

# **Modelo de Distribución Geográfica de Áreas de Reproducción de la Langosta (*Panulirus argus*) en Zonas Arrecifales Profundas de la Costa de Yucatán**

GLORIA VERÓNICA RÍOS LARA<sup>1</sup>, CARLOS ZETINA MOGUEL<sup>2</sup>  
JAVIER BELLO PINEDA<sup>3</sup>, PATRICIA ARCEO BRISEÑO<sup>1</sup>, y  
CARMEN MONROY GARCÍA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. INP.  
SEMARNAP. A. P. 73.*

*Progreso Yucatán. México. C. P. 97320*

<sup>2</sup>*Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. Av. de Industrias no contaminantes y Periférico Norte s/n. A. P. 150. Cordemex. Mérida. Yucatán. C. P. 97111.*

<sup>3</sup>*Watershed Ecosystems Graduate Program, Trent University Peterborough, Ontario, Canada*

## **RESUMEN**

En las costas de Yucatán, México, la pesquería de langosta tuvo lugar durante muchos años entre las 2 y las 18 brazas de profundidad en la zona costera y en el Arrecife Alacranes ubicado aproximadamente a 70 millas al Norte de la línea de costa y se utilizaba el buceo como técnica de captura. En los últimos años se ha incorporado a la pesquería el uso de trampas en las zonas arrecifales profundas (a más de 20 brazas de profundidad). El registro de las capturas provenientes de barcos de pesca que usan trampas para la captura de langosta (pesca exploratoria, pesca de fomento y pesca comercial), ha permitido obtener datos de una buena cantidad de hembras ovígeras así como de las zonas en donde éstas fueron capturadas. En este trabajo se utilizan los datos provenientes de la captura con trampas para proponer un modelo de distribución geográfica de las principales zonas de reproducción de langosta en la Costa de Yucatán.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo de áreas de reproducción de langosta, Plataforma de Yucatán, *Panulirus argus*.

## **Geographic Reproductive Areas Distribution Model of Spiny Lobster (*Panulirus argus*) in Depth Arrecifal Zones of Yucatan Coast**

Along the coasts of Yucatan, Mexico, spiny lobster fishery is conducted at depths between 2 and 18 fathoms for both coastal waters and Arrecife Alacranes area, which is located at 70 miles from shore. The traditional capture method in this fishery has been diving, however, more recently, the use of lobster traps has been frequently used on deep on deep arrecifal zones (20 fathoms or more). Records of lobster captures from traps fishing vessels (exploratory and commercial fishing) allowed us to obtain data about the number of ovigerous females and the zones where they were captured. In this study, trap lobster fishing data are used to propose

a geographic distribution model of the main reproduction areas for lobster in Yucatan coasts.

**KEY WORDS:** Lobster reproduction areas model, Yucatan Platform, *Panulirus argus*

## INTRODUCCIÓN

Hasta hace alrededor de cinco años en las costas del Norte de la Península de Yucatán la pesquería de langosta se había llevado a cabo en la zona litoral, desde el puerto costero denominado el Cuyo hasta el puerto de Celestún y en el Arrecife Alacranes, en profundidades aproximadas entre las 2 y las 18 brazas (Ríos et al. 1996, Ríos et al. 1998). El buceo libre y con hookah eran las únicas formas de capturar langosta. Sin embargo a partir de 1997 en la flota mayor que actúa tanto en la parte somera del arrecife Alacranes como en zonas profundas que le circundan, se ha ido introduciendo paulatinamente el uso de trampas como arte de pesca y como resultado, actualmente la flota mayor tiene acceso a nuevas áreas de pesca en zonas más profundas (alrededor de las 37 brazas de profundidad).

La pesquería de langosta actualmente, puede ser caracterizada por zonas y arte de pesca utilizado: a) las zonas más pegadas a la costa, oriente (de Dzilam de Bravo a El Cuyo) y poniente (Progreso y Sisal) en donde la técnica de captura sigue siendo exclusivamente el buceo (libre y con hookah) y se capturan preadultos y adultos; b) la zona somera del arrecife Alacranes, en donde la complejidad y profundidad del arrecife solo permite la entrada de embarcaciones pequeñas (18 pies con motores fuera de borda o "alijos" sin motor), el primer mes de la temporada de pesca se captura solo por medio de buceo libre y después se captura con ambos métodos: buceo libre y con hookah; en esta zona se capturan principalmente preadultos y c) las zonas arrecifales rocosas profundas en donde tiene influencia la flota mayor, se pesca con trampas y se capturan gran cantidad de adultos (nueva área de explotación).

Los cambios en la forma de capturar langosta en algunas zonas de la plataforma de Yucatán, han permitido la extensión de las áreas de pesca hacia aguas más profundas, en donde generalmente habitan langostas grandes que antes no se atrapaban, esto a originado una modificación en la estructura de la población explotada. La fracción de adultos a la cual antes no se tenía acceso, debido a la limitación que representa la técnica de captura tradicional en Yucatán (buceo), ahora se ha vuelto significativo en los volúmenes de captura. Si bien la producción de langosta en el Estado se ha incrementado, existe el temor de que se esté capturando una parte importante de la población de reproductores, fundamental para la persistencia de langosta en las áreas de pesca.

Ante este nuevo esquema de explotación de la población de langosta en las costas de Yucatán, es necesario analizar la pesquería de manera diferente a la que se había planteado en los últimos años, tanto para evaluar el recurso como para proponer medidas de manejo. Esta forma novedosa de análisis se hace dentro de un

contexto de metapoblaciones, en donde el análisis de dimensión espacial cobra importancia (Hanski 1999). En este caso la población local de langosta (Plataforma de Yucatán) se considera abierta, con intercambio con otras áreas de pesca a través de la migración o la dispersión larval. Es necesario entonces entender la dinámica local del recurso con base en diversos aspectos como: la evolución de la pesquería, el conocimiento que se tiene sobre biología y ecología de la especie e incorporando los conocimientos existentes sobre geología, meteorología y corrientes marinas, con el fin de poder plantear estrategias de manejo lo más acorde posible con la idealidad de la sustentabilidad.

Como parte de todo el trabajo que pretende una visión integradora de la dinámica de la población de langostas en la Plataforma de Yucatán, es necesario abordar el conocimiento de la distribución de las áreas de reproducción en la plataforma peninsular, zonas que no se han estudiado y que actualmente son importantes áreas de pesca.

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo de distribución geográfica de áreas de reproducción de la langosta (*Panulirus argus*) en zonas arrecifales profundas de la costa de Yucatán, considerando aspectos geológicos, meteorología, corrientes marinas, ciclo biológico, distribución de hábitat preferencial, migraciones y estrategias reproductivas.

## METODO

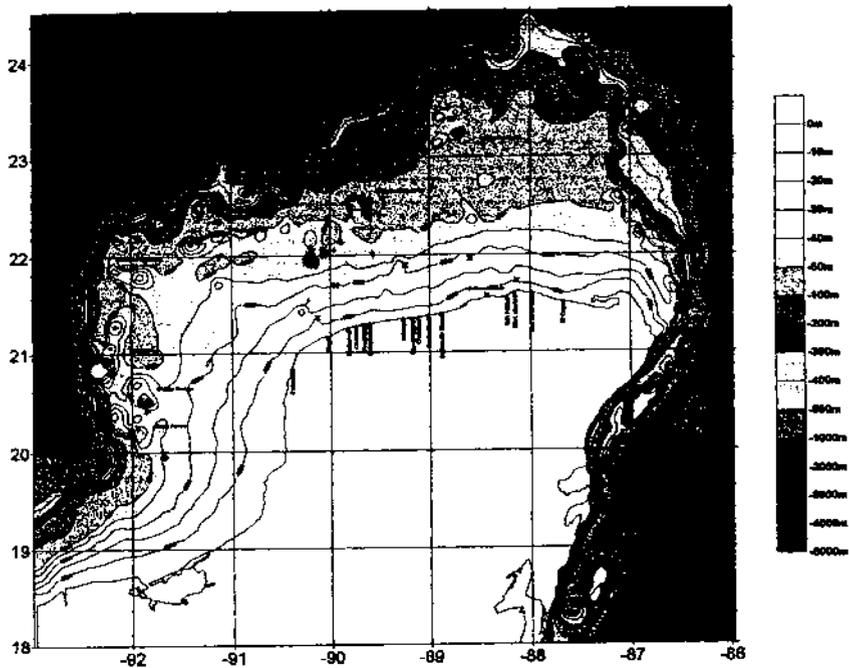
En este trabajo se utilizó información existente sobre el origen y conformación geológica actual de la Península de Yucatán y el Banco de Campeche o plataforma peninsular norte, de igual manera se hizo una revisión de las características meteorológicas y oceanográficas de la región poniendo énfasis en el comportamiento de las corrientes marinas y los eventos que tienen importancia en el movimiento de las aguas superficiales y pueden influir en la deriva de las larvas planctónicas y por lo tanto explicar su dinámica en el área. De manera paralela se hizo una revisión de la información existente sobre el ciclo biológico de la langosta *Panulirus argus* centrando el interés en migraciones o movimientos de las langostas adultas, en conocimientos existentes sobre la deriva larval, comportamiento y procesos de asentamiento de larvas.

Los datos sobre zonas de reproducción se obtuvieron de cinco cruceros de pesca exploratoria realizados durante 1996 y principio de 1997, de barcos de pesca comercial de langosta (1999, 2000, 2001 y 2002) y de pesca de fomento (2002). En todos los casos se utilizaron trampas para capturar a las langostas en aguas profundas. Para el 70% de los cruceros se estimó la proporción de hembras en etapa reproductiva (con espermatóforo u ovígeras) y se obtuvieron los pesos medios de los organismos capturados.

Se incorpora al análisis información obtenida mediante el enlace con patrones de embarcaciones langosteras con una experiencia mayor de diez años en la pesquería que se realiza en zonas arrecifales profundas, así como en la zona costera oriente y poniente de Yucatán. También se agregan datos procedentes de la

pesquería de langosta en el estado de Yucatán.

Los puntos georeferenciados procedentes de los cruceros se archivaron en formato ascii, se importaron como vectores al programa Surfer y se desplegaron sobre un mapa base de la península de Yucatán construido con anterioridad por Bello y Hernández, (2000), el análisis de los datos se realizó considerando dos escalas espaciales, una considerando el área de operación de cada crucero lo que permite visualizar la distribución de las langostas en una escala de fracciones de milla cuadrada y la otra que considera todos los cruceros en la plataforma peninsular y cuya escala es de varios grados de latitud y longitud, es decir de cientos de millas náuticas cuadradas. En este caso fue importante que todos los datos se encontraran en el mismo sistema de referencia para que las operaciones entre capas fueran posibles (Figura 1).



**Figura 1.** Batimetría y formaciones arrecifales de la Plataforma de Yucatán

Partiendo del supuesto de que las langostas se encuentran en estrecha relación con procesos de dispersión larvaria mediados por factores físicos y patrones de movimientos y migraciones en búsqueda de habitats propicios para persistir. Se sigue el patrón de distribución de áreas de reproducción en la plataforma y se asocia

a los acontecimientos importantes que ocurren en la plataforma (movimientos de las masas de agua a través de las corrientes provenientes del Canal de Yucatán, surgencia, meteorología, formación geológica de la plataforma y ciclo biológico de la langosta del Caribe. Finalmente se plantea un modelo de distribución geográfica de áreas de reproducción de la langosta (*Panulirus argus*) en zonas arrecifales profundas de la Costa de Yucatán.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Geología

Los fondos marinos de la plataforma continental del Banco de Campeche y el norte de la península de Yucatán tienen su origen en la acumulación de materiales calcáreos en su mayoría procedentes de procesos biológicos. Así la precipitación de carbonato de calcio debido a procesos fotosintéticos como la asimilación de carbonatos en estructuras duras de los organismos (carapachos, esqueletos, conchas) y su deposición en el fondo después de la muerte de los organismos contribuyeron a la formación de la plataforma peninsular Yucateca. Se piensa que la formación de la península de Yucatán es un proceso paulatino que se desarrolla en un ambiente de fluctuaciones del nivel del mar y condiciones meteorológicas que responden a ciclos de diferente magnitud; así los procesos de formación de materiales, deposición, erosión, cementación, se siguen en ciclos bajo diferentes condiciones que en ocasiones se repiten en diferentes escalas de tiempo. Estos eventos que dan origen a la plataforma peninsular conforman una estructura que se caracteriza por la presencia de terrazas de materiales calcáreos duros alternados con capas de materiales menos consolidados todo esto con un suave declive hacia el norte. En un plano, la estructura peninsular no es homogénea ni en la parte emergente ni en la plataforma continental sumergida. Desde la línea de costa hasta el talud continental la plataforma del Banco de Campeche muestra una conformación heterogénea caracterizada por la presencia de áreas de sustrato duro con poco relieve, cavidades longitudinales de diferente longitud, áreas de material no consolidado como lodo, arenas, conchuela, etc. y áreas de una topografía complicada de diferente elevación con respecto al medio en donde se encuentran localizadas y que alcanzan altitudes de hasta ochenta metros sobre la profundidad media en donde se localizan. A pesar de la heterogeneidad de los fondos la distribución de las estructuras sigue patrones más o menos regulares. Así, las elevaciones coralinas forman una franja cerca del talud continental, en dirección a tierra son comunes terrazas de fondo duro alternadas con parches arenosos y cordilleras de baja elevación y hacia la costa se forman franjas paralelas a la costa de rocas planas, cordilleras de diferente longitud y normalmente baja elevación y materiales no consolidados principalmente de grano grande (conchuela) y mediano (Lynch 1954, Logan 1969, López Ramos 1976). Las mayores elevaciones coralinas emergen de la superficie del mar y son muy conocidas, tal es el caso del arrecife Alacranes, Cayo Arcas, Triángulos, entre otros. Otras elevaciones arrecifales no emergen a la superficie pero son también conocidas

tanto por los navegantes para quienes pueden representar un peligro como para los pescadores que las han utilizado como bancos pesqueros debido a su gran productividad (Figura 1).

### **Meteorología**

Los eventos meteorológicos de mayor importancia en la Península de Yucatán tienen componentes cíclicos y ocasionales o menos regulares. Entre los eventos cíclicos se presentan la época de nortes, una época de secas y una época de lluvias. La característica importante de la época de nortes es la presencia dominante de vientos fuertes con dirección hacia las áreas costeras y que tiene un influencia determinante en el movimiento de las masas de agua y de los elementos de deriva que finalmente se dirigen a la costa.

Durante la época de sequía los vientos dominantes son vientos de tierra o suestes que imprimen energía al agua superficial con dirección mar adentro.

Durante la época de lluvias se alterna la dirección del viento, lo más común es la presencia de vientos de tierra durante una parte del día (comúnmente la madrugada y la mañana) y vientos procedentes del mar (noreste) durante la otra parte del día (comúnmente la tarde y parte de la noche). Durante esta época del año se presenta también un proceso de fertilización de la zona costera debido al aporte de aguas continentales vía conductos subterráneos que desembocan en lagunas costeras y en sitios puntuales dentro de una franja importante de la costa que alcanza al menos los diez metros de profundidad.

Entre la época de secas y época de lluvias es común la ocurrencia de un evento muy importante en el ambiente costero de la plataforma peninsular. Se trata de una surgencia de aguas profundas procedentes del canal de Yucatán que fertilizan las aguas de la plataforma incrementando notablemente la productividad primaria. Este evento es anual aunque su intensidad varía y algunos años es más notable.

Aunque la presencia de tormentas tropicales, ciclones o huracanes son componentes anuales en las aguas del Caribe, no todos los años siguen las mismas rutas ni se presentan con igual intensidad, sin embargo en los últimos años la presencia de eventos de gran magnitud ha sido más notable. Estos eventos tienen la capacidad de mover grandes cantidades de agua superficial y de alterar de una manera considerable la configuración del hábitat costero. Su efecto sobre las comunidades marinas rompe equilibrios por lo que constituye una fuerza perturbadora de gran intensidad y poca duración de manera que después de presentarse las comunidades tienden a nuevos equilibrios algunas veces bajo condiciones considerablemente distintas (Leipper 1954, Merino 1992).

### **Corrientes Marinas**

La corriente marina característica del área de estudio es la corriente de Yucatán, esta corriente tiene su origen en la corriente nor - ecuatorial que cruza el Atlántico Norte hacia América entre los cinco y veinte grados de latitud norte. Una parte de esta corriente se une a la corriente sur ecuatorial que corre al norte de Brasil como corriente de las Guayanas y penetra al Caribe por el arco antillano y forman la

corriente del Caribe, el flujo dominante en el Caribe es hacia el Oeste Noroeste hasta arribar a las costas de Yucatán. Al sur de la Isla de Cozumel el núcleo de la corriente tuerce hacia el norte y se alinea con la costa para dirigirse al canal de Yucatán para formar la corriente de Yucatán. La velocidad que alcanza es de 4 nudos. A partir de Cabo Catoche el núcleo de la corriente se alinea con el borde de la plataforma aunque la posición exacta cambia a lo largo del año. El núcleo de la corriente se separa de la plataforma en un punto que varía en relación con la penetración y forma la corriente de lazo dentro del Golfo de México. Adicionalmente a esta corriente que baña la mayor parte del Banco de Campeche durante todo el año, en el área se presenta una surgencia con carácter estacional y que se presenta con mayor intensidad alrededor de Abril y que se ha observado en Septiembre (Cochrane 1969, Bessonov et al. 1971, Ruiz 1979, Merino 1992, Mooers and Maul 1996).

#### Ciclo de Vida de la Langosta del Caribe

El ciclo de vida de la langosta espinosa *Panulirus argus* se puede resumir en una etapa larvaria planctónica de una duración aproximada de nueve meses, el asentamiento y crecimiento de puerulus a juvenil con una duración de un año y el crecimiento hasta la edad reproductiva en un período de aproximadamente tres años (Kanciruk 1980, Herknkind and Butler 1986, Cruz et al. 1991, Baisre y Cruz 1994), alcanzada la edad reproductiva se estima que las langostas presentan una longevidad aproximada de trece a quince años (Zetina y Ríos 2001). La reproducción de las langostas requiere de la cópula durante la cual el macho "parcha" a la hembra, es decir, deposita los espermatozoides en una estructura con aspecto de parche (espermatóforo) que se pega en la región ventral del cefalotórax de la hembra (Cruz y de León 1992 reportan apareamiento de Febrero a Marzo e incubación de Abril a Mayo en aguas cubanas). Cuando las hembras fueron parchadas se mueven hacia los bordes arrecifales o a regiones costeras con abundantes refugios, en estos sitios se lleva a cabo la incubación, la eclosión de los huevos y la liberación de las larvas al plancton (Buesa 1965).

La prolongada etapa planctónica de las larvas permite desplazamientos de gran magnitud que son de "búsqueda" de condiciones propicias para el asentamiento, este parece ser un mecanismo exitoso de sobrevivencia en aguas de poca productividad y reducidas plataformas continentales e insulares características de las aguas del Caribe y además ha permitido una amplia distribución de la especie. Es probable que las subpoblaciones de langosta espinosa del Caribe tengan un intercambio genético importante debido a la configuración de las corrientes y a la ocurrencia frecuente de perturbaciones ciclónicas que mueven grandes cantidades de agua superficial, sin embargo en algunas regiones del Caribe los movimientos de las masas de agua en giros locales hace suponer que las larvas procedentes de los núcleos poblacionales de mayor magnitud nutran mayoritariamente a estas mismas unidades de población.

## Hacia un Modelo de Reproducción de Langosta en las Costas de Yucatán

*Dinámica de las Corrientes y el Ambiente Geológico* — La plataforma peninsular Noroeste que comprende el Banco de Campeche y las regiones arrecifales del norte de Yucatán tienen un régimen de corrientes marinas dominadas por dos grandes sucesos periódicos:

- i) La entrada de la corriente de Yucatán formada por aguas superficiales que antes atravesaron el Caribe y se movieron por el borde Este de la Plataforma de Yucatán. Estas corrientes son las dominantes aproximadamente de Octubre a Marzo, período durante el cuál son frecuentes los nortes que mueven las aguas superficiales con dirección a la costa.
- ii) Las surgencias de agua profunda del canal de Yucatán rica en nutrientes, frecuentes entre Abril y Septiembre, período durante el cuál hacen acto de presencia las perturbaciones ciclónicas. Durante este tiempo las aguas superficiales se mueven hacia el interior del Golfo de México pero "bañan" las zonas arrecifales situadas más al norte de la península de Yucatán, creando giros locales debido a la presencia de protuberancias arrecifales que se levantan hasta ochenta metros sobre el lecho marino.

*Movimientos de Langostas en el Área* — *Panulirus argus* tiene patrones complejos de movimiento local y migraciones de largas distancias (García et al. 1992). Los conocimientos que se tienen sobre los movimientos masivos de langosta, en la costa norte de Yucatán, proceden principalmente de las observaciones relacionadas a la pesca comercial de estos crustáceos. Se sabe que después del primer norte las langostas inician un movimiento en contra de la corriente dirigiéndose hacia el Caribe, este movimiento es aprovechado por los pescadores para pescar utilizando redes o mediante el buceo, pero lo más común es el uso de redes. Estos movimientos masivos seguirán pulsos durante el invierno (Diciembre-Enero).

Con menos frecuencia se han observado movimientos de langostas desde las zonas profundas hacia regiones costeras de complicada estructura arquitectónica y estos movimientos se llevan a cabo durante los meses de nortes (Octubre-Marzo).

*Composición de las Capturas en las Zonas Costeras y Zonas Arrecifales de Poca Profundidad* — La captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de langostas de Yucatán en áreas someras (captura por buceo) se caracterizó por dos máximos, uno a inicios de temporada (julio) y otro durante los meses de diciembre-enero. En ambos casos la composición de las tallas capturadas era similar, lo que hace pensar en dos cohortes anuales que se integran a la pesquería.

*Frecuencia de Captura de Hembras Ovigeras* — Aunque la información relacionada a la ocurrencia de hembras ovigeras está limitada debido a que no se tienen registros de captura durante el período de veda y hasta hace poco solo se contaba con datos de organismos capturados por buceo que a lo máximo alcanzaban las dieciocho

brazas, se sabe que ocurren hembras ovígeras durante todo el año pero existe una época en la que la proporción de éstas se incrementa y esta época se presenta entre enero y julio. Los patrones espaciales de distribución de hembras ovígeras que muestran los cruceros de investigación son los siguientes: a) a una escala de fracciones de millas cuadradas se presentan varias agrupaciones de langostas a lo largo de formaciones rocosas de configuración variada y que en los datos de los cruceros se pone de manifiesto por las líneas de mayor densidad (Figura 2), y b) a escala de cientos de millas el número de cruceros resulta insuficiente para definir con nitidez un patrón espacial general, sin embargo mediante esta información es posible apreciar la presencia de formaciones rocosas que cubren grandes espacios (cordilleras o márgenes de terrazas) de fondo profundo, una de estas formaciones se presenta al sur oeste del arrecife Alacranes y otra al oeste del mismo arrecife. Los datos también muestran la presencia de langostas ovígeras en la mayor parte de las elevaciones arrecifales localizadas cerca del borde de la plataforma peninsular.

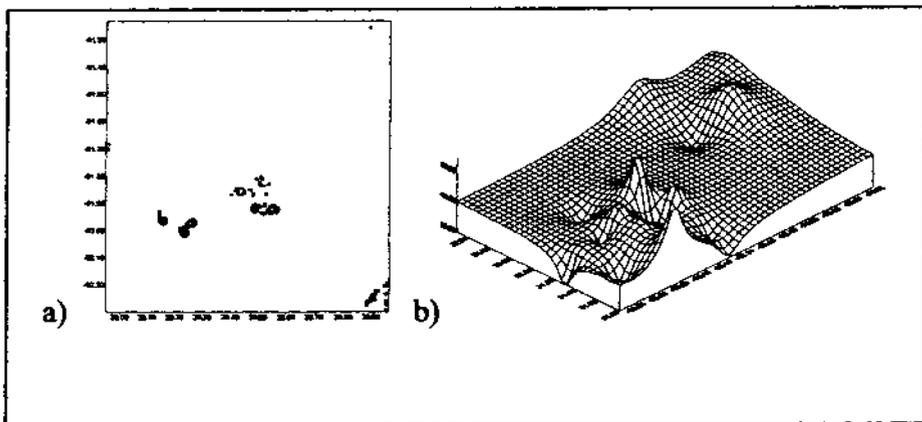


Figura 2. Grafico de distribución de concentraciones de langosta en escala de fracciones de milla cuadrada (crucero): a) Localización de los puntos de muestreo y b) interpolaciones de densidades

*Distribución de la Langosta Espinosa* — La distribución de la langosta espinosa *Panulirus argus* en la región del Caribe y sus alrededores, después del asentamientos de larvas, está fuertemente ligada a la distribución de hábitat con características requeridas por la langosta en sus diferentes estadios de crecimiento y a la disponibilidad de alimento. En este caso tanto la arquitectura como la extensión del hábitat resultan de gran importancia. La Plataforma de Yucatán dadas su características geológicas presenta áreas complejas en donde se pueden encontrar

los diferentes tipos de hábitat propicios para las diferentes etapas de crecimiento de esta especie. Hay áreas de asentamiento, y formaciones rocosas y coralinas de diferente extensión que proporcionan refugio a langostas de diferente tamaño. Se podría pensar en un esquema de distribución en parches dentro de los cuales las langostas encuentran sitios propicios para asentarse, alimentarse, crecer, refugiarse e incluso reproducirse. Algunos de los sitios con estas características son: el arrecife Alacranes, franjas costeras del oriente del estado de Yucatán de baja profundidad como la Reserva Municipal Actamchuleb (entre 2 y 3 m) en donde se pueden encontrar puerulus, juveniles, preadultos y adultos algunos de los cuales son hembras ovígeras, frente a las Coloradas en profundidades entre las 6 y las 7 brazas y del lado poniente al norte de Sisal en donde hay zonas con todos los ambientes requeridos por la langostas en áreas relativamente "reducidas" (Figura 1).

*Ocurrencia de hembras ovígeras en el Caribe y en la Plataforma de Yucatán* — Para el Caribe la reproducción de *Panulirus argus* se da durante todo el año, sin embargo hay algunos meses donde se presentan mayor número de langostas ovígeras. Hay reportes de otras pesquerías del Caribe sobre estos repuntes: en Cuba se reportan estos picos durante los meses de Marzo a Mayo y en el mes de Septiembre (Cruz y De León 1991), en las costa de Quintana Roo se presentan de Febrero a Julio (Ramírez 1996), en Turks y Caicos la proporción de hembras ovígeras es alta durante todos los meses del año sin embargo las más altas de éstas se reportan entre marzo y Agosto (Medley and Ninnez 1997), en Florida entre Abril y Septiembre (Lyons et al. 1981) y en Nicaragua las más altas se localizan en Marzo Junio y Septiembre (Castaño y Cadima (1993).

Aunque en Yucatán se tienen registros de langostas hembra ovígeras cerca de la costa, se ha detectado una mayor concentración de adultos en zonas arrecifales rocosas ubicadas al noroeste de la Península entre los 40 y 50 m de profundidad. Si bien no se han llevado a cabo cruceros de investigación en los meses de veda, se conoce a través de datos provenientes de los viajes de pesca y exploratorios que a finales de Enero y principios de Febrero empieza a incrementarse la presencia de ovígeras en la captura; de entrevistas con pescadores se sabe que hay más langostas en estas condiciones durante los meses de marzo a junio. Según la información colectada a través de los viajes de pesca y exploratorios se tiene que la presencia de ovígeras durante la temporada de pesca es más alta en los meses de Febrero y Julio (que son el último y el primero de la temporada), dentro de los cuales quedarían los meses de veda (Marzo-Junio) y Septiembre, patrón muy parecido al reportado para Cuba (Tabla 1).

### El Modelo

El Caribe tiene aguas con características oligotróficas, fuertes corrientes y reducidas plataformas continentales, es decir poco hábitat disponible. En estas condiciones la deriva larval de las langostas es quizá el mecanismo estratégico que ha permitido su sobrevivencia, pero además les ha brindado la posibilidad de una enorme dispersión. Las poblaciones de langosta dispersas en el Caribe

probablemente tienen una fuerte dependencia de aportes de larvas procedentes de otras poblaciones cercanas y en menor proporción de poblaciones distantes, así se explica la relativamente rápida recuperación de poblaciones devastadas por eventos como los huracanes, mareas rojas o la pesca. Las condiciones geológicas y oceanográficas prevaletentes en la península de Yucatán y las evidencias de ubicación de los núcleos poblacionales de aguas someras y aguas profundas así como los registros de localización de hembras ovígeras, sugieren que las larvas que alimentan las poblaciones locales de langosta provienen mayoritariamente de diferentes regiones del Caribe que nutren la corriente de Yucatán y principalmente de la plataforma peninsular de Yucatán al norte de Cozumel.

**Tabla 1.** Proporción de hembras, hembras ovígeras y hembras parchadas, calculadas de datos procedentes de cruceros realizados en la Plataforma Yucateca entre 1996 y 2002.

Mes	Año	Proporción de H.C.	Proporción de HO/ TH	Proporción HP/TH	H.P. + H.O.	Zona
Ago-Sept.	1996	0.56	0.05	Ninguna	0.05	Cayo Arcas
Sept-Oct.	1996	0.70	0.09	Ninguna	0.09	Triángulos y Banco Nuevo
Oct.-Nov.	1996	0.46	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Alacranes y Sur de
Nov.-Dic.	1996	0.53	0.02	Ninguna	0.02	Alacranes Cayo Arcas
Feb.	1997	0.34	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Alacranes y Bajos del Norte
Feb.	1999	0.52	0.01	0.42	0.43	Alacranes Noreste
Feb.	2000	0.38	0.38	0.53	0.91	Alacranes Sureste
Oct.	2000	0.53	0.01	0.02	0.03	Alacranes Suroeste
Jul.	2001	0.26	0.16	0.09	0.25	Alacranes Suroeste
Feb.	2002	0.48	0.39	0.61	1.00	Alacranes Suroeste
Jul.	2002	0.39	0.26	0.01	0.27	Alacranes Suroeste
Sept.	2002	0.39	0.07	0.27	0.34	Alacranes

Una hipótesis alternativa que explica la ubicación de hembras ovígeras en la región central de la plataforma peninsular de Yucatán sería que las larvas que se producen localmente tienen períodos muy cortos de asentamiento de larvas de tal manera que tanto la liberación de larvas como el asentamiento ocurrieran de manera simultánea en la región.

Los datos y la información existente en este momento permiten hipotetizar que existen dos períodos de asentamiento de larvas de langosta en la plataforma peninsular de Yucatán, el primero durante la temporada de nortes y el segundo durante los afloramientos de primavera verano. El asentamiento de las larvas

durante los nortes favorece el repoblamiento de áreas costeras durante los meses de invierno. En este régimen de vientos es de esperarse que las larvas que se producen en el norte de la plataforma peninsular constituyan un aporte significativo tanto de las zonas arrecifales situadas más al sur como de las áreas costeras, sin embargo los asentamientos en las formaciones arrecifales situadas en los bordes de la plataforma peninsular proceden de la deriva larval que entró al Golfo de México vía la corriente de Yucatán y los afloramientos de aguas profundas procedentes del canal de Yucatán. El afloramiento de aguas profundas del canal de Yucatán es el segundo evento que favorece el asentamiento de larvas debido a un incremento significativo en la productividad primaria que se traduce en alimento disponible. Este segundo asentamiento, de acuerdo a la dirección de las corrientes tiene lugar principalmente en las zonas arrecifales situadas más al norte, y las larvas en su mayoría son procedentes del mar Caribe. La única evidencia de dos períodos de asentamiento en las costas de Yucatán es la existencia de dos máximos en la captura por unidad de esfuerzo de langostas juveniles y adultas de tallas pequeñas que se capturan tanto en la laguna arrecifal del arrecife Alacranes como en la mayor parte de la costa de Yucatán, estos máximos en la captura por unidad de esfuerzo se presentan a principios de la temporada de pesca y a finales de diciembre y principios de enero.

En cuanto a la distribución espacial de las hembras ovígeras a escala de fracciones de milla cuadrada las langostas forman varias agrupaciones distribuidas de acuerdo a la conformación de los fondos, a una escala mayor las agrupaciones de hembras ovígeras se sitúan en las elevaciones arrecifales así como en cordilleras y orillas de formaciones rocosas situadas en aguas profundas y que aparentemente constituyen formaciones de una escala geológica.

#### LITERATURA CITADA

- Baisre J.A. y R. Cruz. 1994. The Cuban Spiny Lobster Fishery. Páginas 119-132 in: B. F. Phillips, J. S. Cobb and J. Kittaka (eds). *Spiny Lobster Management*. Academic Press, New York, New York USA.
- Bello P.J. y A. Hernández F. 2000. Carta batimétrica y de los recursos pesqueros de Yucatán. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP (ed). México.
- Bessonov, N.O. González y A. Elizarov. 1971. Resultados de las investigaciones Cubano- Soviéticas en el Banco de Campeche. Páginas 317-323 in: UNESCO (eds). *Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes*.
- Buesa R.J. 1965. *Biología de la langosta Panulirus argus* Latreille 1804 (Crustacea, Decapoda, Reptantia) en Cuba. Inst. Nac. Pesca. Cuba. 230 pp.
- Castañó O. y E. Cadima [1993]. Biología y evaluación de la langosta espinosa. Simposium sobre Evaluación y manejo de las pesquerías de crustáceos en Nicaragua Managua. Centro de Investigación de Recursos Hidrológicos (CIRH)/NOPRAD. 53 pp. Unpubl. MS.
- Cochrane, J. D. 1968. The Yucatán Current, upwelling off Northeastern Yucatan and currents and waters of Western Equatorial Atlantic. *Oceanography of the*

- Gulf of México. *Progress Report. TAMU. Ref. No. 66-23T:14-32*
- Cruz R. y M.E. De León. 1991. Dinámica reproductiva de la langosta *Panulirus argus* en el archipiélago cubano. *Revista Investigaciones del Mar* 12(1-3):234-245
- Cruz R., M.E. De León., E. Díaz., R. Brito, y R. Puga. 1992. Reclutamiento de puerulus de langosta (*Panulirus argus*) a la Plataforma Cubana. *Rev. Inv. Mar.* 12(1-3): 66-75
- García C., B. Hernández., J.A. Baisre., y R. Cruz. 1992. Factores climáticos en las pesquerías cubanas de langosta (*P. argus*): su relación con las migraciones masivas. *Revista Investigaciones del Mar* 12(1-3): 131-139
- Hanski I. 1999. *Ecología de Metapoblaciones*. Oxford University Press, Oxford, England.
- Herknkind W.F. and M.J. Butler. 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters. *Panulirus argus. Marine Ecology Progress Series* 34:23-30
- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). Páginas 59-96 in: J. S. Cobb & B. F. Phillips (eds.) *The Biology and Management of Lobsters, Vol. II*. Academic Press, New York, New York USA.
- Leipper D.F. 1954. Marine Meteorology of the Gulf of Mexico, a Brief Review. Páginas 89-98 in: *Gulf of Mexico its Origin Waters and Marine Life*. Fishery Bulletin of the Fish Wildlife Service 89.
- Leipper D.F. 1954. Physical Oceanography of the Gulf of Mexico. Páginas 119-137 in: *Gulf of Mexico its Origin Waters and Marine Life*. Fishery Bulletin of the Fish Wildlife Service 89.
- Logan, B.W. 1969. Carbonate Sediments and Reef, Yucatán Shelf, México. *The American Association of Petroleum Geologist* 18:23-34
- López, Ramos E. 1976. Carta Geológica de la Península de Yucatán Campeche. Inst. de Geografía. UNAM. México.
- Lynch, S.A. 1954. Geology of the Gulf of México. Páginas 67-86 in: *Gulf of Mexico its Origin Waters and Marine Life*. Fishery Bulletin of the Fish Wildlife Service 89.
- Lyons, W.G., D.G. Barber., S.M. Foster., F.S. Kennedy, and G.R. Milano. 1981. The spiny lobster, *Panulirus argus*, in the middle and upper Florida Keys; population structure, seasonal dynamics and reproduction. *Florida Marine Research Publications* 38-39.
- Medley, P. and C. Ninnéz 1997. A recruitment index and population model for spiny lobster (*Panulirus argus*) using catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:1414-1421.
- Merino Ibarra Martín. 1992. Afloramiento en la Plataforma de Yucatán: Estructura y Fertilización. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 255 pp.
- Mooers C.N.K. and G.A. Maul. [1996]. Intra-Americas Sea Circulation. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. University of Miami, Miami, Florida USA. 41 pp. Unpubl. MS.

- Ramírez E.A. 1996. Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa noroeste de Quintana Roo. Tesis Maestría. UNAM. Facultad de Ciencias. 85 pp.
- Ríos Lara, G.V., C. Zetina M, y K. Cervera. [1996]. Análisis del esfuerzo en la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán. Informe de Investigación. CRIP Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 12 pp. Unpubl. MS.
- Ríos Lara, G.V., C. Zetina-Moguel, K. Cervera Cervera., R. Mena, y F. Chablé. 1998. La pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en las costas del estado de Yucatán. *Contribuciones de Investigación Pesquera. Documento Técnico*. CRIPY. INP. (6):36 pp.
- Ruiz, F.G. 1979. Upwelling North of the Yucatán Peninsula. M.S. Thesis. Dept. of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas USA. 85 pp.
- Zetina Moguel, C.E. y G.V. Ríos Lara. 2001. Modelos de crecimiento de la langosta espinosa *Panulirus argus* y un método para la determinación de la edad. *Revista Ciencia Pesquera*. INP. SAGARPA. 14:41-48