

## Patrón reproductivo y talla media de madurez sexual de hembras de la langosta *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica

Helven Naranjo Madrigal

C.P. 11401, San Vicente, Moravia, San José, Costa Rica; helvenn@hotmail.com

Recibido 31-X-2011. Corregido 06-IV-2012. Aceptado 03-V-2012.

**Abstract: Reproductive pattern and mean size of sexual maturity of female lobsters *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) in Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.** The lobster *P. gracilis* is important as a fishery resource and also contributes to food security of fishers in coastal communities in the North Pacific of Costa Rica. Due to the importance of updating knowledge related to the reproductive pattern of this species, we analyzed 357 specimens of female lobsters caught by the fishing methods of “hookah” and lung diving, from November 2007 to October 2008 in Playa Lagarto. Furthermore, we examined the size composition by depth; monthly pattern of reproductive activity (RAI) associated with the relative increase in sea surface temperature, and also the mean size at maturity using Generalized Linear Models. Four physiological states of sexual maturity showed that females with no signs of mating or sexual maturity have a minimum mean size of 62.3mm of cephalothorax length (CL). There are characteristics of functional maturity from very small sizes ranging from 30 to 50mm CL, being the smallest berried female reported for this specie of 35.8mm CL and the highest percentage of mature females between 70 and 80mm CL. Percentages of RAI remained above 50% during the year except October and January. In addition, it observed an increase in the RAI that started from April and continued until August associated with a relative increase in temperature on March, although the correlation was not significant ( $r^2=0.49$ ,  $p>0.05$ ). It is possible that the low mean size at maturity (70.2mm LC) for *P. gracilis* in this region is related to the fishing activity. It recommends the establishment of a ban in the region of at least five months (April-August) in order to protect the reproductive seasonality of the species and to promote a recruitment increase in the fishing areas. Rev. Biol. Trop. 60 (4): 1783-1793. Epub 2012 December 01.

**Key words:** reproductive pattern, mean size at maturity, *Panulirus gracilis*, Playa Lagarto, Costa Rica.

Debido a su alto valor económico, la langosta espinosa verde *Panulirus gracilis* ha sido objeto de una alta presión pesquera en toda su área de distribución, que va desde Baja California hasta el sur de Perú (Holthuis 1991). Esta especie habita en zonas circumlitorales, entre rocas y en grietas y ocasionalmente en la zona intermareal (juveniles), generalmente hasta unos 15 a 22 m de profundidad, en aguas relativamente turbias. Tiene afinidad más marcada por fondos de tipo mixto (grava-arena) y es de hábitos nocturnos (Fischer *et al.* 1995).

Según las estadísticas del INCOPESCA (2003) los volúmenes de extracción de langosta

de la flota artesanal en el Pacífico Norte entre el 2003 y el 2006 han disminuido un 23%. *P. gracilis* es importante no solo como recurso pesquero de alto valor comercial, sino también contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de los pescadores de las comunidades costeras de los puertos como Playa Lagarto (Naranjo 2010). Además, su captura está asociada a otras especies complementarias que ayudan a maximizar la renta de los pescadores locales (Naranjo 2009). En el Pacífico Norte, estas pesquerías multi-específicas asociadas a la extracción de langosta utilizan los métodos de pesca del buceo pulmón y el buceo con

compresor en combinación al arte de pesca llamado “bichero” o “gancho” (Naranjo 2010).

La captura promedio mensual de langosta para la flota artesanal en Playa Lagarto en la temporada de pesca del 2007 y 2008 fue de 10 y 1.8kg por viaje de pesca para el buceo con compresor y pulmón respectivamente, con un rendimiento anual de más de 11 toneladas y que en base al precio promedio pagado en playa de 5 500 colones por kg representó cerca de US\$118 000 de ingresos para ambas modalidades de pesca, lo que indica la importancia económica que tiene la captura *P. gracilis* en esta zona (Naranjo 2009).

En Costa Rica existen regulaciones básicas para la captura de langosta como la prohibición de comercialización de hembras portadoras de huevos y una talla mínima de captura de 80mm de longitud de cefalotórax (LC) que fue impuesta en el año 2000, la cual rige para todo el Pacífico de Costa Rica. El estudio para establecer esta talla mínima de captura fue realizado en el año 1997 (Gutiérrez 1997) en el cono sur de la Península de Nicoya. Sin embargo, las condiciones de lejanía y difícil acceso que tienen los puertos de desembarque de esta región hacen difícil la vigilancia por parte de las autoridades, las cuales a su vez no poseen recursos suficientes para establecer un control efectivo. Esta situación ha provocado que las regulaciones no se cumplan a cabalidad.

Aunado a esta problemática Naranjo (2010) encontró que en esta área los sistemas operacionales utilizados por los pescadores podrían estar afectando la disponibilidad del recurso, y todos estos factores en conjunto han promovido la sobreexplotación de esta especie (Naranjo 2011), por lo cual resulta urgente implementar prácticas de manejo específicas. Ante este panorama, se plantea la hipótesis de que este régimen de presión pesquera ejercida durante varias décadas ha provocado que la talla media de madurez sexual sea baja con respecto a la talla media reportada para esta especie en la literatura (Toral *et al.* 2002), y esto se produce debido a una respuesta compensatoria de la población conjuntamente con el ritmo acelerado de crecimiento que tiene la especie

en esta región (Naranjo 2011). Además, se espera encontrar un patrón reproductivo diferente del encontrado en México (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez 1977, Weinborn 1977).

Debido a la importancia que representa actualizar el conocimiento relacionado con el patrón reproductivo, la necesidad de ajustar la talla mínima de captura en la zona de estudio para el manejo sustentable de esta pesquería y la ausencia de antecedentes sobre la biología reproductiva de *P. gracilis* en el Pacífico Norte de Costa Rica, se realizó una investigación de un año, con el objetivo de determinar la época de mayor actividad reproductiva o desove en los diferentes estratos de profundidad donde operan las modalidades de pesca antes mencionadas y estimar la talla media de madurez sexual a partir de muestreos en el mar y desembarques dependientes de la actividad pesquera artesanal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en Playa Lagarto ubicada en el distrito 27 de Abril perteneciente al cantón de Santa Cruz en la provincia de Guanacaste, Costa Rica (10°07'23" N - 85°47'97" W). La zona de pesca de la flota que opera con compresor comprende desde los 10°16'185" N - 85°52'744" W hasta los 9°54'074" N - 85°40'407" W. Los buzos que trabajan a pulmón abarcan un área que va desde 10°14'742" N - 85°51'061" W hasta 10°04'389" N - 85°46'358" W.

Se obtuvo información mensual de los especímenes capturados por viaje de pesca por medio del buceo a pulmón y el buceo con compresor, desde noviembre del 2007 a octubre del 2008, con excepción del mes de setiembre, que no se efectuaron viajes de pesca debido a condiciones meteorológicas adversas.

Se midieron y clasificaron 357 hembras de la especie. A dichos especímenes se les determinó la longitud del cefalotórax (LC) mediante el uso de un vernier de 0.01mm de precisión. Esta medida se tomó desde el reborde de las espinas supra-orbitales hasta el extremo posterior del caparazón. Además, se determinó el

estado reproductivo de las hembras (presencia de masa espermatófora y/o huevos)

Para conocer el patrón mensual de la actividad de desove, se utilizó el índice de actividad reproductiva propuesto por Cruz (2002):

$$IAR = \frac{Her}{TH}$$

donde *Her* es el número de hembras en estado reproductivo (ovígeras y con masa espermatófora, ovígeras y sin masa espermatófora); y *TH* es el total de hembras capturadas.

Con el propósito de determinar la talla media de madurez sexual se clasificaron las hembras en dos grupos. En el primero se agruparon las hembras portadoras de huevos en sus pleópodos y en un segundo grupo las hembras ovígeras así como las hembras con setas ovígeras en los pleópodos. De esta manera, se realizaron dos cálculos en los cuales se determinó el 50% de las hembras que se encontraban con ambos atributos de madurez. Para determinar la talla media de madurez sexual de las hembras ovígeras y las hembras ovígeras más las hembras con setas se ordenaron las tallas de longitud cefalotorácica en intervalos de 5mm. Esta talla media fue estimada mediante un modelo lineal generalizado (MLG) con enlace logístico (Dobson 2002, Wheeler *et al.* 2009) utilizando la función *glm* en el paquete estadístico R (R Development core team 2011). El estado de madurez fue usado como variable *y*, y la LC (mm) como covariable. La talla media de madurez (L50%) fue estimada mediante la división del intercepto negativo de la regresión y la pendiente. Los intervalos de confianza del estimado L50% fueron calculados a través de un procedimiento Bootstrap mediante el cual la distribución de frecuencias de los organismos clasificados en los dos grupos antes mencionados fueron aleatoriamente remuestreados 1000 veces, resultando en un correspondiente número de modelos lineales generalizados y estimados de L50%. Los percentiles al 2.5 y 97.5 de los estimados de L50% fueron usados como intervalos de confianza (IC) (Haddon 2001).

Debido a que la estacionalidad reproductiva es influenciada por condiciones ambientales como la temperatura, se obtuvo información de las variaciones en la temperatura en el área de pesca reportadas por la NOAA (2009) en su sitio de Internet. Dichas temperaturas fueron tomadas semanalmente en la superficie oceánica y solo se registra el aumento y disminución en grados centígrados en comparación a la información base de rangos de temperaturas tomadas en el período de 1971 al 2000. Por medio de un modelo de regresión simple, se analizó el patrón mensual del IAR con respecto a los rangos de temperatura antes mencionados.

## RESULTADOS

Los datos mensuales recolectados en Playa Lagarto permitieron efectuar algunas apreciaciones acerca de la dinámica reproductiva de la langosta *P. gracilis* en las distintas zonas que frecuentan los pescadores utilizando las dos modalidades de pesca tradicionales: buceo con compresor y a pulmón. Los estados reproductivos para el total de hembras (n=357) obtuvieron diferentes distribuciones de frecuencias de tallas de LC. Las hembras sin signos de apareamiento o madurez sexual o sea, sin masa espermatófora y no ovígeras, mostraron las menores tallas con una media de 62.3mm. Las hembras no ovígeras con masa espermatófora tuvieron la talla media máxima de 77mm y además se comprobó que un 90% de éstas tenían setas o fibrillas en los pleópodos lo que indicó que eran ejemplares que habían desovado. La media de hembras ovígeras y sin masa espermatófora fue de 73.2mm y las hembras ovígeras y con masa espermatófora presentaron una media de 74mm (Cuadro 1 y Fig. 1).

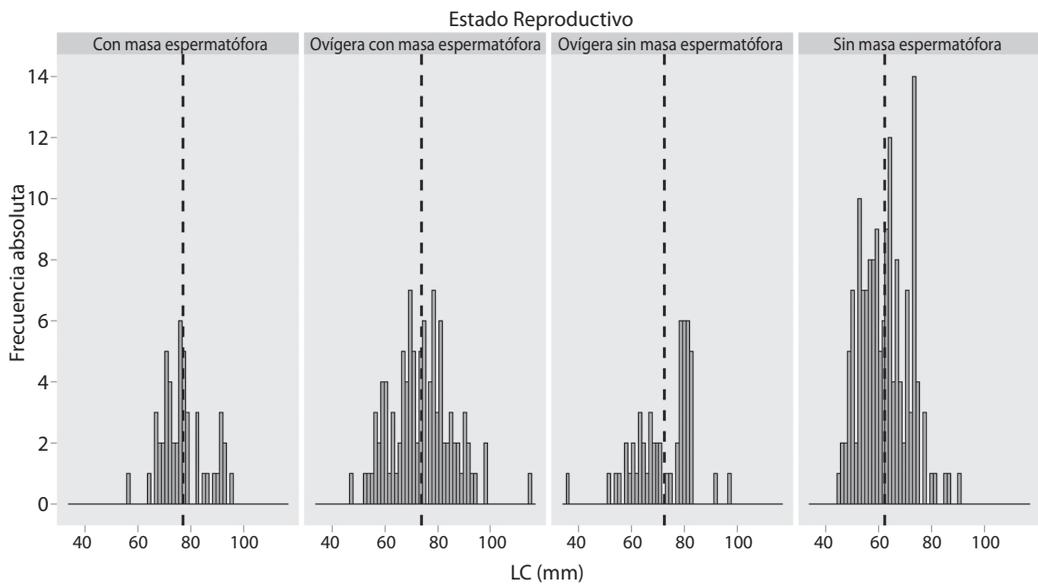
Las hembras sin indicios externos de madurez sexual y sin masa espermatófora tuvieron un patrón poco constante durante el año, con picos en octubre y enero. Por otra parte, las hembras ovígeras con o sin masa espermatófora y con setas en los pleópodos estuvieron presentes durante todos los meses de este estudio, por lo que los porcentajes del IAR se mantuvieron por encima del 50%, con

CUADRO 1  
Estados reproductivos de *P. gracilis*, se indican los principales estadígrafos de la LC (mm) y el tamaño de muestra para cada categoría

TABLE 1  
Reproductive stages of *P. gracilis*, main statistical estimates of LC (mm) and sample size for each category

Estado Reproductivo	Talla Media LC(mm)	Talla Máxima LC(mm)	Talla Mínima LC(mm)	n
Sin Masa Espermatófora	62.3	90.2	40.2	154
Con Masa Espermatófora	77	95.5	56	49
Ovígera Sin Masa Espermatófora	72.3	97.5	35.8	54
Ovígera Con Masa Espermatófora	74	115	47.5	100
Promedio/Total	71.6	99.6	44.5	357

n= tamaño de muestra; sample size.



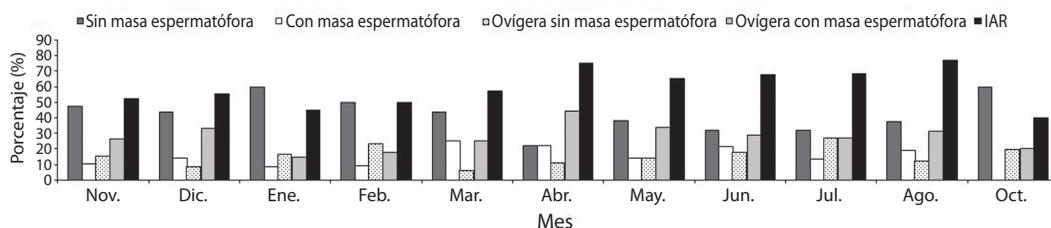
**Fig. 1.** Distribución de frecuencias de LC (mm) para los diferentes estados reproductivos de *P. gracilis* en Playa Lagarto. Las líneas negras discontinuas indican la talla media para cada estado.

**Fig. 1.** Frequency distribution of LC (mm) for the reproductive states of *P. gracilis* in Playa Lagarto. Black dashed lines shows the mean for each state.

excepción de los meses de octubre y enero. Se observó un patrón reproductivo constante con altos valores a partir de abril hasta agosto con una variación porcentual de 76.9% en éste último mes a 65.3% en mayo (Fig. 2 y Cuadro 2).

La distribución por frecuencia de talla de los especímenes que presentaron algún indicio de madurez sexual o actividad reproductiva

mostró que la mayoría estaban entre 70 y 80mm de LC (Fig. 3). Además, la variación mensual de la talla media de las hembras reproductivas estuvo en un rango de 68.1 en agosto a 81.3mm de LC en noviembre (Fig. 4). Se observaron características de madurez sexual a partir de tallas muy bajas que van desde 30 a 50mm de LC.



**Fig. 2.** Porcentaje mensual de los estados reproductivos y el índice de actividad reproductiva (IAR) de *P. gracilis* en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

**Fig. 2.** Monthly patterns of reproductive stages and the reproductive activity index (IAR) for *P. gracilis* in Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

CUADRO 2

Hembras reproductivas y hembras totales. Max= Valor Máximo de LC. Min= Valor Mínimo de LC.  
IAR= Índice de Actividad Reproductiva expresado en porcentajes n= Número de muestra

TABLE 2

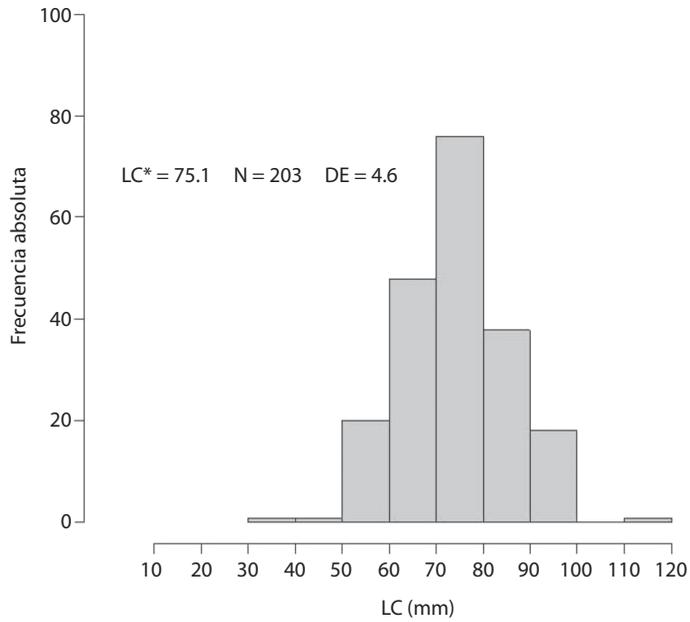
Reproductive females and total females. Max= Maximun Value of LC. Min= Minimun Value.  
IAR= Percentages of the Reproductive Activity Index. n= Sample size

Mes	Hembras Reproductivas				Hembras Totales				IAR (%)
	n	Promedio (LC)	Max	Min	n	Promedio (LC)	Max	Min	
Noviembre	10	81.3	91.8	67.2	19	72.6	91.8	48.4	52.6
Diciembre	44	75.3	115	60.1	78	68.8	115	47.9	55.5
Enero	19	75.9	98	55	47	65.6	98	46	44.7
Febrero	17	70.5	92.5	52	34	64.7	92.5	45.2	50
Marzo	9	81.5	92.4	69.9	16	75.7	92.4	58.8	57.1
Abril	18	75.3	93.4	56.4	27	73.5	93.4	56	75
Mayo	31	75.3	91.6	59.2	50	71.7	91.6	52.2	65.3
Junio	19	73.2	83.3	58.5	28	71.7	83.3	54.1	67.8
Julio	15	69.4	97.5	35.8	22	66.7	97.5	35.8	68.2
Agosto	10	68.1	81.8	56.3	16	68.1	81.8	56.3	76.9
Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre	8	80.5	94.5	70.7	20	72.6	94.5	58.6	40
Total/Promedio Global	203	75.1	115	35.8	357	70.2	115	35.8	59.4

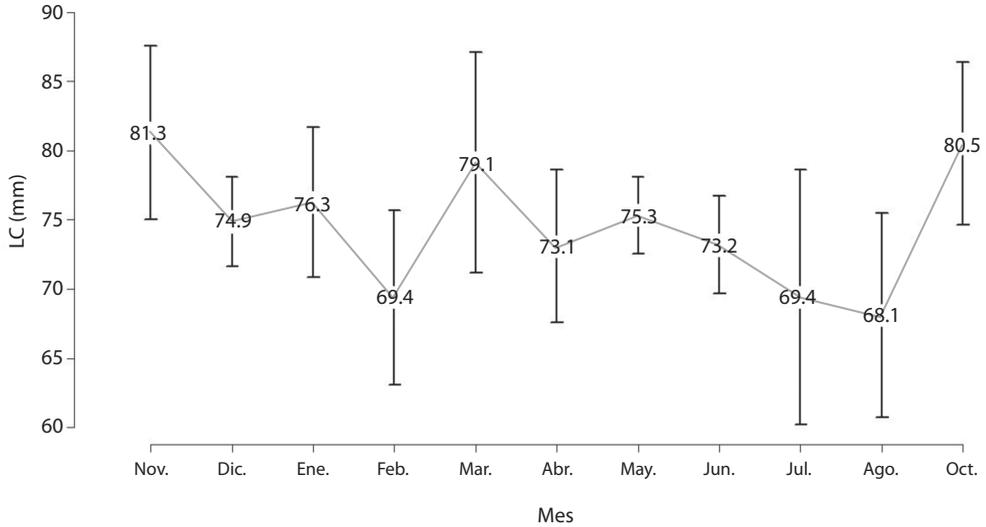
Los resultados del análisis del L50% para el grupo formado por hembras con huevos en los pleópodos fue de 74.8mm de LC con un 95% de IC=70.3-79. La estimación para el segundo grupo, o sea hembras ovígeras en conjunto con las hembras que poseían setas fue de 65.6mm con un 95% de IC=63.5-67.9. De esta forma, existe un 50% de probabilidad de que la langosta verde hembra alcance la madurez

sexual a los 70.2mm de LC como promedio de talla para ambos grupos (Cuadro 3).

Por otra parte, al contrastar la distribución de las tallas del estrato somero asociado del buceo a pulmón (1-6 brazas) con respecto a las tallas del estrato profundo correspondiente al buceo con compresor (6-18 brazas) se encontró un alto traslape, y la tendencia al incremento de tallas mayores con respecto a la profundidad



**Fig. 3.** Distribución de frecuencias de LC de hembras reproductivas de *P. gracilis*. \*= promedio de LC.  
**Fig. 3.** LC (mm) frequency distribution of reproductive females for *P. gracilis*. \*= LC average.



**Fig. 4.** Distribución mensual de la talla media de las hembras reproductivas de *P. gracilis* en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.  
**Fig. 4.** Monthly patterns of mean size of reproductive females for *P. gracilis* in Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

CUADRO 3  
 Coeficientes de regresión resultado del análisis del L50% por medio de MLGs para las hembras ovígeras  
 y las hembras ovígeras más las que presentaron setas

TABLE 3  
 Regressions coefficients from the GLM analysis of L50% for two groups of reproductive females

Variable	L50%	Intercepto	Estimado	E.E (intercepto)	E.E (estimado)	valor p (intercepto)	valor p (estimado)	IC 95%
ovígeras								
LC (mm)	74.86	-4.417	0.059	0.739	0.01	>0.001	>0.001	70.3-79.0
ovígeras + setas								
LC (mm)	65.69	-7.591	0.115	0.92	0.01	>0.001	>0.001	63.5-67.9

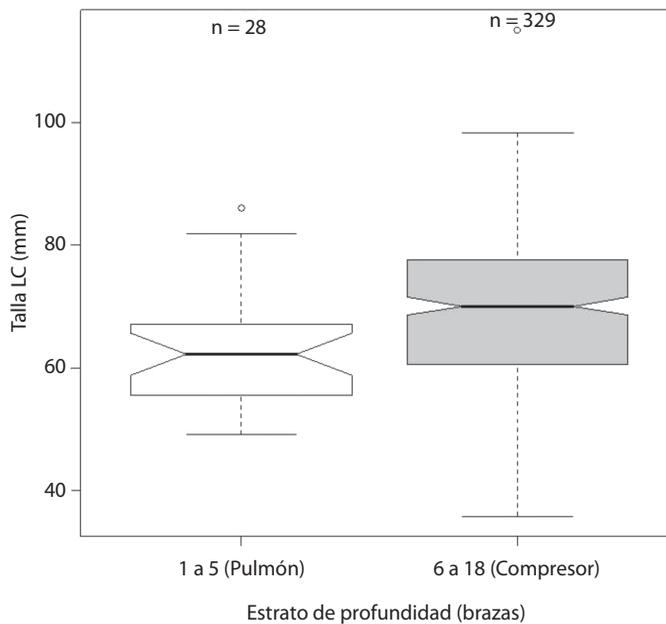


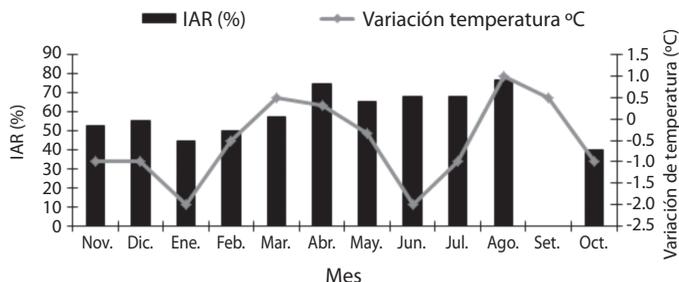
Fig. 5. Distribución de tallas de LC de *P. gracilis* en los estratos de profundidad en brazas por método de pesca. n = Número de observaciones.

Fig. 5. Boxplot of CL size distribution of *P. gracilis* in the layers of depth (fathom) by fishing method. n= Sample size.

(Fig. 5). La mezcla de los segmentos poblacionales es confirmada por las bajas tallas medias que para el estrato somero fue de 62.7mm de LC y para el estrato profundo de 69.6mm de LC por lo que no se encontraron diferencias significativas entre las mismas ( $p < 0.05$ ).

Por otra parte, en la comparación entre el IAR mensual y las variaciones de temperatura, se pudo observar que a partir de marzo la

temperatura aumentó en un grado con respecto a febrero lo que parece incidir en el proceso reproductivo que mantuvo altos valores hasta agosto. Además, fue en este último mes donde la temperatura y el IAR alcanzaron sus máximos valores. Sin embargo, el coeficiente de correlación fue de 0.49 con un 95% IC= -0.15-0.84 (Fig. 6) por lo que esta relación no fue significativa ( $p > 0.05$ ).



**Fig. 6.** Distribución mensual de la temperatura superficial del agua en grados centígrados y del índice de actividad reproductiva (IAR) de *P. gracilis* expresado en porcentajes en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

**Fig. 6.** Monthly patterns of the surface water temperature in degrees Celsius and the reproductive activity index (IAR) for *P. gracilis* in percentages, Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica.

## DISCUSIÓN

Los altos porcentajes de hembras ovígeras encontradas en los 11 meses de muestreo permitieron corroborar que en las zonas de arrecife de ésta pesquería existe una alta actividad reproductiva anual con un aumento en el patrón que va de abril a agosto en que los porcentajes variaron de 65.3% (mayo) a 76.9% (agosto). Según lo indican los porcentajes de hembras ovígeras en los estudios realizados por Weinborn (1977) (mayo-diciembre) y Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez (1977) (marzo-noviembre) la época de reproducción de *P. gracilis* parece ser que ocurre en un largo período, por lo menos de 10 meses. Esta continuidad reproductiva a lo largo del año es confirmada por la capacidad de esta especie de tener al menos dos desoves por año según estudios gonádicos realizados por Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez (1977). Los altos porcentajes de hembras con masa espermatofora encontrados a través del año en el área de pesca de Playa Lagarto confirman la anterior afirmación.

Según Lipcius (1985), las épocas reproductivas y de desove están bajo la influencia de condiciones ambientales que les sean favorables, como la temperatura y el fotoperíodo. Aunque el patrón temporal reproductivo encontrado en esta zona concordó con un relativo aumento en la temperatura a partir del mes de marzo el cual pudo haber desencadenado una

mayor actividad reproductiva que dio como resultado el incremento en la presencia de hembras ovígeras, con placa espermatófora y con setas que continuó hasta el mes de agosto donde la temperatura y el IAR alcanzaron sus máximos valores, este resultado no es concluyente debido a que las temperaturas utilizadas son de la superficie del océano y no de las áreas bentónicas asociadas a los hábitat de la especie por lo que se recomienda corroborar estas tendencias encontradas del IAR en estudios posteriores donde se adquieran medidas de temperatura más precisas. A pesar de lo anterior, se comprueba en esta investigación que estas áreas son importantes para el desove de langostas que se acercan a la costa desde zonas profundas hacia sitios donde la temperatura del agua es más conveniente para la reproducción (Gracia & Kensler 1980) o bien que entran desde zonas de cría debido a movimientos ontogénicos. Además, no existió una clara segregación entre los segmentos poblacionales de preadultos y adultos reproductivos por estrato de profundidad asociada a las áreas donde operan las dos modalidades de pesca.

Un estudio preliminar realizado en otra área del pacífico costarricense (Gutiérrez 1997) encontró mayor porcentaje de hembras ovígeras entre julio y enero. Sin embargo, para otras especies del género *Panulirus* suelen existir variaciones importantes en las tallas de madurez sexual según zona geográfica (Chubb 1994)

y en la fecundidad con respecto a la latitud (Pineda *et al.* 1981).

Las tallas mínimas de LC en hembras ovígeras para *P. gracilis* que han sido reportadas en México varían de 47 a 49mm (Weinborn 1977, Briones-Fourzan & Lozano-Alvarez 1992); y en Galápagos 73mm (Toral *et al.* 2002). Sin embargo, en Playa Lagarto la langosta más pequeña con masa ovígera presentó una talla muy inferior de LC (35.8mm). Estas diferencias en las tallas pueden ser explicadas en parte por factores biológicos y ambientales que varían entre poblaciones y localidades, pero también por los efectos en las regulaciones pesqueras (Guzmán *et al.* 2008). En México las temporadas de pesca varían de cinco a siete meses dependiendo de la región (Briones-Fourzán & Lozano-Alvarez 1992) y en las Galápagos la temporada de pesca se extiende de septiembre a diciembre (Toral *et al.* 2002) y la captura de hembras portadoras de huevos está prohibida. El hecho de que en Costa Rica no exista una veda estacional relativa a la captura de langosta aunada a la condición de acceso abierto que presentan las pesquerías en esta región puede explicar estas diferencias en la talla de madurez sexual y el acelerado ritmo de crecimiento encontrado por Naranjo (2011) para esta especie en esta zona.

Existe evidencia de la reducción en la tallas de madurez inducida por la pesca sobre stocks fuertemente explotados. Información recolectada en un monitoreo de las capturas de la langosta espinosa *P. cygnus* a bordo de embarcaciones comerciales en Australia, demostraron un descenso en la talla de madurez de las hembras en el stock reproductivo costero entre 1970 y 1990. Este descenso ocurrió concomitantemente con el incremento efectivo del esfuerzo pesquero. También, en las islas de Hawai, Polovina (1989) registró un significativo descenso en la talla de hembras ovígeras de *P. marginatus* conexas con el significativo aumento de la tasa de explotación en un breve período de 10 años (Chubb 1994). La maduración temprana de estos organismos producida por la pesca tiene un efecto negativo en el potencial reproductivo ya que

las hembras pequeñas producen menos y más pequeñas crías (Berkeley *et al.* 2004) por lo que las poblaciones se vuelven vulnerables en este sentido.

La actual talla mínima de captura de la langosta *P. gracilis* fue introducida en el año 2000 y establece una longitud cefalotorácica de 80mm o 128mm de abdomen. Esta talla parece muy apropiada y razonable para todo el país y es mucho mayor a nuestros estimados de LC al 50% que demuestran que la madurez sexual de *P. gracilis* ocurre en un rango estrecho de tallas, posiblemente en el espacio de una muda entre los 63.5 y 79mm de LC. Estos resultados indican que la talla encontrada obedece a un régimen espacial singular y poco adecuado para mantener distribuciones regionales de producción ovígera. Además, dichos resultados revelan más bien la variabilidad en la madurez sexual que se puede encontrar entre regiones diferentes provocadas por factores de densidad-dependencia, temperatura, disponibilidad de alimento y principalmente por presión de pesca (Gardener *et al.* 2006).

Se ha demostrado que la alta explotación sobre especímenes reproductivos reduce sustancialmente el reclutamiento del stock reproductivo y disminuye el potencial de la producción ovígera de la población (Chubb 1994). Por esta razón, son comúnmente utilizadas las vedas ya que permiten no solo prevenir perturbaciones en el ciclo reproductivo de la población sino también están dirigidas a mejorar la productividad pesquera (Lyons *et al.* 1981). Debido a lo anterior, se recomienda que se establezca una veda en la región de al menos cinco meses (abril-agosto) con el fin de proteger la estacionalidad reproductiva de la especie y promover de esta forma, que exista un mayor reclutamiento a las áreas de pesca, en conjunto a una vigilancia efectiva que permita el cumplimiento de la talla mínima de captura de 80mm de LC. Así mismo, se insta a las autoridades encargadas de administrar este recurso generar planes de manejo congruentes con el conocimiento biológico-espacial de la especie y de su dinámica de explotación en la región.

## AGRADECIMIENTOS

Extiendo un especial agradecimiento a los pescadores de Playa Lagarto, quienes hicieron posible la realización de los estudios llevados a cabo en el área: Luis Calderón, Jeudi Ortiz, Junior Espinoza, Leiter, Greivin, Pelón, Richard, Ata, Loro y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en esta investigación. En el Centro de Investigación de Pesca a Edgar Torres por sus oportunas sugerencias.

## RESUMEN

La langosta *Panulirus gracilis* es importante como recurso pesquero de las comunidades costeras en el Pacífico Norte de Costa Rica. Debido a la importancia de actualizar el conocimiento relacionado con el patrón reproductivo de esta especie, se analizaron 357 especímenes de langostas *P. gracilis* hembras capturados mediante el buceo con compresor y el buceo a pulmón durante noviembre de 2007 a octubre del 2008 en Playa Lagarto. Se examinó la composición de las tallas por estrato de profundidad, el patrón mensual de la actividad reproductiva (IAR) asociado al aumento relativo de la temperatura superficial del océano, y además se determinó la talla media de madurez sexual utilizando Modelos Lineales Generalizados. Los cuatro estados fisiológicos de madurez sexual mostraron que las hembras sin masa espermatófora y no ovígeras, presentaron las menores tallas con una media de 62.3mm de longitud cefalotorácica (LC). Se observaron características de madurez sexual a partir de tallas muy bajas que van desde 30 a 50mm de LC, encontrándose la menor hembra ovígera reportada para esta especie de 35.8mm de LC y el mayor porcentaje de hembras maduras entre 70 y 80mm de LC. Los porcentajes del IAR se mantuvieron por encima del 50% durante el año, con excepción de los meses de octubre y enero. Además, se observó un aumento en el IAR que inició a partir de abril y continuó hasta agosto asociado a un relativo aumento en la temperatura a partir del mes de marzo, sin embargo esta relación no fue significativa ( $r^2=0.49$ ,  $p>0.05$ ). No se descarta que la baja talla media de madurez sexual de 70.2mm de LC para *P. gracilis* en esta región sea causada por las prácticas de pesca. Se recomienda que se establezca una veda en la región de cinco meses (abril-agosto) con el fin de proteger la estacionalidad reproductiva de la especie y promover un mayor reclutamiento a las áreas de pesca.

**Palabras clave:** patrón reproductivo, talla de media de madurez, *Panulirus gracilis*, Playa Lagarto, Costa Rica.

## REFERENCIAS

- Berkeley, S.A., M.A. Hixon, R.J. Larson & M.S. Love. 2004. Fisheries sustainability via protection of age structure and spatial distribution of fish populations. *Fisheries* 29: 23-32.
- Briones-Fourzán, P. & D.E. Lozano-Alvarez. 1977. Aspectos generales sobre la Biología y Pesquería de las langostas (*Panulirus inflatus* y *P. gracilis*) en Zihuatanejo, Gro. y áreas circunvecinas. Tesis profesional, Universidad Nacional Autónoma, México.
- Briones-Fourzán, P. & D.E. Lozano-Alvarez. 1992. Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *Panulirus gracilis* (Streets) from the Pacific coast of México. *J. Crust. Biol.* 12: 41-50.
- Cruz, R. 2002. Manual de Métodos de Muestreo de la Langosta Espinosa. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 399. Roma, Italia.
- Chubb, C.F. 1994. Reproductive Biology: Issues for Management, p. 679. In B.F. Phillips, J.S. Cobb & J. Kittaka. 1994. Spiny Lobster Management. Blackwell Scientific Publications, Londres, Inglaterra.
- Dobson, A.J. 2002. An Introduction to Generalized Linear Models. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la Identificación de Especies con Fines de Pesca. Volumen I. ONU, Roma, Italia.
- Gracia, A. & C.B. Kensler. 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 7: 111-128.
- Gardener, C., S. Frusher, N. Barret, M. Haddon & C. Buxton. 2006. Spatial variation in size at onset of maturity of female southern rock lobster *Jasus edwardsii* around Tasmania, Australia. *Scientia Marina* 70: 423-430.
- Gutiérrez, R. 1997. Diagnóstico de la pesquería de la langosta *P.gracilis* en el cono sur de la Península de Nicoya. Informe Final. INCOPECA, Costa Rica. No publicado.
- Guzmán, H.M., R. Cipriani, A.J. Vega, M. López & J.M. Meir. 2008. Population Assessment of the Pacific Green Spiny Lobster (*Panulirus gracilis*) in the Pacific of Panama. *J. Shellfish Res.* 4: 907-915.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, Florida, USA.

- Holthuis, L.B. 1991. Marine lobsters of the world: an annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. FAO, Roma, Italia.
- INCOPESCA. 2003. Estadísticas pesqueras (en línea). San José, CR. (Consultado: 3 Febrero 2011, [http://www.mag.go.cr/incopesca/estadis2\\_3.htm](http://www.mag.go.cr/incopesca/estadis2_3.htm)).
- Lipcius, R.N. 1985. Size-dependent reproduction and molting in spiny lobsters and other long-lived decapods, p. 129-48. In A.M. Wenner (eds.). Crustacean Issues 3. Factors and adult growth. Rotterdam, Países Bajos.
- Lyons, W.G., D.G. Barber, S.M. Foster, F.S. Kennedy Jr. & G.R. Milano. 1981. The Spiny Lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction. Fla. Mar. Res. Publs. 38: 1-45.
- Naranjo, M.H. 2009. Análisis de la pesquería de la langosta *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en la zona de Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Costa Rica.
- Naranjo, M.H. 2010. Caracterización de los sistemas operacionales, modalidades y artes de pesca utilizados para la captura de la langosta *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en Guanacaste, Costa Rica. Rev. Cien. Mar. Cost. 2:73-82.
- Naranjo, M.H. 2011. Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 59: 619-633.
- NOAA Satellite and Information Service. 2009. National Climatic Data Center. U.S. Department of Commerce. Colorado. U.S.A. (Consultado: 24 abril 2011, <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/anomalies/anomalies>).
- Pineda, B.J., C.J. Díaz de León & O.F. Uribe. 1981. Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. Ciencia Pesquera. 1: 99-118.
- Polovina, J. 1989. Density dependence in spiny lobster. *Panulirus marginatus*, in the Northwest Hawaiian Islands. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 660-665.
- R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Toral, M.V., E. Espinoza, A. Eran & C. Martínez. 2002. Langosta Espinoza, p. 96. In E. Danulat & G.J. Edgar (eds.). Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad. Fundación Charles Darwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.
- Wheeler, J.P., C.F. Purchase, P.D. McDonald, R. Fill, L. Jacks, H. Wang & C. Ye. 2009. Temporal changes in maturation, mean length-at-age, and condition of spring-spawning Atlantic herring (*Clupea harengus*) in Newfoundland waters. ICES J. Mar. Sci. 66: 1800-1807.
- Weinborn, J. 1977. Estudio Preliminar de la Biología, Ecología y Semicultivo de los Paniluridos de Zihuatanejo. Gro. México. *Panulirus gracilis* (Streets) y *Panulirus inflatus* (Bouvier). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal Auton. México 4: 27-79.

