño sea la temporada del año más importante para este proceso.

— Es posible modificar el período de veda y reducir la talla mínima legal a 75 mm sin afectar fuertemente al potencial reproductivo de la población.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Craig B. Kensler, experto de UNESCO, su valiosa asesoría en el desarrollo del trabajo. A Patricia Briones y Enrique Lozano por haber proporcionado el material de 1976 y sus valiosos comentarios. A Luis A. Soto G. por la revisión crítica del manuscrito y acertadas sugerencias. Myra Pamplona hizo la traducción al inglés.

LITERATURA CITADA

- ARAMONI, G. P., 1982. Alimentación de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier) y *P. gracilis* Streets en Zihuatanejo, Guerrero y su relación con el bentos. Tesis profesional. Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): 66 pp.
- BAQUEIRO C., E. R. 1976. Observaciones sobre la biología y ecología de las almejas roja, negra y blanca (*Megapitaria aurantiaca*, *M. squalida* y *Dosinia ponderosa*) de la Bahía de Zihuatanejo e Isla Ixtapa, Gro. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM: 118 pp.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks Craig B. Kensler, a UNESCO expert, for his valuable advice during the development of this study; Patricia Briones and Enrique Lozano for contributing with the 1976 material and valuable comments; Luis A. Soto for the critical review of the manuscript and his suggestions, and Myra Pamplona for translating this paper into English.

- BERRY, P. F. 1971. The spiny lobsters (Palinuridae) of the east coast of Southern Africa: Distribution and ecological notes. *Oceanogr. Res. Inst. Invest. Rep.* 27: 1-23.
- BRADSTOCK, C.A., 1950. A study of the marine spiny crayfish *Jasus Ialandii* (Milne-Edwards), including accounts of kutosomy and autospasy. *Zoology Publs. Vic. Univ. Coll.* 1-38.
- BRIONES, P. y E. Lozano, 1977, Aspectos generales sobre la biología y pesquería de las langostas (*Panulirus inflatus* y *P. gracilis*) en Zihuatanejo, Gro. y áreas circunvecinas. Tesis profesional, Fac. de Ciencias, UNAM: 80 pp.
- BRIONES, P., E. Lozano, A. Martínez-Guerrero y A. S. Cortés, 1981. Aspectos Generales de la Biología y Pesca de las Langostas en Zihuatanejo, Gro., México (Crustácea: Palinuridae) *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM* 8 (1): 79-102.
- BUESA M., R. J., 1969. Biology and fishing of spiny Lobster *Panulirus argus* (Latreille). In: Bogdanov, A.S. (Ed.) *Soviet Cuban Fishery Research*. Translated from Russian by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1969 (TT6959016): 62-77.
- , 1972. La langosta, nuestro recurso pesquero más importante. *Mar y Pesca. Inst. Nal. Pesc., Cuba*, 80:1-19.
- CAMPBELL A. y D. G. Robinson, 1983. Reproductive potential of three American lobster (*Homarus americanus*) stocks in the Canadian Maritimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 40:
- COCHRAN, W. G., 1971. *Técnicas de Muestreo*. CECSA, México, 507 pp.
- CHITTLEBOROUGH, R. G., 1976. Breeding of *Panulirus longipes cygnus* George under natural and controlled conditions *Aust J. mar Freshwat. Res.*, 27 (3): 499-516.

- CHITTLEBOROUGH, R. G. y L. R. Thomas, 1969. Larval ecology of the Western Australian marine crayfish with notes upon other Palinurid Larvae from the Eastern Indian Ocean. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 20: 199-223.
- CHITTY, N., 1973. Aspects of the reproductive biology of the spiny lobster, *Panulirus guttatus* Latreille. Thesis, University of Miami, Fla.: 1-60.
- DEES, L. T., 1963. Spiny Lobsters. U. S. Bureau of Comm. Fish., Leaflet 523: 1-7.
- GRACIA, A. y C. B. Kensler, 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM*: 7 (2): 111-128.
- GREGORY, D. R. Jr., R. F. Labisky y C. L. Combs, 1982. Reproductive Dynamics of the spiny lobster *Panulirus argus* in South Florida. *Trans. A. Fish. Soc.* 111:575-584.
- HERRKIND, W. F., J. Vanderwalker y L. Barr, 1975. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobster, *Panulirus argus*, of St. John, U. S. Virgin Islands. IV. Habitation, patterns of movement and general behavior. Results of the Tektite Program. Vol. 2. *Sci. Bull. Nat. Hist. Mus., Los Angeles city.* 20: 31-45.
- HEYDORN, A. E. F., 1965. The rock lobster of the South African West Coast *Jasus lalandii* (H. Milne-Edwards). 1. Notes on the reproductive biology and the determination of minimum size limits for commercial catches. *Invest. Rep. Div. Sea Fish S. Afr.* 53: 1-32.
- , 1969. The rock lobster of the South African West Coast *Jasus lalandii* (H. Milne-Edwards). 2. Population studies, behavior, reproduction, moulting, growth and migration. *S. Afr. Div. Sea Fish., Invest. Rep.* 71 pp.
- HICKMAN, V. V., 1945. Notes on the Tasmanian marine crayfish *Jasus lalandii* Milne Edwards. *Pap. Roy. Soc. Tasm.* 1945: 27-28.
- HOLTHUIS, L. B. y A. Villalobos F., 1962. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier), dos especies de langosta (Crustacea, Decapoda) de la costa del Pacífico de América. *An. Inst. Biol. UNAM*; 31 (1-2): 251-273: láms. 1 fig.
- KANCIRUK, P., 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (Spiny lobsters). In: Cobbs J. S. y B. F. Phillips (Eds.). *The Biology and management of lobsters. Vol. II Ecology and Management.* Academic Press. N.Y. Londres: 59-96.
- KENSLER, C. B., 1967. Fecundity in the marine spiny lobster *Jasus verreauxi* (H. Milne-Edwards) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) *N. Z. Jl. mar. Freshwat. Res.* 1: 143-156.
- , 1968. Notes on fecundity in the marine spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) *N. Z. Jl. Mar Freshwat. Res.* 2: 81-89.
- LANKFORD, R. F., 1974. Informe del estudio de reconocimiento de la región costera de los estados de Michoacán y Guerrero. Informe final, 2a. etapa., Programa Uso de la Zona Costera de los Estados de Michoacán y Guerrero. Convenio Comisión del Río Balsas, S. R. H. y Centro de Ciencias del Mar y Limnol. UNAM: 1-42 Contr. Est. No. OC-E-0373.