

Caracterización del Hábitat de Juveniles de Langosta *Panulirus argus* en la Costa Central (Dzilam de Bravo) del Estado de Yucatán, México

GLORIA VERÓNICA RÍOS LARA^{1*}, CARLOS E. ZETINA MOGUEL², ISABEL SANCHEZ MOLINA³, J. IRENE PENICHE AYORA⁴, ROGER MEDINA GONZÁLEZ³, JUAN CARLOS ESPINOZA MÉNDEZ¹, y RIGOBERTO MORENO MENDOZA³

¹Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de Pesca. A.P. 73. Progreso, Yuc. México. C. P. 97320. * g_veronicar@yahoo.com. ²Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Av. Industrias no Contaminantes por Periférico Norte. A.P. 150. Cordemex Mérida, Yucatán. México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Biología Marina. Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida- Xmatkuil Km 15.5 A.P. 4-116 Itzinná Mérida, Yucatán. México. ⁴Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán. Anillo Periférico Norte Tablaje Cat.13615. Col Chuburná Hidalgo Inn Mérida, Yucatán. México.

RESUMEN

Se caracterizó el hábitat de langosta *P. argus* en su etapa juvenil tardía. Se realizaron cuatro campañas de muestreo (abril-junio de 2010); se situaron 99 estaciones en sitios con probabilidad de encuentro de langosta identificados por buzos-pescadores y se hicieron video-transectos. Se definieron tipos de fondo, se estimó la densidad media de langosta y en ambos casos se hicieron interpolaciones (kriging). Se registraron y analizaron datos de las condiciones del mar (temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento y altura y dirección de las olas) y parámetros físico-químicos de la columna de agua (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto). Se identificaron especies de algas, pastos, invertebrados y peces asociados al hábitat de langosta; se estimaron coberturas de sustrato y de organismos bentónicos con base en 16 grupos identificados. Se estimaron índices de diversidad de la estructura del fondo y de la estructura biológica. En el 51% de las estaciones se encontraron langostas; en el 66% de éstas se encontraron de uno a diez organismos, en el 20% entre once y veinte y las observaciones de más de 20 langostas en un refugio fueron escasas. La densidad de langosta estimada para los diferentes tipos de fondo fueron de entre 0 y 473 langostas/ha. Los índices de diversidad de estructura del fondo 0.974 (este) y 0.761 (oeste) y biológico 0.801 (este) y 0.612 (oeste) fueron estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$). El área de estudio presenta un gradiente de tipos de fondo y estructuras tanto físicas como bióticas hacia el Este, en donde los índices de diversidad son mayores y en donde se ubican las mayores densidades de langosta. Los sitios con altas densidades de langosta son reducidos.

PALABRAS CLAVE: Hábitat, langosta, *Panulirus argus*, Yucatán

Characterization of the Habitat of Juvenile Lobster *Panulirus argus* in the Central Coast (Bravo Dzilam) from Yucatan State, Mexico

Habitat of lobster *P. argus* in late juvenile stage was characterized. Four sampling campaigns (April-June 2010) were made, 99 stations were located in places likely to find lobster identified by divers and video-transects were realized. Bottom types were identified and the lobster mean density was estimated, in both cases were interpolations (kriging). Data of ocean conditions (temperature, speed and direction of wind and height and direction of wave) and physicochemical parameters of water column (temperature, salinity, pH and dissolved oxygen) were recorded and analyzed. Species of algae, grasses, invertebrates and fishes associated with the habitat lobster were identified, coverage of substrates and benthic organisms were estimated based on 16 groups identified. Diversity index of the bottom structure and biological were estimated. Lobster were found in 51% of the stations, in 66% of these found from one to ten individuals, in 20% between eleven and twenty individuals and shelters with more than 20 lobsters were scarce. Lobster densities estimated for different types of bottom were of between 0 and 473 lobsters / ha. Diversity index in the area were: For bottom structure of 0.974 (East) and 0.761 (West) and for biological structure 0.801 (East) and 0.612 (West); both cases were statistically different ($\alpha = 0.05$). Study area has a gradient of bottom types and both physical and biotic structures to the east, where diversity index are higher and where are located highest densities of lobsters. Sites with high densities of lobster are reduced.

KEY WORDS: Habitat, lobster, *Panulirus argus*, Yucatan

Caractérisation de l'habitat de la langouste *Panulirus argus* juvéniles la côte centrale (Dzilam de Bravo) l'état du Yucatan, au Mexique

Nous avons caractérisé l'habitat de la langouste *P. argus* en fin de stade juvénile. Il ya eu quatre campagnes d'échantillonnage (Avril-Juin 2010), 99 stations étaient situées dans des endroits susceptibles de trouver la langouste identifié par des plongeurs - pêcheurs et ont été fait des vidéo - transects. Ils ont été définis des différents types des fonds, on a estimé la densité moyenne des langoustes et dans les deux cas ont été interpolations (kriging). Ont été enregistrées et ont analysé les données sur les conditions océaniques (température, vitesse et direction du vent et de la hauteur et la direction des vagues) et les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (température, salinité, pH et l'oxygène dissous). Nous avons identifié des espèces d'algues, les herbes, les invertébrés et les poissons associées à l'habitat de la langouste ; ont a estimée la couverture des substrats et les organismes

bentícos basé sur 16 groupes identifiés et estimés indices de structure du fond et biologiques. Dans 51% des stations ont été trouvés des langoustes ; dans 66% des cases ont été trouvés de un à dix organismes, dans le 20% entre onze et vingt observations de plus de 20 langoustes dans un abri ont été rares. Les densités de langouste estimés pour différents types de fonds ont été entre 0 et 473 langoustes/ha. Les indices de diversité dans le domaine ont été statistiquement différents ($\alpha = 0.05$) : la structure du fonds de 0.974 (Est) et 0.761 (Ouest) et 0.801 biologiques (Est) et 0.612 (Ouest). La zone d'étude a un gradient de types de fond de structures aussi physiques que biotiques à l'Est, où les indices de la diversité sont plus élevés et où se trouvent les plus fortes densités de langoustes. Les sites avec de fortes densités de langoustes sont réduits.

MOTS CLÉS: Habitat, langouste, *Panulirus argus*, Yucatán

INTRODUCCIÓN

En el estado de Yucatán la pesquería de langosta *Panulirus argus* se lleva a cabo a través de permisos o concesiones otorgados a grupos de pescadores. En la pesquería participan dos flotas: 1) la flota menor o costera de alrededor de 320 embarcaciones menores de aproximadamente 8 m de eslora, motor fuera de borda de 55 a 75 hp, equipadas con GPS, con 2 a 3 pescadores a bordo y hacen viajes de pesca de un día; como técnica de captura se utiliza el buceo libre o semi-autónomo con compresor (hookah) y se utiliza un gancho como arte de pesca. 2) Alrededor de 30 embarcaciones de mediana altura de entre 12 y 18 m de eslora y motor estacionario: a) operan como nodrizas de alrededor de 6 pequeñas embarcaciones (alijos), llevan de 10 a 12 pescadores a bordo, la captura se realiza por buceo libre o semi-autónomo con compresor, se utiliza un gancho como arte de pesca y los viajes de pesca son de 13 días promedio y b) sin alijos, llevan a bordo 4 pescadores, usan de 100 a 150 trampas como arte de pesca y los viajes son de 11 días promedio. Los campos pesqueros están delimitados para su explotación por zonas, las cuales difieren en tamaño, en capacidad portadora o disponibilidad del recurso y en niveles de aprovechamiento pesquero; la producción media de langosta proveniente de estas zonas de explotación en los últimos años (1999 - 2008) fue de aproximadamente 520 t de langosta viva, equivalentes a 173 t de cola. Para administrar esta pesquería se han hecho evaluaciones de la población utilizando diferentes modelos (Zetina y Ríos 1998, Ríos y Salas 2009, Ríos-Lara 2009); se considerada aprovechada al máximo permisible y se recomienda no aumentar el esfuerzo pesquero en ninguna de las áreas de captura de la Plataforma de Yucatán (CNP: DOF, 25/08/2006). Sin embargo, los estudios ecológicos han sido escasamente abordados

En los últimos años se ha reconocido la importancia de incorporar información del ecosistema en la administración pesquera, tal como las interacciones inter-específicas y el ambiente físico (Botsford et al. 1997); el conocimiento de los patrones de distribución espacial y abundancia de los organismos (Orensanz y Jamieson 1998, Cochrane et al. 2004, Ehrhardt 2005) y la estructura espacial del hábitat (Cobb y Wahle 1994, Polovina et al. 1993, Acosta 1999, Butler et al. 2006) y en el caso de la langosta, su distribución y abundancia son consideradas altamente dependientes de la disponibilidad del hábitat (Herrera e Ibarzábal, 1995, Salas et al. 1996, Arce et al. 1997, Davidson et al. 2002, Childress y Jury 2006).

En este trabajo se caracteriza el hábitat bentónico

preferido por la langosta *P. argus* en su etapa juvenil, en la zona centro (Dzilam de Bravo) de la costa de Yucatán, a través de la detección de langosta en los hábitat, calculando la probabilidad de encuentro, estimando la densidad media y haciendo interpolaciones tanto de langosta como de los tipos de fondo en la zona de estudio, haciendo mediciones de parámetros físico-químicos, identificando organismos presentes en los hábitat y haciendo estimaciones de los índices de diversidad de la estructura del fondo marino y de la diversidad biológica, que puedan explicar la presencia y la diferencia en densidad de langosta observada.

MÉTODO

El área de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas 21° 36'00'' LN, 88°16'00'' LO; 21°36'00'' LN, 88°35'00'' LO; 21°22'00'' LN, 89° 16'00'' LO; 21° 31'00'' LN, 88°35'00'' LO, dentro de la zona de

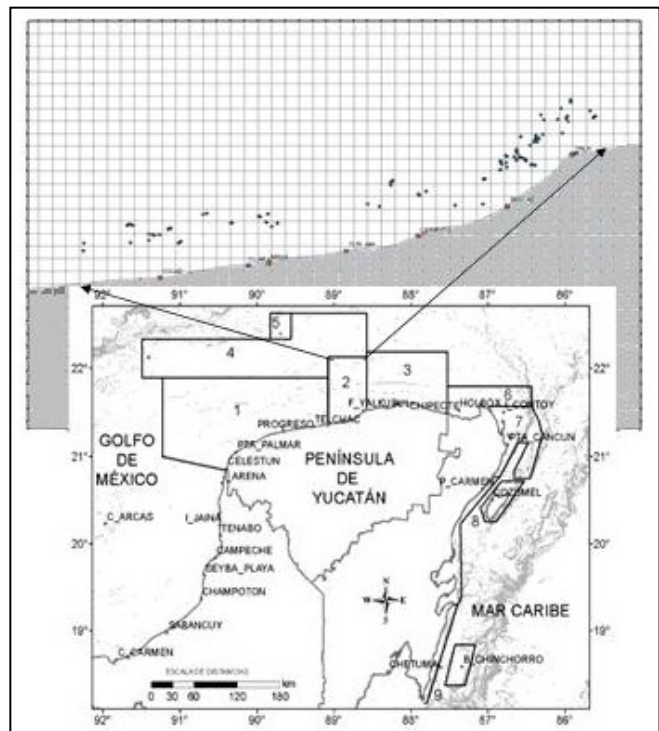


Figura 1. Zona central de la costa de Yucatán. Los puntos corresponden a las estaciones de muestreo realizado para estudiar el hábitat en donde habitan las langostas *Panulirus argus* juveniles.

pesca de la comunidad de pescadores de Dzilam Bravo a donde ocurren también otros grupos de pescadores provenientes de Santa Clara, San Crisanto, Chabihau y Telchac, Yucatán (Figura 1).

Entre abril y junio de 2010, se hicieron cuatro campañas de buceo directo, entre 1.8 y 8 m de profundidad. En la campaña uno (13 al 15 de abril) se hicieron 12 estaciones, en la campaña dos (27 al 30 de abril) 28, en la tres (22 al 26 de mayo) 30 y en la cuatro (18 al 21 de junio) 29, sumando un total de 99; el número de estaciones en cada campaña dependió de las condiciones del tiempo. Los sitios de prospección fueron determinados con base en el conocimiento de un buzo pescador experimentado en la captura de langosta (más de 20 años capturando langosta en esta zona de estudio).

El trabajo del buzo pescador consistió en localizar el hábitat y revisar si había langosta; contaba las langostas observadas y marcaba el sitio. En el sitio marcado se realizaba un video-transecto de 30 m de largo, siendo el punto central el refugio en donde se encontraba la langosta. En cada estación se registraron: la posición geográfica (utilizando GPS), el número de langostas observadas, el tamaño aproximado de las langostas observadas y el tipo de fondo observado, comparando este último con la clasificación de tipos de fondo reportada para la zona costera de Yucatán por Ríos-Lara et al. 1995 y Ríos-Lara (2009). A cada tipo de fondo se le dio un número identificador del uno al diez y usando éstos números identificadores de todas las estaciones de muestreo y sus coordenadas UTM, se hizo una interpolación con kriging para esta variable, utilizando GS+.

Se obtuvieron datos de las condiciones ambientales para los días en que se llevaron a cabo las prospecciones; por otra parte se midieron para cada sitio, la profundidad y algunos parámetros físico-químicos del agua (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) utilizando un Hydrolab, computadoras de buceo y sonda. Para el análisis de información ambiental se utilizaron análisis de varianza simple y prueba de contraste de Kruskal-Wallis.

Se obtuvieron muestras de algas y pastos y fueron identificados, dando origen a un listado de especies; también se identificaron las especies de corales blandos y duros y se registraron los tipos de sustrato observados y las especies de peces y de algunos invertebrados (cangrejos, estrellas y pepinos de mar), observados (Humann 1992, 1993, 1994).

De cada video-transecto, se obtuvieron 24 muestras (imágenes), las cuales fueron espaciadas en lapsos iguales, calculados a partir del tiempo de duración de cada video-transecto, el cual tuvo variación dependiente del estado del tiempo. Para estimar la cobertura de cada video-transecto, se elaboró una matriz de datos, con los grupos de algas y otros sustratos en las filas (16) y las muestras en las columnas (24). El porcentaje de cobertura de cada grupo o sustrato (C) para cada video-transecto se calculó como (1):

$$C = (Np / Nt) * 100 \quad (1)$$

Donde Np es la suma de círculos observados en todas las muestras de un video-transecto, correspondientes a cada grupo o sustrato y Nt es el número total de círculos observados en un transecto (24 muestras*13 puntos = 312) (WWF 2006).

Diversidad de la Estructura del Hábitat

Se obtuvieron los índices de diversidad de la estructura del fondo y de diversidad biológica a través del estimador (2). En ambos casos se compararon los índices obtenidos a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (Zar 1996, WWF 2006).

$$H' = -\sum_{i=1}^S (pi)(\log pi)$$

$$pi = fi / n \quad (2)$$

Donde fi es el número de observaciones en la categoría i , n el tamaño de muestra y S el número de categorías o especies

La prueba de t para H' es:

$$t = \frac{H_1 - H_2}{S_{H_1-H_2}}$$

$$\text{Donde } S_H^2 = \frac{\sum fi * \log^2 fi - \left[\frac{(\sum fi * \log fi)^2}{n} \right]}{n^2}$$

$$S_{H_1-H_2} = \sqrt{S_{H_1}^2 + S_{H_2}^2} \quad (3)$$

$$\text{y los grados de libertad } v = \frac{(S_{H_1}^2 + S_{H_2}^2)^2}{\frac{(S_{H_1}^2)}{n_1} + \frac{(S_{H_2}^2)}{n_2}}$$

(4)

Estimación de Densidad de Langosta

La densidad de langosta para cada transecto se estimó a través del estimador (5).

$$\hat{D}_i = \frac{n_i}{a_i} \quad (5)$$

Donde es \hat{D}_i igual a la densidad en el área de muestreo i ,

n_i es el número de organismos observados en la i ésima área muestreada y a_i el área recorrida (m^2) por el buzo.

El área recorrida a_i , se calculo multiplicando la longitud del transecto (30 m) por la visibilidad calculada a cada lado del buzo. Se estimó la densidad media por tipo de fondo a través de la ecuación (6).

$$\bar{D} / \text{tipofondo} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{D}_{i/\text{tipofondo}}}{n\hat{D}_{i/\text{tipofondo}}} \quad (6)$$

Donde \hat{D}_i es la densidad media por tipo de

fondo, y $n\hat{D}_{i/\text{tipofondo}}$ es la densidad estimada para cada área de muestreo de un mismo tipo de fondo y es el número de densidad promedio para un tipo de fondo. (Seber 1982, Krebs 1989).

Se hicieron interpolaciones para las densidades de langosta utilizando kriging de bloques (Surfer). La malla se presenta en UTM (Q16) y la cuadrícula interior es de 2 500 m por lado.

RESULTADOS

Se revisaron 99 sitios probables de encuentro de langosta. El encuentro de langosta ocurrió en el 51% de los sitios. El número de langostas observadas en cada encuentro fue variable (de uno a doscientos organismos), sin embargo se observó que en el 66% de los refugios en donde hubo langosta, se encontraron entre uno y diez organismos, en el 20% entre once y veinte organismos y las observaciones de refugios con más de 20 organismos fueron raros.

Análisis de las Variables Ambientales

Las campañas se hicieron bajo condiciones ambientales variables que pudieron tener efecto sobre el número de estaciones realizadas, en las observaciones visuales de los organismos y en el registro de datos tomados a través de los instrumentos de medición. Tomando como criterio el comportamiento de las variables en la columna de agua (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto), se compararon valores medios de superficie (< 3 m de profundidad) y fondo (> 3 m de profundidad), entre campañas de muestreo.

La temperatura media superficial resultó significativamente diferente (nivel de confianza del 95%) entre la campaña uno realizada entre el 13 y el 15 de abril (25.9°C) y la campaña cuatro realizada del 18 al 21 de junio (24.41 ± 0.20°C); en las campañas dos (27 al 30 de abril) y la tres (22 al 26 de mayo) fue igual a 26.75 ± 0.04). Para comparar la temperatura media de fondo se usó la prueba de contraste de Kruskal-Wallis, debido a que entre los niveles de comparación se encontró diferencia entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Las medianas de las campañas dos y tres fueron iguales (27°C); entre éstas y las campañas uno (26.3°C) y cuatro (22.8°C) hubo

diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%. La temperatura presentó una estratificación marcada en la campaña cuatro (junio) que no aparece en las campañas anteriores.

La salinidad, el pH y el oxígeno disuelto se compararon con ANOVA. Para determinar las medias que fueron significativamente diferentes entre sí, se usó el método de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), a un nivel de confianza del 95%.

La salinidad media en la superficie y fondo fueron diferentes. La salinidad en la superficie fue igual en la campaña dos y cuatro (35.73 ± 0.03) y diferente entre estas y la campaña uno (37.18 ± 0.01) y tres (35.90 ± 0.002); también entre las campañas uno y tres fue diferente. La salinidad media en el fondo fue igual en las campañas tres y cuatro (35.89 ± 0.01) y diferente entre estas y las campañas uno (37.01 ± 0.04) y dos (36.08 ± 0.04); también entre las campañas uno y dos fue diferente ($\alpha < 0.05$). En esta variable es notable la poca variabilidad vertical en la campaña tres y la estratificación en campaña cuatro.

El valor medio del pH fue estadísticamente igual entre la superficie y el fondo y entre campañas, a excepción de la campaña uno. El valor medio del pH en la campaña uno fue de 8.29 ± 0.01 y en las campañas dos, tres y cuatro de 8.42 ± 0.01; son notables las variaciones en la distribución vertical del pH y una estratificación marcada en la campaña cuatro.

El oxígeno disuelto medio (mg/L) fue igual en las campañas uno a tres (6.02 ± 0.04) y diferente en la cuatro (8.16 ± 0.16). Las mayores concentraciones y la mayor variabilidad de oxígeno disuelto en el agua se presentaron durante la campaña cuatro, lo cual puede estar relacionado con tasas fotosintéticas altas.

Las mediciones de la velocidad y dirección del viento y la altura y dirección de la ola reportadas para la zona, de los días en que se llevaron a cabo los muestreos se presenta en la Figura 2.

Estructura del Fondo

Los tipos de fondo observados fueron clasificados por el buzo-pescador y comparados con la clasificación reportada en la literatura para la zona costera de la plataforma yucateca (Ríos-Lara *et al.* 1995, Ríos-Lara 2009). La probabilidad de encuentro de langosta según el tipo de fondo fue mayor en el tipo "Laja y blanquizar" y "Laja y pastizal" (Figura 3); todos los sitios en donde se encontró langosta están relacionados con la presencia de refugio rocoso. La interpolación (kriging) de los tipos de fondo muestra que aquellos en donde la probabilidad de encuentro de langosta es mayor, son reducidos y se ubican hacia el este de la zona de estudio.

Densidad de Langosta

En términos del número de langostas observadas, los fondos con presencia de "Laja" parecen ser los más propicios para albergar langosta, ya que es en donde hay

mayor concentración de organismos. La densidad de langosta media estimada fue de entre 0 y 473 langosta/ha (Tabla 1). Los contornos de densidad de langosta que se obtuvieron por interpolación (kriging), muestran que las mayores densidades se ubican al este de la zona de estudio, coincidiendo con los contornos de los fondos más propicios para las langostas (Figura 4).

Organismos Presentes en los Hábitats de Langosta

Las especies de algas y pastos frecuentes en el hábitat de langosta (Tabla 2); éstas especies forman parte de los grupos de algas y pastos utilizados para estimar las coberturas e índices de diversidad. Por otra parte se hizo un listado de especies de peces óseos, tiburones y rayas que aparecieron en las diferentes estaciones (Tabla 3); se registraron 29 especies de peces óseos, una de tiburón y una de raya, algunas de las cuales son de importancia comercial y forman parte importante de la captura en la pesquería de langosta como *Epinephelus morio* (mero), *Lachnolaimus maximus* (boquinete), *Mycteroperca interstitialis* (abadejo) y *Mycteroperca bonaci* (negrillo).

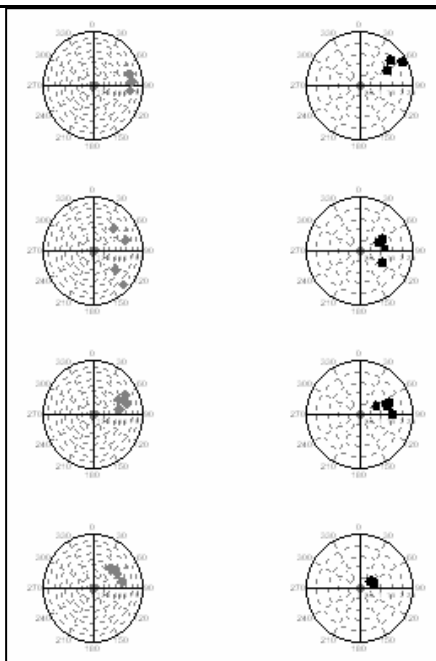


Figura 2. Columna izquierda: velocidad del viento (promedio) y su dirección de incidencia. Columna derecha: altura de la ola promedio (distancia del centro al punto) y su dirección de incidencia.

Tabla 1. Tipos de fondo identificados en la franja costera central de Yucatán (Dzilam Bravo) entre 1.8 y 8 m de profundidad, número de langostas promedio y densidad media para cada tipo de fondo.

Tipo de fondo	Características	No. langostas promedio/tipo de fondo	EE	Densidad media (No. langostas/Ha)
1 Blanquizal	Fondo suave conformado principalmente por arena con parches de vegetación dispersos.	0		0
2 Chochol	Complejo de rocas semiplanas de diferente tamaño y forma, rodeadas de pastos y algas.	4	2	70
3 Cordillera	Presencia de rocas que se elevan del lecho marino y presentan gran cantidad de cuevas de diferente tamaño, presencia de vegetación baja	4	2	63
4 Cueva en blanquizal	Rocas aisladas en zona arenosa	4	2	172
5 Laja	Roca plana y alargada de diferente tamaño	5	2	148
6 Laja y blanquizal	Roca plana y alargada de diferente tamaño en fondo suave conformado principalmente por arena con parches de vegetación dispersos.	25	18	307
7 Laja y Pastizal	Roca plana y alargada de diferente tamaño y zonas de pastos (<i>Thalassia</i> y <i>Syringodium</i>). Manchones de pastos compuestos por <i>Thalassia</i> , <i>Syringodium</i> , (dzil grueso), <i>Halodule</i> (dzil delgado) y algas verdes y rojas; rocas planas y alargada de diferente tamaño y zonas de fondo suave compuesto principalmente por arena.	17	6	473
8 Pastizal-Laja-Arena	Manchones de vegetación marina compuestos por <i>Thalassia</i> , <i>Syringodium</i> (dzil grueso), <i>Halodule</i> (Dzil delgado), algas verdes (<i>Udotea</i> y <i>Halimeda</i>).	3	1	92
9 Pastizal	Manchones de vegetación marina compuestos por <i>Thalassia</i> , <i>Syringodium</i> (dzil grueso), <i>Halodule</i> (Dzil delgado), algas verdes (<i>Udotea</i> y <i>Halimeda</i>) y esponjas o corales en forma de bola de tamaño variable (múcaros)	0		0
10 Pastizal y múcaros		0		0

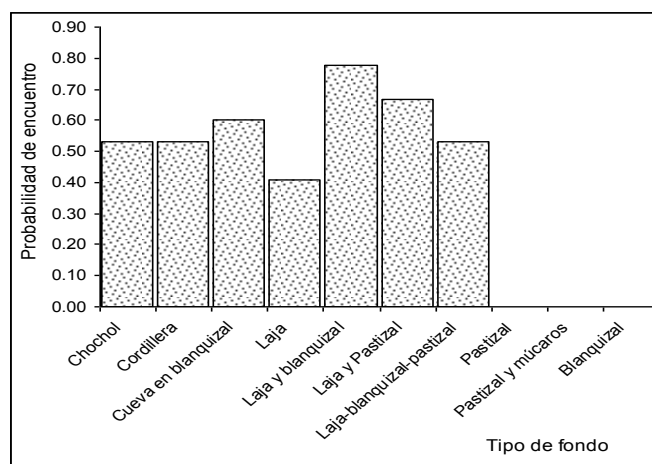


Figura 3. Fondos observados en la zona costera frente a Dzilam de Bravo, Yucatán y probabilidad de encuentro de langosta en cada tipo.

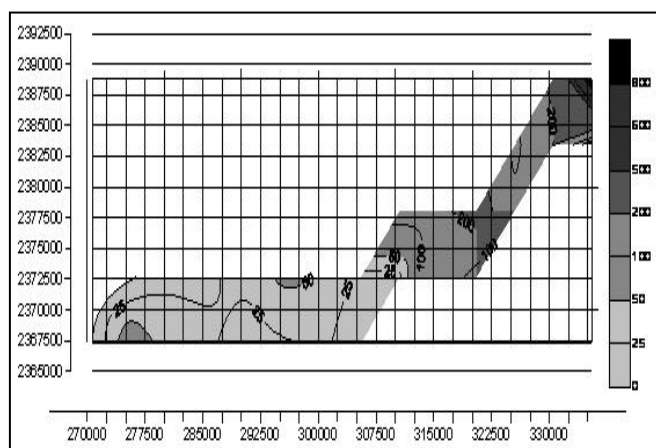


Figura 4. Contornos de densidad de langosta (número de organismos/ha) en el área central de la costa de Yucatán. Las mayores densidades se presentan al este del área de estudio.

Tabla 2. Listado de especies de algas y pastos observadas en áreas alrededor de los hábitat de langosta

Chlorophyta (algas verdes)	Rhodophyta (algas rojas)	Phaeophyta (algas pardas o cafés)	Pastos (dzilar)
<i>Caulerpa cupressoides</i>	<i>Halymenia floresia</i>	<i>Dyctyota dichotoma</i>	<i>Syringodium filiforme</i>
<i>Caulerpa prolifera</i>	<i>Gracilaria cornea</i>	<i>Dictyopteris jamaicensis</i>	<i>Thalassia testudinum</i>
<i>Caulerpa paspaloides</i>	<i>Gracilaria cervicornis</i>	<i>Sargassum filipendula</i>	
<i>Caulerpa racemosa</i>	<i>Euclima isiforme</i>	<i>Padina gymnospora</i>	
<i>Codium</i>	<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Dilophus sp</i>	
<i>Halimeda incrassata</i>	<i>Laurencia sp</i>	<i>Lobophora sp</i>	
<i>Halimeda discoidea</i>	<i>Ceramium sp</i>		
<i>Halimeda monile</i>	<i>Bryothamnium triquetrum</i>		
<i>Haliptilon cubense</i>	<i>Bryothamnium seaforthii</i>		
<i>Acetabularia crenulata</i>	<i>Acanthophora spicifera</i>		
<i>Avraimvillia longicaulis</i>	<i>Haliptilon cubense</i>		
<i>Rhipocephalus phoenix</i>	<i>Heterosiphonia gibbesii</i>		
<i>Penicillus dumetosus</i>	<i>Spyridia filamentosa</i>		
<i>Penicillus sp</i>	<i>Jania adherens</i>		
<i>Udotea sp</i>			

Tabla 3. Listado de especies de peces observadas en los hábitat en donde se encuentran la langosta en la costa de Dzilam de Bravo Yucatán

Especie (*especie de importancia comercial)	Número de estaciones en las que apareció la especie
<i>Epinephelus morio</i> (mero)*	35
<i>Lachnolaimus maximus</i> (boquinete)*	45
<i>Anisotremus virginicus</i> (chabelita)	37
<i>Lutjanus synagris</i> (pargo)*	22
<i>Mycteroperca bonaci</i> (negrillo)*	15
<i>Mycteroperca microlepis</i> (abadejo)*	19
<i>Haemulon plumieri</i> (chacchí)*	37
<i>Calamus calamus</i> (mojarra)*	17
<i>Ocyurus chrysurus</i> (canané)*	10
<i>Parablenius marmoreus</i>	4
<i>Caranx sp</i> (cojinuda)*	5
<i>Pomacanthus arcuatus</i> (angelote)	20
<i>Holocanthus bermudensis</i> (angel)	3
<i>Holocanthus ciliaris</i> (angel)	2
<i>Stegastes fuscus</i> (damisela)	3
<i>Chaetodon ocellatus</i> (mariposa)	2
<i>Archosargus probatocephalus</i> (sargo) *	5
<i>Acanthurus bahianus</i> (cirujano)	2
<i>Sphoeroides splengeri</i> (parecido al xpoo)	3
<i>Balistidae capriscus</i> (cochinilla)	6
<i>Monochantus hispidus</i> (cochinilla cimarrona)	1
<i>Serranus subligarius</i>	4
<i>Equetus acuminatus</i> (chombo o chonkay)	21
<i>Equetus lanceolatus</i>	3
<i>Synodus intermedius</i> (iguano)	3
<i>Abudefduf sexatilis</i> (sarguito)	1
<i>Diplectrum formosum</i>	1
<i>Lactophrys quadricornis</i>	1
<i>Canthidermis sufflamon</i>	1
<i>Ginglymostoma cirratum</i> (gata)	1
<i>Urolophus jamaicensis</i> (raya)	3

Otros organismos observados en las estaciones de muestreo fueron esponjas, cnidarios, anélidos, artrópodos, moluscos, equinodermos y tunicados. Entre las esponjas se identificaron tres formas estructurales: incrustantes, dendríticas y masivas o de bola. *Cliona delitrix* y *Agelas sp.* (esponjas incrustantes), *Ptilocaulis sp.* (esponja dendrítica), *Chondrilla nucula*, *Cinachyrella sp.*, *Sphaciospongia vesparium* y *Cinachyrella sp.* (esponjas masivas o de bola). Dentro de los cnidarios se observaron octocorales o corales blandos como *Pterogorgia sp.* y *Pseudoterogorgia sp.* (esta última conocida en la región como palmita de

coco) a la cual se asocian almejas *Pinctada sp.*, ambas especies abundantes en las cercanías de los hábitat de langosta; hexacorales o corales rocosos incrustantes, en forma de montículo o de rocas como *Cladocora sp.*, *Siderastrea sp.* *Solenastrea sp.* (coral estrella liso y nudoso), el coral estrella liso es conocido en la región como “múcaro” y por último *Oculina difusa* (coral marfil); en la campaña cuatro, en 22 estaciones se observaron medusas (*Aurelia sp.*) en gran número. Algunos anélidos observados fueron *Bispina brunnea*, *Anamobaea sp.* (plumeros) y *Notaulax* (abanico pardo). Entre los artrópodos se encontraron: *Mithrax sp* (cangrejo monstruo) en seis de las estaciones y *Menippe mercenaria* (cangrejo moro) y *Lysmata sp* (camarón rayado o menta) en una estación. Entre los moluscos hubieron, gastrópodos como *Strombus costatus* (lanceta), *Pleuroploca gigantea* (chacpel), *Busycum contrarium* (trompillo) y *Cypraea cervus* (ciprea), en una estación cada uno; bivalvos como *Pinctada sp.* en cinco estaciones, *Pteria colimbus* en dos estaciones y *Pinna carnea* en una; cefalópodos: *Octopus maya* (pulpo) en dos estaciones. Los equinodermos observados fueron: *Astichopus multifidus* (pepino de mar); *Echinaster sentis* (estrella de mar negri-naranja), *Luidia alternata* (estrella de mar bicolor) y *Oreaster reticulatus* (estrella de mar gigante); *Clypeaster rosaceus* (bizcocho de mar); *Tripneustes ventricosus*, *Echinometra lucunter* y *Arbacia punctulata* (erizos). Entre los tunicados identificados se encontraron: *Eudistoma sp.*, y *Didemnum sp.* En seis estaciones se observaron tortugas carey *Eretmochelys imbricata*.

Cobertura

Los porcentajes de cobertura obtenidos a partir de los video-transectos se basaron en 16 grupos diferentes:

- i) Pastos,
- ii) Algas verdes,
- iii) Tapete algal,
- iv) Algas rojas filamentosas,
- v) Algas rojas calcáreas,
- vi) Algas cafés,
- vii) Cianofíceas,
- viii) Roca,
- ix) Arena,
- x) Sustrato grueso,
- xi) Conchuela,
- xii) Coral blando,
- xiii) Coral incrustante,
- xiv) Coral duro,
- xv) Esponjas (dendríticas y de bola) y
- xvi) Esponjas incrustantes. Los grupos más importantes en términos de cobertura, circundantes al hábitat de langosta fueron las algas rojas filamentosas, el tapete algal y los pastos.

Índices de Diversidad de la Estructura del Fondo (H' estructura del fondo) y diversidad biológica (H' biológico)

Los índices de diversidad de la estructura del fondo y de diversidad biológica fueron estimados para el área este (N21 32 00, W88 35 00; N21 37 00, W88 35 00; N21 29 00, W88 40 00; N21 36 00, W88 40 00; N21 29 00, W88 40 00; N21 36 00, W 88 40 00; N21 27 00, W88 46 00; N21 30 00, W88 46 00; N21 27 00, W88 46 00; N21 30 00, W88 46 00; N21 25 00, W88 52 00; N21 30 00, W88 52 00) y para el área oeste (N21 24 00, W88 57 00; N21 28 00, W88 57 00; N21 24 00, W89 00 00; N21 28 00, W89 00 00; N21 23 00, W8900 00; N21 28 00, W89 00 00; N21 28 00, W89 09 00; N21 23 00, W89 09 00).

El índice de diversidad de la estructura del fondo para el área este fue de 0.974 (Varianza = 1.23E-03) y para el área oeste de 0.761 (Varianza = 2.11E-03); en este caso se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las dos áreas a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El índice de diversidad biológica para la zona Este fue de 0.801 (Varianza = 0.002) y para la zona oeste de 0.512 (Varianza = 0.002), resultando estadísticamente diferentes entre sí.

DISCUSIÓN

La langosta *P. argus* generalmente atraviesa por dos fases ecológicas distintas: una bentónica temprana y otra bentónica tardía: la primera corresponde a los juveniles recién asentados y en la segunda habita en cuevas y hendiduras (Briones - Fourzan y Gutiérrez Carbonell 1992, Lipcius y Cobb 1994), compartiendo el refugio con otras especies (Herrnkind 1980); los juveniles en toda esta etapa, residen en áreas de crianza, generalmente someras (Davis 1979). Aunque el objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar el hábitat en donde se encuentran juveniles de langosta desde su primera etapa críptica, las langostas más pequeñas observadas en el campo fueron de aproximadamente 7.5 cm de longitud total (aproximadamente 3 cm de longitud cefalotorácica); sin embargo se ha observado la presencia de organismos más pequeños en la zona (Irán Cabrera, Cooperativa Pescadores de Dzilam de Bravo, Comunicación personal). Las langostas observadas al final de las campañas de muestreo (junio) fueron de mayor tamaño que al principio (abril), esto sugiere que en este período de tiempo hubo crecimiento de los organismos presentes en el área de estudio, a una tasa que les permite alcanzar en pocos meses la talla mínima de captura. En la costa de Yucatán se ha reportado la presencia de langostas juveniles (más pequeñas a las observadas en este trabajo) en los meses de noviembre a enero (Ríos et al. 2007), el crecimiento de los organismos en los meses comprendidos entre el período de nortes (noviembre-febrero) -que coincide con las mayores abundancias- hasta los meses de transición sequía-lluvias (abril-junio), podría explicar el tamaño de los organismos observados, aunque la tasa de crecimiento sería mayor a la esperada con base en la literatura y estudios anteriores.

Las densidades de langosta estimadas para los diferentes tipos de fondo en este trabajo, fueron altas en comparación con reportes anteriores para la zona costera de Yucatán; Ríos-Lara (2000), reporta densidades de cinco langostas por hectárea, aunque la estimación en ese caso fue hecha para un área mayor. Sin embargo en este estudio los tipos de fondo en donde la densidad de langosta fue alta, son reducidos.

El área de estudio presenta un gradiente de tipos de fondo y estructuras tanto físicas como bióticas y es hacia el este (con mayor influencia del mar Caribe), donde se presenta una mayor diversidad estructural y biológica del fondo. Los paisajes biológicos cambian temporalmente y las observaciones sugieren alternancia de fuentes de energía: en las primeras campañas la abundancia y diversidad biológica de plantas bentónicas era mayor que en las últimas campañas, sin embargo en la columna de agua los cambios en la concentración de oxígeno disuelto y en el pH sugieren una intensa tasa fotosintética debida al plancton.

El hábitat de las langostas espinosas juveniles muestra una estructura compleja y sujeta a cambios temporales y espaciales, aunque se presentan rasgos comunes de composición de flora y fauna, las mayores abundancias se relacionan a condiciones de mayor diversidad biológica. Los listados florísticos y faunísticos descritos en este trabajo no son exhaustivos ya que las exigencias de identificación taxonómica (métodos morfométricos) son altas debido a la gran cantidad de grupos observados, sin embargo, la incorporación de métodos que relacionan formas con funciones y distribución de espacio, materia y energía parece ser una alternativa para el estudio del hábitat de este recurso pesquero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al M en C. David De Anda Fuentes por su apoyo durante los buceos realizados. A la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera "Pescadores de Dzilam de Bravo" por su gran apoyo logístico, en especial a los señores: Irán Cabrera, Andrés Cabrera, Nicolás Flores y Eduardo Flores por su disposición para compartir su conocimiento y gran experiencia en la pesca de langosta y otros recursos. A los jóvenes pescadores Sergio Cabrera y Francisco Cabrera.

LITERATURA CITADA

- Acosta, C.A., and M.J. Butler IV. 1999. Adaptive strategies that reduce predation on spiny lobster postlarvae during onshore transport. *Limnology and Oceanography* 44:494-501.
- Arce, A.M., W. Aguilar-Dávila., E. Sosa-Cordero and J.F. Caddy. 1997. Artificial shelters (casitas) as habitats for juvenile spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean. *Marine Ecology* 158:217-224.
- Bello-Pineda J., V. Ríos, M.A. Liceaga, C. Zetina, K. Cervera, P. Arceo, and H. Hernández. 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes reef, Yucatán, México. *Fisheries Research* 37-47.
- Botsford L., J.C. Castilla., and C.H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science* 277:509-515.

- Briones-Fourzán, P. and D. Gutiérrez-Carbonell. 1992. Postlarval recruitment of the spiny lobster, *Panulirus argus* (Latreille 1804) in Bahía de la Ascension, Q. R. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **41**:492-501.
- Butler, M.J. IV., R.S. Steneck, and W. Herrnkind. 2006. Juvenile and adult ecology. Pages 263-309 in: B. Phillips (ed.) *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, England.
- Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. 25 de agosto de 2006.
- Cochrane, K., B. Chakalall, and G. Munro. 2004. The whole could be greater than the sum of the parts: the potential benefits of cooperative management of the Caribbean spiny lobster. Pages 223-239 in: A. Payne, C. O'Brien, and I.L. Rogers. (eds.) *Management of Shared Stocks*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, England.
- Davidson, R. J., E. Villouta, R.G. Cole, and R.G.F. Barrier. 2002. Effects of marine reserve protection on spiny lobster (*Jasus edwardsii*) abundance and size on Tonga Island Marine Reserve. New Zealand. *Aquatic Conservation of Marine and Freshwater Ecosystems* **12**(2):213-27.
- Davis, G.E. 1979. Management recommendations for juvenile spiny lobster, *Panulirus argus*, in Byscaine National Monument, Florida. U. S. Department of the Interior, South Florida Research Report M-530. 32 pp.
- Ehrhardt, N. 2005. Population dynamic characteristics and sustainability mechanisms in key Western Central Atlantic spiny lobster, *Panulirus argus* fisheries. *Bulletin of Marine Science* **76**(2):501-525.
- Herrera, A. y D. Ibarzábal. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la Plataforma cubana. *Revista de Investigaciones del Mar* **19**(1):59-63.
- Humann, P. 1992. *Reef Creature Identification*. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications. Inc., Jacksonville, Florida USA. 320 pp.
- Humann, P. 1993. *Reef Coral Identification*. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications. Inc., Jacksonville, Florida USA. 240 pp.
- Humann, P. 1994. *Reef Fish Identification*. Florida Caribbean Bahamas. New World Publications. Inc., Jacksonville, Florida USA. 396 pp.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row, Publishers, New York, New York USA. 654 pp.
- Orensanz, J.M. and G.S. Jamieson. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Pages 441-459 in: G.S. Jamieson, and A. Campbell (eds.) *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management*. Can. Spec. Publ. *Fisheries and Aquatic Science* 125.
- Polovina, J., W. Haight, R. Moffitt, and F. Parrish. 1993. The role of benthic habitat, oceanography and fishing on the population dynamics of the spiny lobster, *Panulirus marginatus* (Decapoda, Palinuridae) in the Hawaiian Archipelago. *Proceedings of the Fourth International Workshop on Lobster Biology and Management* 203-213.
- Ríos-Lara G.V., C. Zetina M., y K. Cervera C. 1995. Evaluación de "casitas" o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. *Revista Cuban Investigaciones Pesquera* **19**(2): 0-56.
- Ríos-Lara, G.V., S. Salas., J. Bello-Pineda, and I. Peniche-Ayora. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacrán Reef, Yucatán: Spatial analysis and inference of preferential habitat. *Evaluation Management of Coastal Fisheries of Latin America and Caribbean Special Issue. Fisheries Research* **87**:35-45.
- Ríos-Lara, G.V. 2009. *Identificación del Hábitat y de los Factores que Determinan la Distribución Espacial de Langosta en la Plataforma de Yucatán: Modelación y Evaluación de la Población*. Disertación de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Unidad Mérida. Instituto Politécnico Nacional, Mérida, México. 155 pp.
- Ríos-Lara G.V. y S. Salas. 2009. Modelo Estructurado por Edades para la Evaluación de la Población de Langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **61**:451-460.
- Salas, S., D. Aguilar, M.A. Cabrera, P. Arceo. 1996. Patrones de asentamiento de langosta (*Panulirus argus*) en la costa oriente de Yucatán. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **44**:536-552.
- Seber, G.A.F. 1982. *Estimation of Animal Abundance and Related Parameters, 2nd Edition*. Charles Griffin, Inc., London, England.
- WWF. 2006. Mejores Prácticas de Pesca en Arrecifes Coralinos. Guía para la colecta de información que apoye el Manejo de Pesquerías Basado en Ecosistemas. 85 pp.
- Zar J.H. 1996. *Biostatistical Analysis. Third Edition*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey USA.
- Zetina-Moguel, C y G.V. Ríos L. 1998. Estimación del tamaño de la población, tasa de explotación y mortalidad por pesca de langosta *Panulirus argus* en las costas de Yucatán a través de diferentes modelos de evaluación. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **50**:162-175.