

ARTÍCULO

Distribución de tallas y potencial reproductivo de hembras de langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Santa Rosa, Manabí, Ecuador

Size distribution and reproductive potential of green lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) female in Santa Rosa, Manabí, Ecuador

David Mero-del Valle¹, Ricardo Castillo-Ruperti¹ y Juan Figueroa-Pico¹

¹Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ciudadela Universitaria Vía San Mateo, Manta, Ecuador, 130804 EC. david.mero@uleam.edu.ec

Abstract.- Spiny lobster *Panulirus gracilis* is a fishing resource of high commercial importance in Ecuador. Studies of fecundity and reproductive potential of population are fundamental and ensures sustainable use for the fishery, because it is intimately related with the renewal capacity of population. We analyzed size distribution and reproductive potential of spiny lobsters *P. gracilis* caught by nets in Santa Rosa, Manabí, Ecuador. Data was collected during July 2011, August, September and November 2012, and a sample of 273 females was obtained. Size of lobsters varied between 58 and 102 mm of carapace length (CL), with an average of 83 mm CL \pm 7.1; only 2% of lobsters had legal size ($>$ 103 mm LC). Thirty percent of females were ovigerous stage III. Fecundity varied between 123,255 and 805,632 eggs, with an average of 397,115 \pm 148,069 eggs; relative fecundity was 1193 \pm 236 eggs for each gram of weight. Reproductive potential analysis showed that females with size $<$ 80 mm CL contribute only with 17.8% of total egg production while females between 90 and 100 mm CL provide 38.2% of total eggs production.

Key word: Reproductive potential, fecundity, *Panulirus gracilis*, Ecuador

Resumen.- La langosta espinosa *Panulirus gracilis* es un recurso pesquero de gran importancia comercial en Ecuador. Estudios de fecundidad y el potencial reproductivo son fundamentales y garantiza su aprovechamiento sustentable para la pesquería, ya que está relacionado con la capacidad de renovación de la población. En el presente trabajo se analizó la distribución de tallas y el potencial reproductivo de *P. gracilis* capturadas en Santa Rosa, Manabí, Ecuador. La toma de datos se realizó durante julio 2011, agosto, septiembre y noviembre 2012, se obtuvo una muestra de 273 hembras. La talla varió entre 58 y 102 mm de longitud cefalotorácica (LC) con un valor promedio de 83 mm LC \pm 7,1 y sólo el 2% de la captura se encontró dentro de la talla legal permitida ($>$ 103 mm LC). El 30% de las hembras se encontraron en estadio reproductivo III, con una fecundidad absoluta entre 123.255 y 805.632 huevos y un promedio de 397.115 \pm 148.069 huevos, la fecundidad relativa promedio fue de 1193 \pm 236 huevos por cada gramo de peso del animal. El análisis del potencial reproductivo indica que las hembras menores de 80 mm LC aportan sólo el 17,8% de la producción total de huevos, mientras que las hembras entre 90 y 100 mm LC aportan con el 38,2%.

Palabras clave: Potencial reproductivo, fecundidad, *Panulirus gracilis*, Ecuador

INTRODUCCIÓN

La langosta verde *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) y *Panulirus penicillatus* (Olivier, 1791) son recursos pesqueros de gran importancia económica en Ecuador continental e insular, siendo esta última especie exclusiva de Galápagos. Según las estadísticas del Banco Central del Ecuador la exportaciones de *P. gracilis* y *P. penicillatus* entre el 2000 a 2009 ascienden a 985 toneladas (Ramírez *et al.* 2012).

En la costa continental del Ecuador la captura de *P. gracilis* es realizada por la flota pesquera artesanal, que opera dentro de las 8 millas náuticas utilizando redes de polifilamento de fondo y buceo semiautónomo (compresor tipo hookah) (Correa *et al.* 1994). No obstante, la tecnificación de la flota artesanal con el uso de buceo semiautónomo tuvo como consecuencia el aumento del esfuerzo pesquero en toda la costa continental ecuatoriana, teniendo como resultado la sobreexplotación del recurso, obligando a las poblaciones de *P. gracilis* a

reproducirse en tallas cada vez más pequeñas como respuesta a la alta presión pesquera (Figueroa & Mero 2013). Actualmente, el recurso langosta en la costa continental del Ecuador carece de efectivas políticas de vigilancia y manejo sustentable (Castillo *et al.* 2013). Seijo *et al.* (1997) y Cadima (2003) señalan que es necesario articular e integrar factores biológicos y ecológicos con aspectos socioeconómicos e institucionales, para disponer de información básica de la especie con el propósito de lograr establecer un plan de manejo sustentable de este recurso pesquero.

Las investigaciones realizadas para *P. gracilis* incluyen tallas de captura y artes de pesca (Figueroa & Mero 2013), índices de actividad reproductiva (Naranjo 2012), estructura del hábitat y biología pesquera (Cun & Campos 1993, Villón *et al.* 2000, Guzmán *et al.* 2008, Castillo *et al.* 2013), estudio de cadena de valor de la pesquería (Castrejón 2012), crecimiento y aspectos socioeconómicos (Briones & Lozano 2003, Figueroa *et al.* 2013). Sin embargo, aún no se ha determinado el potencial reproductivo y la fecundidad de la especie, aspecto fundamental de la reproducción de recursos marinos que se encuentran sometidos a presión pesquera, porque están directamente relacionados con la capacidad de renovación de la población y sostenibilidad de la pesquería (Gracia 1985).

La fecundidad y en consecuencia el potencial reproductivo está condicionado a diversos factores intrínsecos de cada especie, tales como la talla, el peso, la edad e inclusive la latitud en que se encuentra su distribución (De Martini *et al.* 2003). Por tales motivos, el objetivo del presente estudio fue determinar el potencial reproductivo y la estructura de tallas de *P. gracilis* capturadas en Santa Rosa, Manabí, con la finalidad de contribuir con información biológica esencial para definir estrategias para la conservación y manejo sustentable del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GENERALES DE LA PESQUERÍA

Durante julio 2011, agosto, septiembre y noviembre 2012 se monitorearon las capturas con redes de *Panulirus gracilis* provenientes de Santa Rosa, Manabí, Ecuador (1°07'38,93"S, 80°53'57,22"W) (Fig. 1). La captura

comercial de *P. gracilis* en esta caleta pesquera se ha realizado desde 1960 con el uso de redes de fondo como arte de pesca tradicional, sin embargo, a partir de 1980 con la tecnificación de la flota pesquera artesanal se implementó la captura con equipo de buceo semiautónomo (compresor tipo hookah) (Cun & Campos 1993).

Desde noviembre 2001 entró en vigencia el Acuerdo Ministerial N° 182 (Ministerio de Comercio Exterior Industrialización y Pesca 2001)¹, en el cual se establece un periodo de veda total desde el 16 de enero hasta el 16 de junio de cada año, donde se prohíbe la tenencia, procesamiento, transporte y comercialización interna y externa. Además, transcurrido el periodo de veda solo se permitirá la tenencia, procesamiento, transporte y comercialización interna y externa de animales que tengan una talla mayor a 26 cm LT o 15 cm de cola y hembras no ovígeras.

La constante demanda de este recurso y el aumento del esfuerzo de pesca (número de pescadores, embarcaciones, días de pesca) ha ocasionado que la presión pesquera sobre el recurso esté provocando desequilibrios biológicos en las poblaciones de *P. gracilis* tales como disminución en la talla media de captura y de la talla media de madurez sexual y una alta frecuencia de especímenes por debajo de la talla legal (Figueroa & Mero 2013).

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Se registró la longitud cefalotorácica (LC) de los organismos desde la escotadura entre los cuernos surpraorbitales hasta el extremo posterior del cefalotórax. Los datos fueron tomados con un calibrador vernier (precisión $\pm 0,01$ mm). Los valores se expresaron en milímetros (mm). El sexo de los organismos se determinó mediante características macroscópicas externas (Figueroa *et al.* 2013). Para evaluar la actividad reproductiva, en las hembras se determinó el estado de madurez sexual según la escala propuesta por Briones *et al.* (1981): 1) hembras ovígeras (estadios III, IV, V); 2) hembras no ovígeras (estadios I, II, VI). La fecundidad se determinó analizando 82 hembras en estadio reproductivo III siguiendo los procedimientos de Domínguez (2003): se extrajo la masa de huevos de cada animal, se desprendieron los huevos de las setas de los pleópodos y las masas de huevos fueron preservadas en alcohol al 70%, posteriormente las muestras se tamizaron y deshidrataron en una estufa a

¹Ministerio de Comercio Exterior Industrialización y Pesca. 2001. Acuerdo Ministerial N° 182., Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Quito. <<http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/acuerdo-ministerial%20182-veda-de-la-langosta.pdf>>

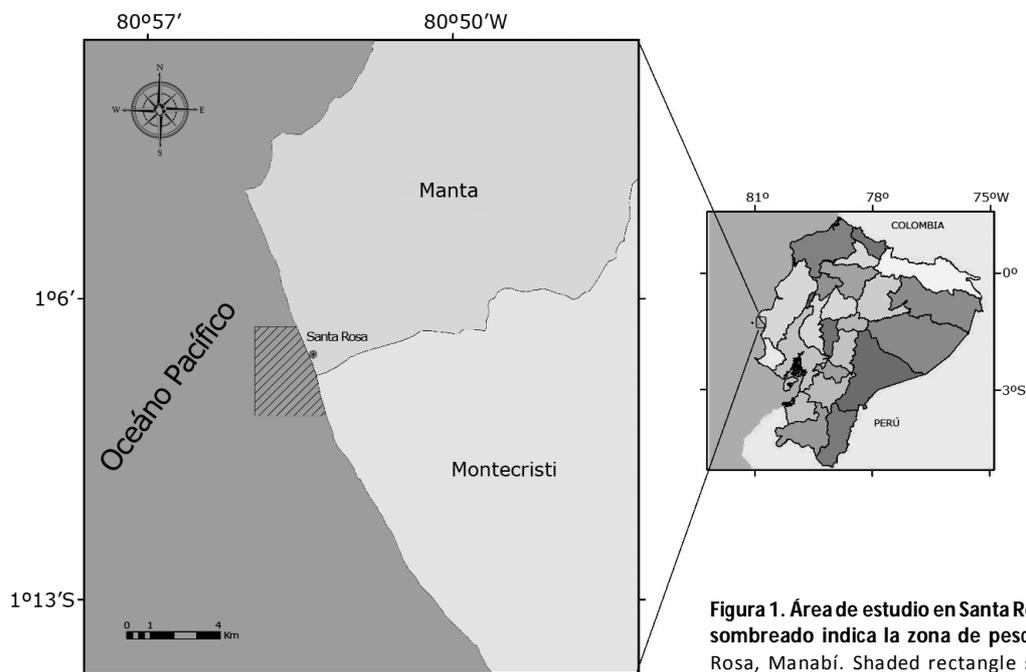


Figura 1. Área de estudio en Santa Rosa, Manabí. Rectángulo sombreado indica la zona de pesca / Study area in Santa Rosa, Manabí. Shaded rectangle shows fishing area

45°C. La masa de huevos se removió 2 veces por día para que la deshidratación fuese uniforme y lograr un peso constante de toda la muestra, todo el proceso se realizó cuidadosamente con el fin de perder la menor cantidad de huevos.

Posteriormente se pesaron 3 submuestras de 0,01 g de cada masa de huevos y se realizó el conteo manual de huevos presentes en cada submuestra utilizando microscopio estereoscópico MULTEC (modelo: ME7C-W). Se obtuvo el promedio del número de huevos de cada submuestra y este valor se extrapoló al peso total de la masa de huevos para obtener una estimación del número total de huevos de cada hembra.

ANÁLISIS DE ESTADÍSTICOS

La estructura de tallas y estadios reproductivos se analizaron con histogramas de distribución de frecuencias.

La fecundidad absoluta se determinó con la ecuación propuesta por De Martini *et al.* (1993):

$$F_A = F_s \left(\frac{W_t}{W_s} \right)$$

donde:

F_s = número promedio de huevos de cada submuestra, W_t = peso total de la masa de huevos y W_s = peso de los huevos de cada submuestra.

Se determinó la fecundidad relativa como el número de huevos producidos por cada gramo de peso de la hembra. Además, se estimó la relación entre la fecundidad absoluta y la longitud cefalotorácica usando un modelo lineal para obtener un mejor ajuste (Green *et al.* 2009).

El aporte de huevos a la población por clase de talla de hembras se determinó mediante el Índice de Potencial Reproductivo (IPR) propuesto Kanciruk & Herrnkind (1976):

$$IPR = (A.B.C) / D$$

donde A= número de hembras por clase de talla/total de hembras, B= proporción de hembras ovígeras por clase de tallas, C= promedio de número de huevos por clase de talla y D= constante estandarizada.

El valor de la constante D= 1511,6 se obtuvo de la clase de talla de 80-85 mm LC debido a que presenta la mayor frecuencia de captura, la cual se estandarizó como el 100% para calcular el IPR, también se estimó el

porcentaje de la producción total de huevos por clase de tallas (E) y el índice de productividad (F) que es la división del porcentaje de producción por clase de talla (E) entre la proporción del número de hembras por clase de talla (A) (Kanciruk & Herrnkind 1976).

Esta ecuación asume un desove por año, sin embargo *P. gracilis* presenta 3 y 4 desoves al año (< 70 mm LC y > 70 mm LC, respectivamente) (García 2004), motivo por el cual, el valor de IPR se calculó considerando este número de desoves.

RESULTADOS

Se registró la información de 273 hembras, la talla varió entre de 58 y 102 mm LC, con un promedio de 83 mm LC \pm 7,1. La mayor frecuencia de captura se encontró en el intervalo de 70-85 mm LC con el 63% y sólo el 2% de la captura en Santa Rosa se encontró dentro de la talla legal permitida (> 103 mm LC equivalente a 260 mm de longitud total) (Fig. 2).

De las 273 hembras estudiadas, 113 fueron ovígeras, de las cuales el 28% presentó una talla menor a 80 mm LC. El porcentaje de hembras en estadio reproductivo III fue del 30%; los estadios IV y V presentaron el 5 y 6%, respectivamente (Fig. 3).

La talla mínima y máxima de las hembras en estadio III utilizadas para determinar la fecundidad estuvo entre 65,9 y 98,4 mm LC, con un promedio de 84,2 mm LC \pm 7,4.

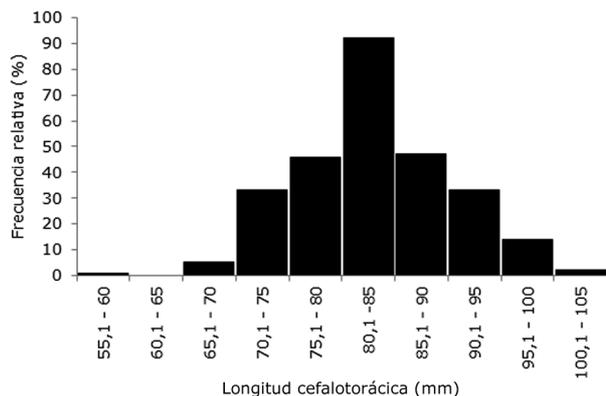


Figura 2. Distribución de tallas de hembras de *Panulirus gracilis* durante julio 2011, agosto, septiembre y noviembre 2012 capturadas en Santa Rosa, Manabí / Size distribution of female of *Panulirus gracilis* during July 2011, August and September 2012 captured in Santa Rosa, Manabí

La fecundidad absoluta fluctuó entre 123.255 y 805.632 huevos, la media fue de 397.116 \pm 148.069 huevos. Las hembras entre 80 y 85 mm LC presentaron una fecundidad promedio de 382.095 \pm 74.026. El análisis de regresión lineal entre la fecundidad y LC indican una correlación entre variables de 82% y el coeficiente de determinación es del 67% (Fig. 4). La producción mínima de huevos coincidió con la hembra de menor tamaño (65,9 mm LC), sin embargo, la hembra de mayor tamaño (98,4 mm LC) no presentó la máxima producción de huevos (Fig. 4). La fecundidad relativa se estimó en 1193 huevos g⁻¹ (\pm 236 huevos g⁻¹).

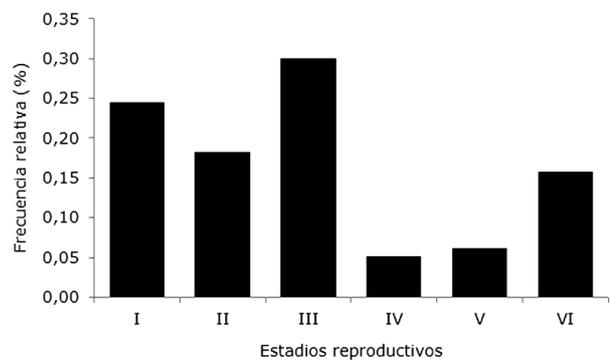


Figura 3. Distribución de frecuencias para los estadios reproductivos de hembras de *Panulirus gracilis* en Santa Rosa, Manabí / Reproductive stages distribution for female lobsters *Panulirus gracilis* in Santa Rosa, Manabí

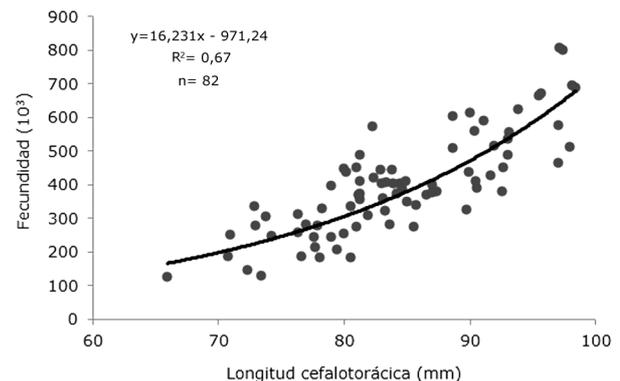


Figura 4. Relación entre la fecundidad (número de huevos) y la longitud cefalotorácica de la langosta verde *Panulirus gracilis* en Santa Rosa, Manabí / Relationship between fecundity (number of eggs) and carapace length of female spiny lobster *Panulirus gracilis* in Santa Rosa, Manabí

Tabla 1. Estimación del índice de potencial reproductivo (IPR) para *Panulirus gracilis* en Santa Rosa, Manabí. A= número de hembras por clase de talla/total de hembras, B= proporción de hembras ovígeras por clase de tallas, C= promedio de número de huevos por clase de talla; D= 1511,6; E= % de la producción total de huevos; F= índice de productividad de clase de tamaño (E/A) / Estimation of the index of reproductive potential (IRP) for *Panulirus gracilis* in Santa Rosa, Manabí. A= number of females per size class/total females, B= proportion of ovigerous females by size class, C= average number of eggs per size class; D= 1511.6; E= % total egg production; F= productivity index size class (E/A)

Clases de talla	Hembra totales	hembras ovígeras	A	B	C	desoves por año	Fecundidad anual (x 10 ³)	IPR	Huevos por año (x 10 ³)	E	F
55 - 60	1	0	0,37	-	-	3	-	-	-	-	-
60 - 65	0	0	0	-	-	3	-	-	-	-	-
65 - 70	5	1	1,83	20,00	123,26	3	369,77	0,90	369,77	0,28	0,16
70 - 75	33	8	12,09	24,24	233,99	4	935,94	18,14	7.487,53	5,75	0,48
75 - 80	46	14	16,85	30,43	273,41	4	1.093,66	37,10	15.311,20	11,77	0,70
80 - 85	92	27	33,70	29,35	382,10	4	1.528,38	100,00	41.266,26	31,71	0,94
85 - 90	47	10	17,22	21,28	400,90	4	1.603,60	38,86	16.035,97	12,32	0,72
90 - 95	33	13	12,09	39,39	503,43	4	2.013,74	63,44	26.178,58	20,12	1,66
95 - 100	14	9	5,13	64,29	652,26	4	2.609,05	56,90	23.481,41	18,04	3,52
100 - 105	2	0	0,73	-	-	4	-	-	-	-	-
Total	273	82	100								

Los valores obtenidos de IPR por clase de talla muestran que las hembras a partir de 90 mm LC presenta aproximadamente el doble de potencial reproductivo que las hembras menores a 90 mm LC, lo cual podría indicar que desde esta talla las hembras pueden ser consideradas mega reproductores. Consecuentemente, las hembras menores a 80 mm LC aportaron con el 17,8% de la producción total de huevos, mientras que las hembras entre 90-100 mm LC aportaron con el 38,2% lo que coincide con el mayor índice de productividad encontrado por clase de tallas con 5,2 (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Los resultados muestran una talla media de 83 mm LC \pm 8,8, los cuales coinciden con los resultados encontrados por Pérez (2011) en México y Figueroa & Mero (2013) en Ecuador, con 76 mm LC y 73 mm LC, respectivamente. Sin embargo, organismos de menor talla (61 mm LC) fueron reportados para Jaramijó, Ecuador por Delhaye & Ormaza (2006).

Estas diferencias en la talla media de captura podrían deberse a que en la zona de estudio (Santa Rosa) la presión pesquera es menor a la de Puerto Cayo (Figueroa & Mero 2013) y Jaramijó (Delhaye & Ormaza 2006). Santa Rosa presenta cambios repentinos en sus condiciones

oceanográficas, pasando de suaves corrientes a corrientes de resaca, fuertes vientos, oleaje alto y neblina, lo cual complica las operaciones de pesca y crea una barrera natural que hace poco accesible la zona para los pescadores.

La estructura de tallas en las poblaciones de langostas espinosas puede ser afectada por el arte de pesca utilizado tal como lo mencionan Figueroa & Mero (2013) quienes encontraron diferencias significativas en la talla media de captura por método de pesca, donde las langostas capturadas con redes tienden a ser más pequeñas en comparación con las que son capturadas con hookah. Otro factor importante que puede afectar a estructura de tallas es la intensidad de la presión pesquera o por patrones de movimiento de los organismos a lo largo de la costa (Lyons *et al.* 1981, Padilla & Briones 1997), lo cual ocasiona que en zonas de alta presión pesquera exista una mayor frecuencia de organismos pequeños. Esta hipótesis es reafirmada por Cox & Hunt (2005), quienes encontraron mayor frecuencia de langostas grandes en áreas marinas protegidas donde la explotación pesquera es mínima en comparación con áreas marinas sobre explotadas.

En el presente estudio se encontró que el 30, 5 y 6% del total de hembras capturadas corresponden al estadio

reproductivo III, IV, y V, respectivamente. La alta frecuencia de hembras en estadio III puede estar en razón de varios factores entre los cuales se encuentra el tiempo de incubación de huevos, tal como lo indican Senthil *et al.* (2005) para *Panulirus ornatus* (Fabricius, 1798), donde estimaron que el tiempo total de incubación de los huevos en este estadio es de 22 a 26 días, mientras que Sachlikidis *et al.* (2010) demuestran para la misma especie que el tiempo de incubación de los huevos está relacionado con la temperatura del agua, de tal manera que si se aumenta la temperatura disminuye el tiempo de incubación. En concordancia con esto, Arzola *et al.* (2007) encontraron para *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) y *P. gracilis* resultados similares a los presentes, con una alta frecuencia de estadio III, pero lo atribuyen a que los huevos permanecen en esta etapa de desarrollo por más tiempo en comparación con el estadio IV y V. Por su parte Lozano *et al.* (1991) y Bertelsen (2013), exponen en sus resultados que *Panulirus argus* (Latreille, 1804) realiza migraciones hacia zonas más profundas (> 15 m) para la incubación de huevos, razón por la cual las hembras en estadios IV y V no se encuentran en las zonas someras. Waddington *et al.* (2005) indican que las hembras en su primer estadio de incubación de huevos (estadio III) tienen mayor actividad locomotora que las hembras que han desovado recientemente, lo cual las hacen más propensas a ser capturadas en el momento que se encuentran en busca de alimento. Por lo expuesto, la alta abundancia de hembras ovígeras en estadio reproductivo III en Santa Rosa se debe posiblemente a la profundidad en la que fueron capturadas (7-12 m), el tiempo que toma el desarrollo de la masa de huevos en estadio III y eventualmente a la afinidad de las hembras ovígeras a sustratos mixtos (característicos de bajos rocosos) en busca de alimento que supla sus requerimientos nutricionales en estas etapas reproductivas (McKoy & Leachman 1982, Castillo *et al.* 2013).

En el presente estudio, el análisis de regresión entre la fecundidad y LC indican que estas variables se encuentran correlacionadas en un 82% y el modelo explica el 67% de esta relación, coincidiendo con lo reportado por Tapia & Castro (2000) para *Panulirus interruptus* (Randall, 1840) quienes afirman una correlación del 84,6% con un coeficiente de determinación de 71,6%. Estos coeficientes de determinación relativamente bajos para la fecundidad pueden estar en razón de la variabilidad de factores abióticos que influyen en los procesos reproductivos tales como la temperatura, el fotoperíodo y el gradiente latitudinal (Waddy & Aiken 1992), por tales

motivos es necesario considerar estos factores en el diseño de muestreo para futuros estudios de fecundidad de langostas espinosas.

Se determinó que una hembra de *P. gracilis* en estadio reproductivo III puede alojar en su abdomen un promedio de 382.095 ± 74.026 huevos en el rango de talla comprendido entre 80 a 85 mm LC. Resultados similares encontraron Velázquez *et al.* (2010) con la fecundidad promedio de 384.314 para *P. inflatus*, al igual que Vijayakumaran *et al.* (2012) que determinaron en el mismo rango de talla un número de 332.617 y 351.592 huevos para *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758) y *Panulirus versicolor* (Latreille, 1804), respectivamente. Estos resultados difieren con lo reportado por Domínguez (2003), quien describe para *P. gracilis* en el Pacífico mexicano una fecundidad superior con 598.607 (1992) y 618.342 (1995) huevos. Por su parte, otros autores registran una fecundidad inferior a *P. gracilis* (presente estudio) tales como Fonseca & Briones (1998) con 289.000 huevos para *P. argus* y Tapia & Castro (2000) quienes encontraron un promedio de 311.714 huevos para *P. interruptus*.

La variación en la producción de huevos se ve influenciada tanto a nivel intraespecífica (debido a la plasticidad en el crecimiento y la fecundidad), así como a nivel interespecífico (características determinadas genéticamente de reproducción, el tamaño del huevo, etc.), y consecuentemente la producción de huevos de una hembra durante todo su ciclo de vida generalmente es proporcional a las tasas de mortalidad a las que se encuentra sometida la especie hasta llegar a la etapa adulta (Pollock 1997).

Es evidente que las langostas del género *Panulirus* poseen una alta variabilidad en la producción de huevos por cada desove, esto puede explicarse por las preferencias de hábitats de cada especie y por lo tanto por características biológicas y ecológicas distintas. Incluso una misma especie puede presentar diferencias en la fecundidad, tal como lo indica Pineda *et al.* (1981) quienes encontraron para *P. interruptus* diferencias en el número de huevos producidos por cada hembra de acuerdo con el gradiente latitudinal, es decir, organismos que se encuentran distribuidos en zonas cercanas a la línea ecuatorial presentan mayor fecundidad que los organismos de la misma especie que se encuentran más alejados de la zona ecuatorial.

Otro factor que puede afectar la producción de huevos es el aumento de la variabilidad de las condiciones medioambientales y el aumento de las tasas de

depredación (Pollock 1995). En relación a esta hipótesis, Senthil *et al.* (2005) reportan para *P. ornatus* una fecundidad de 541.894 huevos obtenida en cautiverio, siendo mucho más baja que la media de 1.121.507 determinada en medio natural para la misma especie. Esto sugiere influencia de factores medio ambientales que no pueden ser reproducidos en cautiverio.

Según Kanciruk & Herrnkind (1976), el IPR permite determinar la clase de talla de las hembras ovígeras que contribuyen con la mayor cantidad de huevos a la población. En concordancia con esto, Bohnsack *et al.* (2000) mencionan que las poblaciones pesqueras deben tener un potencial reproductivo del 50% con un mínimo de 30% para mantenerse estables y sin riesgo de colapso. Por ende, si el potencial reproductivo es menor al 30% no habría el aporte suficiente de nuevos individuos a las poblaciones, ocasionando el inicio de un proceso de sobreexplotación del recurso.

Los resultados muestran que las hembras con tallas entre 80-100 mm LC aportan con el 82% de la producción total de huevos y representan el 68% de la población muestreada en Santa Rosa, lo cual revela claramente que se está explotando la porción de la población que sirve de soporte a toda la pesquería. Lyons *et al.* (1981) al respecto sostienen que la producción de huevos de *P. argus* en Florida Keys disminuyó en un 88% debido a la eliminación de las hembras grandes de la población, mientras que Pérez *et al.* (2002) encontraron que la captura de langostas que están por debajo de la talla legal ocasiona un desequilibrio en los procesos biológicos del stock tales como cambios en la talla de primera madurez sexual y la fecundidad media de la población. Beverton (1992) sostiene que una población con una pesquería sustentable debe tener la talla de captura sobre la talla de primera madurez sexual. Por su parte, Myers *et al.* (1999) menciona que las poblaciones cuyos individuos logran desovar por lo menos una vez antes de ser capturados tendrán una pesquería sustentable y la población no colapsará.

Por otra parte, los especímenes con tallas menores a 80 mm LC contribuyen con el 17,8% de la producción de huevos y constituyen el 31% del total de la captura. De acuerdo con los resultados de Castillo *et al.* (2013) provenientes de las capturas comerciales, estos especímenes se encuentran por debajo de la talla media de madurez sexual (83 mm LC), y por lo tanto esta parte de la población aún se encuentra prioritariamente en el proceso de crecimiento y no de constante reproducción.

Los resultados que se obtienen utilizando la ecuación propuesta por Kanciruk & Herrnkind (1976), pueden subestimar la producción real de huevos de una población de langostas, debido a que esta ecuación es dependiente del número de especímenes de hembras ovígeras por clase de talla influyendo en los resultados obtenidos. Por consiguiente, dependiendo de la naturaleza de los datos y del tipo de muestreo (buceo, redes, trampas, profundidades), la frecuencia de tallas y el número hembras ovígeras puede variar considerablemente, tal como lo demuestra Figueroa & Mero (2013), quienes determinan diferencias en la estructura de tallas y frecuencia de hembras ovígeras y no ovígeras de acuerdo al arte de captura utilizado, por ende ocasionando que el potencial reproductivo de una población pueda ser sub o sobre estimado. Por tales motivos es importante organizar una estructura de muestreo que permita obtener información representativa de la población para futuros estudios.

Factores adicionales que pueden influir en el potencial reproductivo son los sugeridos por Montgomery (1995) y Padilla & Briones (1997) quienes sostienen que la localidad de pesca y/o patrón de movimiento de las langostas a lo largo de la costa podrían influir en la composición de tallas de la captura. En el presente estudio los datos se obtuvieron por medio del monitoreo de desembarques pesqueros de un arte de pesca no selectivo (captura con redes), por lo tanto, los resultados de potencial reproductivo son cercanos a la realidad del recurso, ya que los datos obtenidos no se encuentran sesgados a un rango de tallas específico.

Finalmente, Yi *et al.* (2007) concluyen que el análisis del potencial reproductivo nos proporciona información crítica, necesaria para el establecimiento de una regulación de tamaño máximo de captura. Sin embargo, una mejor comprensión de la dinámica de poblaciones requiere también el entendimiento de los procesos claves del ciclo de vida, tales como crecimiento, mortalidad, y el mecanismo de dispersión de las larvas (Csirke 1980, Negrete *et al.* 2002).

Tomando como base que la talla media de madurez sexual de *P. gracilis* se estimó en 83 mm LC (Castillo *et al.* 2013) y considerando que la talla óptima de captura debe ser mayor a la talla media de madurez sexual (Froese 2004), podemos sugerir de acuerdo a nuestros resultados la imposición de una talla máxima de captura de los especímenes mayores a 90 mm LC (228 mm LT) ya que estos pueden aportar con el 38% de la producción total

de huevos, adoptando la estrategia de proteger a los mega reproductores propuesta por Froese (2004), contribuyendo de esta manera a la sostenibilidad de la pesquería de la langosta en Santa Rosa, Manabí, Ecuador. Sin embargo, es necesario complementar los resultados del presente estudio de potencial reproductivo en *P. gracilis* con estudios de histología gonadal en toda la costa continental de Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

A Cristiano De Matos, Georgina Gluyas y Dayanara Macías Mayorga por la revisión y sugerencias hechas al manuscrito. A la Unidad de Sistemas de Información Geográfica (UNISIG-ULEAM). A los estudiantes pasantes y auxiliares de investigación del Programa Langosta por su colaboración. Este estudio fue financiado por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

LITERATURA CITADA

- Arzola J, L Flores, M Ortiz & Y Gutiérrez. 2007.** Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Crustacea: Decapoda) en el sur de Sinaloa, México. *Ciencia y Mar* 11(31): 15-22.
- Bertelsen D. 2013.** Characterizing daily movements, nomadic movements, and reproductive migrations of *Panulirus argus* around the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, USA) using acoustic telemetry. *Fisheries Research* 144: 91-102.
- Beverton R. 1992.** Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. *Journal of Fish Biology* 41: 137-160.
- Bohnsack J, B Causey, M Crosby, R Griffis, M Hixon, T Hourigan, K Koltes, J Maragoss, A Simons & J Tilmant. 2000.** A rationale for minimum 20-30% no-take protection. In: *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*, Bali, pp. 23-27.
- Briones P & E Lozano. 2003.** Factors affecting growth of the spiny lobsters *Panulirus gracilis* and *Panulirus inflatus* (Decapoda: Palinuridae) in Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical* 51: 165-174.
- Briones P, E Lozano, A Martínez & A Cortés. 1981.** Aspectos generales de la biología y pesca de la langosta en Zihuatanejo, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología* 8(1): 1-314.
- Cadima E. 2003.** Manual de evaluación de recursos pesqueros. *FAO Documento Técnico de Pesca* 393: 1-162.
- Castillo R, J Figueroa, D Mero & C Erazo. 2013.** Langosta verde *Panulirus gracilis*. Avances en estudios biológicos y ecológicos para la construcción de estrategias de conservación y manejo. *Hippocampus Revista Científica, Colección Recursos Marinos* 2: 1-47.
- Castrejón M. 2012.** Evaluación de la cadena de valor de la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus penicillatus* y *P. gracilis*) en la reserva marina de Galápagos. En: Ramírez J, M Castrejón & MV Toral-Granda (eds). *Mejorando la pesquería de la langosta espinosa en la Reserva Marina de Galápagos*, pp. 150-156. WWF Galápagos, Quito.
- Correa J, M Herrera, G Villanueva & J Campos. 1994.** Informe sobre el recurso langosta en la región insular y continental del Ecuador, 7 pp. Instituto Nacional de Pesca. Departamento de Ecología Marina, Quito.
- Cox C & J Hunt. 2005.** Change in size and abundance of Caribbean spiny lobsters *Panulirus argus* in a marine reserve in the Florida Keys National Marine Sanctuary, USA. *Marine Ecology Progress Series* 294: 227-239.
- Csirke J. 1980.** Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. *FAO Documento Técnico de Pesca* 192: 1-82.
- Cun M & J Campos. 1993.** Estudio de las capturas comerciales de *Panulirus gracilis* (Langosta verde) del noreste del golfo de Guayaquil (1970-1979). *Boletín Científico Técnico Instituto Nacional de Pesca Ecuador* 12: 1-19.
- Delhaye L & C Ormaza. 2006.** Aspectos biométricos de las capturas de langosta espinosa *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) en las costas de Jaramijó, Manabí, Ecuador. Tesis de Licenciatura, Facultad Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, 76 pp.
- De Martini E, M Ellis & V Honda. 1993.** Comparisons of spiny lobsters *Panulirus marginatus* fecundity, egg, size, and spawning frequency before and after exploitation. *Fishery Bulletin* 91: 1-7.
- De Martini E, G Di Nardo & H William. 2003.** Temporal changes in population density, fecundity, and egg size of the Hawaiian spiny lobsters (*Panulirus marginatus*) at Necker Bank Northwestern Hawaiian Island. *Fishery Bulletin* 101: 22-31.
- Domínguez J. 2003.** Fecundidad de la langosta espinosa *Panulirus inflatus* (Bouvier) en el litoral de Nayarit. Tesis de Licenciatura, Facultad Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, 68 pp.
- Figueroa J & D Mero. 2013.** Talla de captura y reproducción de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa de Manabí, Ecuador. *Revista de Biología Tropical* 61(3): 1189-1199.
- Figueroa J, R Castillo, D Mero & C Erazo. 2013.** Langosta verde *Panulirus gracilis*. Un recurso que debemos investigar para preservar. *Hippocampus Revista Científica, Colección Recursos Marinos* 1: 1-27.
- Fonseca M & P Briones. 1998.** Fecundity of the spiny lobster *Panulirus argus* (latreille, 1804) in the caribbean coast of Mexico. *Bulletin of Marine Science* 63(1): 21-32.
- Froese R. 2004.** Keep it simple: three indicators to deal with overshing. *Fish and Fisheries* 5: 86-91.

- García H. 2004.** Índice de potencial reproductivo de la langosta *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa centro-sur de Nayarit. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, 45 pp.
- Gracia A. 1985.** Variación estacional en la fecundidad de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier 1895) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *Ciencias Marinas* 11: 7-27.
- Green B, C Gardner & R Kennedy. 2009.** Generalised linear modelling of fecundity at length in southern rock lobsters, *Jasus edwardsii*. *Marine Biology* 156: 1941-1947.
- Guzmán H, R Cipriani, A Vega, M López & J Meir. 2008.** Population assessment of the pacific green spiny lobster (*Panulirus gracilis*) in the pacific of Panama. *Journal of Shellfish Research* 43: 14-23.
- Kanciruk P & F Herrnkind. 1976.** Autumnal reproduction in *Panulirus argus* at Bimini, Bahamas. *Bulletin of Marine Science* 26(4): 417-432.
- Lozano E, P Briones & B Phillips. 1991.** Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascension, Mexico. *Fishery Bulletin* 89: 79-89.
- Lyons W, D Barber, S Foster, F Kennedy & G Milano. 1981.** The spiny lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction. *Florida Marine Research Publications* 38: 1-38.
- McKoy J & A Leachman. 1982.** Aggregations of ovigerous female rock lobsters, *Jasus edwardsii* (Decapoda: Palinuridae). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 16(2): 141-146.
- Montgomery S. 1995.** Patterns in landings and size composition of *Jasus verreauxi* (H. Milne Edwards, 1851) (Decapoda, Palinuridae), in waters off New South Wales, Australia. *Crustaceana* 68(2): 257-266.
- Myers R, K Bowen & N Barrowman. 1999.** Maximum reproductive rate of fish at low population sizes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 2404-2419.
- Naranjo H. 2012.** Patrón reproductivo y talla media de madurez sexual de hembras de la langosta *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 60(4): 1783-1793.
- Negrete F, E Lozano & P Briones. 2002.** Population dynamics of the spiny lobster *Panulirus gattatus* (Latreille) in a coral reef on the Mexican Caribbean. *Journal of Shellfish Research* 21(1): 279-288.
- Padilla S & P Briones. 1997.** Biological characteristics of the spiny lobsters (*Panulirus spp.*) from the commercial catch in Puerto Morelos, Quintana Roo, Mexico. *Ciencias Marinas* 23(2): 175-193.
- Pérez R. 2011.** Catch composition of the spiny lobster *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) off the western coast of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39(2): 225-235.
- Pérez R, I Muñoz, L Valdez & M Borrego. 2002.** The current status of the fishery for spiny lobsters *Panulirus inflatus* and *P. gracilis* (Decapoda: Palinuridae) along the Mexican Pacific coast. In: Hendrickx ME (ed). *Contributions to the study of east Pacific crustaceans*, Vol. 1: 327-347. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pineda J, A Díaz de León & F Uribe. 1981.** Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1940) en Baja California. *Ciencia Pesquera*, Instituto Nacional de Pesca, México 1(1): 99-118.
- Pollock D. 1995.** The evolution of life history patterns in three genera of spiny lobsters. *Bulletin of Marine Science* 57: 516-526.
- Pollock D. 1997.** Egg production and life-history strategies in some clawed and spiny lobster populations. *Bulletin of Marine Science* 61: 97-109.
- Ramírez J, M Castrejón & M Toral. 2012.** Mejorando la pesquería de la langosta espinosa de la Reserva Marina de Galápagos, 267 pp. WWF Galápagos, Quito.
- Sachlikidis N, C Jones & J Seymour. 2010.** The effect of temperature on the incubation of eggs of the tropical rock lobster *Panulirus ornatus*. *Aquaculture* 305: 79-83.
- Seijo J, O Defeo & S Salas. 1997.** Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca 368: 1-176.
- Senthil T, M Remany, T Leema, J Kumar, J Santhanakumar, M Vijayakumaran, R Venkatesan & M Ravindran. 2005.** Growth, repetitive breeding, and aquaculture potential of the spiny lobster, *Panulirus ornatus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39(2): 311-315.
- Tapia O & J Castro. 2000.** Fecundidad y anatomía microscópica del ovario de la langosta roja *Panulirus interruptus* de Punta Eugenia, BCS., México. *Ciencia Pesquera* 14: 63-66.
- Velázquez J, M Villalejo & A Tripp. 2010.** Fecundidad y proporción de sexos de *Panulirus inflatus* en la costa occidental del Golfo de California, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(1): 71-76.
- Vijayakumaran M, A Maharajan, S Rajalakshmi, P Jayagopal, M Subramanian & M Remani. 2012.** Fecundity and viability of eggs in wild breeders of spiny lobsters, *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758), *Panulirus versicolor* (Latreille, 1804) and *Panulirus ornatus* (Fabricius, 1798). *Journal of the Marine Biological Association of India* 54(2): 18-22.
- Villón C, I Cedeño, J Correa & M Peralta. 2000.** Situación actual del recurso langosta (*Panulirus gracilis*) en la costa continental ecuatoriana: Opciones de manejo para la pesquería, 12 pp. Instituto Nacional de Pesca, Quito.

Waddington K, R Melville, D Walker & B Knott. 2005. Effect of reproductive state and sex on movement and food consumption of western rock lobster (*Panulirus cygnus*) in a tank environment. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39(2): 365-372.

Waddy S & D Aiken. 1992. Seasonal variation in spawning by preovigerous American lobster, *Homarus americanus*, in response to temperature and photoperiod condition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1114-1117.

Yi C, S Chi, Y Chen, Y Su & C Wei. 2007. Reproductive biology of the spiny lobster, *Panulirus Penicillatus*, in the southeastern coastal waters off Taiwan. *Marine Biology* 151: 553-564.

Recibido el 2 de julio 2014 y aceptado el 2 de enero de 2015

Editor: Claudia Bustos D.