

**ESTIMACIÓN DE LA CAPTURABILIDAD Y
SELECTIVIDAD DE DOS TÉCNICAS DE CAPTURA
PARA LA LANGOSTA ESPINOSA, *Panulirus argus*,
EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE
ALACRANES, YUCATÁN**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS EN MANEJO DE
RECURSOS NATURALES TROPICALES**

POR:

**Licenciada en Biología Marina
Mariana Libertad Santana Cisneros**

Asesores:

Dr. Armin N. Tuz Sulub

Dr. José Iván Velázquez Abunader

Mérida, Yuc., México. Abril de 2016



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS NATURALES TROPICALES**

**ALUMNA: LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA
MARIANA LIBERTAD SANTANA CISNEROS**

SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO

**DR. ALFONSO AGUILAR PERERA
CCBA-UADY**

**DR. JORGE LEIRANA ALCOCER
CCBA-UADY**

**DR. GASPAR POOT LÓPEZ
CCBA-UADY**

**DR. CARLOS GONZÁLEZ SALAS
CCBA-UADY**

**DR. RAÚL DÍAZ GAMBOA
CCBA-UADY**

MÉRIDA, YUCATÁN, ABRIL DEL 2016

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Yucatán, por permitirme formar parte de su posgrado institucional.

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Dr. Armin Nasario Tuz Sulub académico e investigador de la Universidad Autónoma de Yucatán, el cual es uno de mis directores en esta tesis y una pieza fundamental, gracias por aceptarme en este proyecto y por su valioso tiempo, apoyo y asesoría.

Al Dr. José Iván Velázquez Abunader académico e investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV Unidad Mérida), el cual integro mi dirección de tesis y ha sido una pieza fundamental para la realización de este proyecto, gracias por su valioso tiempo, apoyo y asesoría.

A mi comité tutorial integrado por el Dr. Alfonso Aguilar, Dr. Gaspar Poot y Dra. Ileana Ortegón que han sido una parte importante en la realización de este documento, gracias a cada uno por sus valiosos comentarios.

A los pescadores de la S.C.P.P. Pescadores del Golfo de México S.A. de R.L., así como a los P. Biol. Mar. Ernesto Pérez Chacón, Emmanuel Dorantes Acereto y al Biol. Cristóbal Cáceres G. Cantón encargado de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), por el apoyo brindado para el trabajo de campo.

A mis padres por siempre creer en mí y motivarme a ser siempre una mejor persona, gracias por su amor, apoyo, paciencia, y sacrificios que me han dado en todos estos años.

RESUMEN

Dentro de los objetivos de la ciencia pesquera se encuentra el de brindar conocimientos científicos que permitan aprovechar los recursos pesqueros de manera sostenible. La langosta espinosa *Panulirus argus* representa una pesquería de gran valor económico para el estado de Yucatán. Debido a los cambios en la tecnología de su captura, las decisiones de manejo de esta especie se fundamentan en una mejor información sobre la vulnerabilidad del recurso y la eficiencia del arte de pesca. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la capturabilidad y selectividad de la langosta espinosa *Panulirus argus* a través de casitas cubanas y el gancho en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), lo que ayudara en definir la eficiencia de estas dos técnicas de captura. Se realizaron muestreos mensuales de Julio 2014 a Septiembre 2015, en donde se utilizaron 47 casitas cubanas para la captura de la langosta, y la toma de muestras a la pesquería comercial de la langosta obtenida con gancho. Se analizó la captura por unidad de esfuerzo, la cual fue considerada como el número de langostas capturadas por casita o gancho en una hora de pesca. La capturabilidad variable con la talla, tiempo y técnica de captura se estimó a través de un modelo basado en la matriz de Leslie y en distribuciones de frecuencias de longitud abdominal. La selectividad se obtuvo de la frecuencia de tallas de longitudes abdominales, a través de una curva logística. Los resultados registraron que no existen diferencias significativas en la proporción macho: hembra 1:1, tanto en los ejemplares capturados en las casitas cubanas como con gancho. Al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov se encontraron diferencias significativas en las tallas capturadas por ambas técnicas de captura, esto debido a que se obtuvo una mayor abundancia de langostas, así como mayores tallas a través del gancho en comparación con las casitas cubanas. Asimismo, se encontró que la baja captura de langosta espinosa al inicio del muestreo a través de casitas cubanas esto pudo deberse al inicio de la temporada de pesca de langosta (Julio- Febrero), las características de los hábitats que presenta el PNAA, así como la altura de la casita y el sitio donde fueron colocadas, lo que pudo ocasionar la remoción de los ejemplares, o en su caso, la poca selección de la casita cubana por las langostas.

PALABRAS CLAVES: Arrecife Alacranes, captura, langosta espinosa, pesquería.

ABSTRACT

Among the objectives of fishery science is to provide the scientific knowledge to exploit fishery resources sustainably. *Panulirus argus* spiny lobster fishery represents a great economic value to the state of Yucatan. Due to changes in the technology of capture, management decisions of this kind are based on better information on the vulnerability of the resource and efficiency of the gear. This paper aims to evaluate catchability and selectivity of the spiny lobster *Panulirus argus* through casitas cubanas and hook at the Arrecife Alacranes National Park (AANP), which will help to define the efficiency of these two capture techniques. Monthly sampling took place from July 2014 to September 2015, in which 47 casitas cubanas for catching lobster were used and sampling to commercial lobster fishery was conducted when hook obtained. Each catch per unit of effort was analyzed, which was considered as the number of lobsters caught by hook or casita in an hour of fishing. The variable catchability represented by size, time and capture technique was estimated through a matrix base on Leslie and frequency distributions abdominal length model. The selectivity process was based on the size frequency of abdominal length, through a logistic curve. When applying the Kolmogorov-Smirnov test, significant differences in the sizes taken by both capture techniques were found, because this greater abundance of lobsters was obtained and larger sizes through the hook compared to the casitas cubanas. The results showed significant difference in the sex ratio; male: female 1:1 in both specimens caught in casitas cubanas and hook. Each per unit effort was analyzed, which was considered as the number of lobsters caught by hook or house in an hour of fishing. When applying the Kolmogorov-Smirnov significant differences in the sizes of the lobster caught by both capture techniques were found, it was greater abundance of lobsters obtained and larger sizes through the hook when compared to the casitas cubanas. We also found that the low catch spiny lobster at the start of sampling process by casitas cubanas, could be due to the start of the lobster fishing season (July-February), the characteristics of habitat that has the AANP the height of the house and the site where they were placed, this could result in the removal of specimens, or where applicable, the non-selection of the casita cubana by lobsters.

KEYWORDS: Arrecife Alacranes, capture, spiny lobster, fishery.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT	IV
CAPÍTULO I	1
1. Introducción.....	1
2. Revisión de la Literatura	3
2.1 La langosta espinosa <i>P. argus</i>	3
2.2 La pesca de langosta espinosa <i>P. argus</i>	9
2.2.1 Los refugios artificiales tipo casita cubana.....	13
2.3 Capturabilidad y selectividad de la langosta espinosa <i>P. argus</i>	16
3. Justificación	19
4. Hipótesis.....	19
5. Objetivos.....	20
5.1 Objetivo General.....	20
5.2 Objetivos específicos.....	20
6. Referencias	21
CAPÍTULO II.....	37
7. Artículo I	37
CAPTURABILIDAD Y SELECTIVIDAD DE DOS TÉCNICAS DE CAPTURA PARA LA LANGOSTA ESPINOSA, <i>Panulirus argus</i> , EN EL PARQUE NACIONAL ARRECIFE ALACRANES, YUCATÁN.....	37
RESUMEN.....	38
INTRODUCCIÓN	39
MATERIALES Y MÉTODOS	41
Área de estudio	41
Obtención de datos	42

<i>Análisis de información</i>	43
<i>Proporción macho-hembra</i>	43
<i>Selectividad</i>	43
<i>Capturabilidad</i>	44
Estimaciones de capturabilidad	44
RESULTADOS	47
<i>Proporción macho-hembra</i>	48
<i>Selectividad</i>	49
<i>Capturabilidad</i>	50
DISCUSIÓN	53
AGRADECIMIENTOS	57
LITERATURA CITADA	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Langosta espinosa, <i>Panulirus argus</i>	3
Figura 2. Dimorfismo sexual de <i>Panulirus argus</i> , según pleópodos y orificios genitales: macho (A) y (C), y hembra (B) y (D) (Fotografías tomadas de Estela de León 2006).	4
Figura 3. Distribución geográfica de las zonas más importantes para la pesquería de langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>) en el Gran Caribe (Modificada de Cruz, 2002).	5
Figura 4. Esquema hipotético de suministro larval y conectividad entre poblaciones locales de langosta espinosa en la Península de Yucatán (Tomada de Ríos-Lara <i>et al.</i> , 2012)	8
Figura 5. Volumen de captura de la pesquería de langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el estado de Yucatán (CONAPESCA, 2014).	10
Figura 6. Refugio artificial tipo “casita cubana”	13

ARTÍCULO

Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán (Bello-Pineda 1998).	41
Figura 2. Distribución de tallas de capturas por casitas cubanas y el gancho para la captura de la langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.	48
Figura 3. Curva de selectividad de casitas cubanas y de gancho para la captura de langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.	50
Figura 4. Capturabilidad de la langosta <i>Panulirus argus</i> por arte de pesca en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.	51
Figura 5. Vulnerabilidad relativa de la langosta <i>Panulirus argus</i> por arte de pesca en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Descripción de las zonas de pesca y artes de pesca utilizados en la costa de Yucatán para la pesquería de langosta espinosa (Ríos-Lara *et al.*, 2013).....12

ARTICULO

Tabla 1. Langostas *P. argus* capturas por técnica (casita cubana y gancho) y clasificadas por tipo fondo en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.....47

Tabla 2. Parámetros de selectividad (\pm ES) de casitas cubanas y gancho para la captura de *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.....49

CAPÍTULO I

1. Introducción

Las pesquerías de crustáceos como camarones peneidos, langostas y cangrejos han adquirido gran importancia debido a la alta demanda que tienen en los mercados mundiales (FAO, 2008). Las langostas espinosas son el objetivo de pesquerías comerciales y recreativas en todo el mundo (Negrete-Soto *et al.*, 2002), lo cual ha llevado a una disminución sustancial de sus poblaciones (Frusher y Hoenig, 2001). *P. argus* representa una pesquería de gran valor económico (Tourinho *et al.*, 2012), ya que genera cerca de 500 millones de dólares con capturas que fluctúan entre las 35,000 y 40,000 toneladas (t) anuales en el océano Atlántico occidental (Cruz, 2002). En México, en particular en el estado de Yucatán, esta pesquería ocupa el tercer lugar en importancia económica con un ingreso aproximado de seis millones de dólares anuales (Ríos-Lara y Salas, 2009). La pesquería de langosta espinosa en el Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Arrecife Alacranes aporta entre 15 y 20% de la captura total de esta pesquería en Yucatán (Colás *et al.*, 2002; Bello-Pineda *et al.*, 2005).

La langosta espinosa, presenta una vida bentónica, asociada fuertemente a los arrecifes de coral y rocas (Evans *et al.*, 1995), por lo que su distribución y abundancia están influenciadas mayormente por este tipo de hábitats (Wynne y Cote, 2007). Una de las técnicas de captura, a profundidades no mayores de los 10 metros, es mediante buceo semiautónomo y/o a libre, con ayuda de un gancho o de estructuras artificiales tipo “casita cubana” las cuales requieren la utilización de una red tipo “jamo”. Para su captura en sitios con profundidades mayores a 10 metros se usan trampas plegables (Tewfik *et al.*, 1998; Ríos-Lara *et al.*, 2013). Los refugios artificiales tipo “casitas cubanas” son estructuras construidas por el hombre e instaladas en el ambiente marino. En la actualidad se han utilizado para aumentar los volúmenes de captura de las langostas, ya que al imitar grandes refugios de tipo hendidura permiten un mayor reclutamiento (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001).

La tecnología pesquera está en continua evolución y la eficiencia de las capturas aumenta constantemente; debido a lo anterior, la evaluación y gestión de las poblaciones pesqueras han adquirido mayor importancia (FAO, 1997). El excesivo esfuerzo pesquero,

representado tanto en el número de trampas utilizadas como por la eficiencia individual (números de organismos capturados) de cada una de ellas (Arana, 1983; Arana y Vega, 2000), así como la extracción de ejemplares bajo la talla mínima legal, son parámetros a considerar para el efecto que puede tener en la conservación de los recursos pesqueros (Silva y Cerda, 1984; Arana, 1985, 1987; Arana y Vega, 2000). Por lo tanto, es importante evaluar el efecto ambiental posible (positivo o negativo) que estos dispositivos generarán, así como el estado de las poblaciones de langostas espinosas que son explotadas (Bohnsack, 1989; Ríos-Lara, 2000).

Para la evaluación y gestión de las poblaciones, la capturabilidad q es un parámetro biológico-pesquero clave, ya que es ampliamente utilizado para estimar otros parámetros como la mortalidad por pesca y la abundancia de los stocks (Velázquez-Abunader *et al.*, 2013). Sin embargo, el supuesto común en la evaluación de pesquerías es que q permanece constante a través del tiempo, el tamaño del individuo y el espacio, lo que podría enmascarar el efecto de las artes de pesca o flota, en su caso, y el comportamiento de los organismos (Velázquez-Abunader *et al.*, 2013).

Las investigaciones sobre la capturabilidad se han desarrollado principalmente en dos direcciones: 1) aquellos relacionados con la medición de la eficiencia de las artes de pesca, y 2) los que la utilizan como parámetro para relacionar el esfuerzo de pesca a la mortalidad por pesca, y la abundancia poblacional para fines de evaluación y gestión de stock (Arreguín-Sánchez, 1996; Arreguín-Sánchez y Pitcher, 1998).

Por otra parte, la selectividad es una medida del efecto del arte de pesca, sobre un componente de una población (por ejemplo: el tamaño de captura) en relación con otros componentes. Las estimaciones en la selectividad del arte pesca son cruciales en la ciencia pesquera, estos datos pueden ser estimados a partir de los datos de las longitudes capturadas. Trabajos recientes han demostrado que la selectividad de un arte de pesca en particular puede cambiar tanto espacial (Addison y Lovewell, 1991; Anganuzzi *et al.*, 1994) como temporalmente (Myers y Hoenig, 1997).

La importancia de realizar estudios enfocados en determinar parámetros relevantes, es necesaria en la evaluación de stocks sin asumir condiciones constantes de los mismos. El objetivo del presente trabajo fue el de estimar los parámetros pesqueros de capturabilidad y selectividad de dos técnicas de captura para la langosta espinosa, las casitas cubanas y el gancho, en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

2. Revisión de literatura

2.1 La langosta espinosa *P. argus*

La langosta espinosa *Panulirus argus*, es un crustáceo bentónico perteneciente a la familia Palinuridae conformada por ocho géneros y 49 especies (Barnes, 1989) (Figura 1).

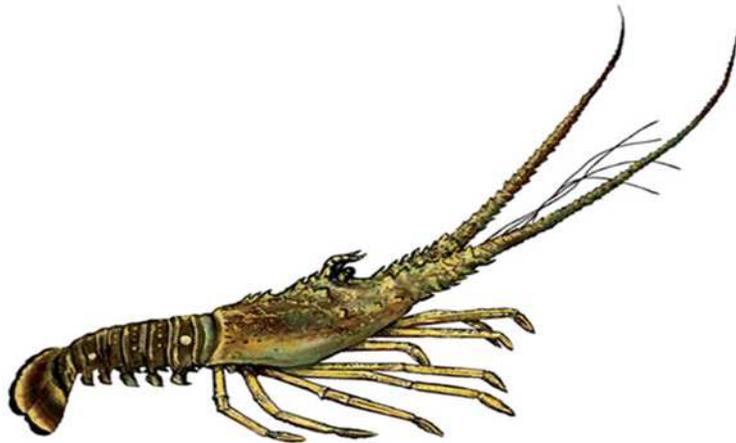


Figura 1. Langosta espinosa, *Panulirus argus*.

Al igual que la mayoría de los artrópodos, esta especie tiene una cabeza fusionada al tórax (cefalotórax) y un abdomen con apéndices externos que difieren dependiendo del sexo. El macho presenta apéndices unirrámeos y las hembras de tipo birramiados (Ríos-Lara *et al.*, 2013). En general, el macho presenta un cefalotórax más ancho y un abdomen más estrecho y corto. Además, morfológicamente los machos presentan los orificios genitales en la base del quinto par de pereópodos (coxa) y las hembras en la base del tercer par (Figura 2) (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

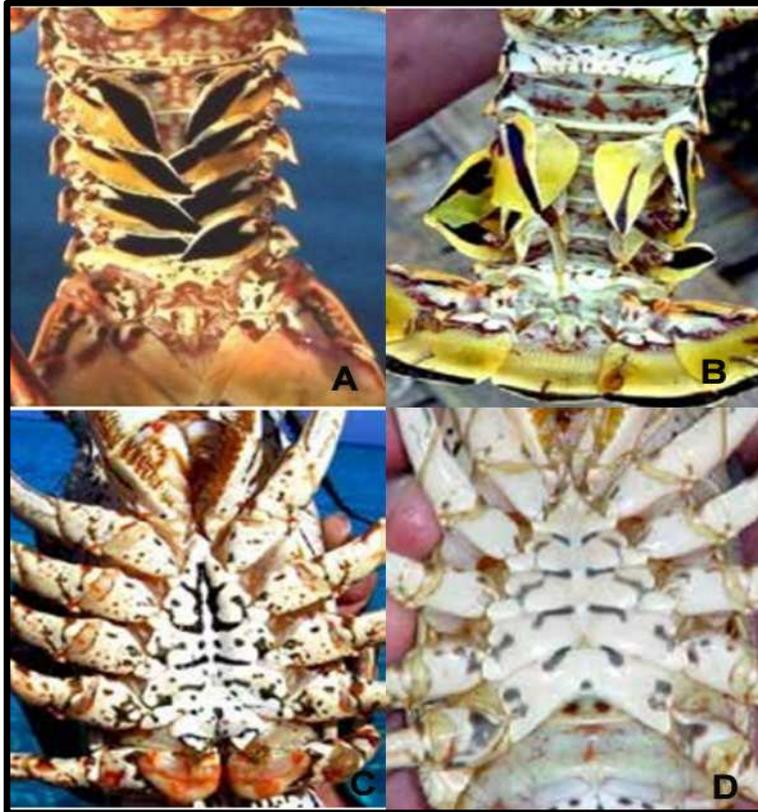


Figura 2. Dimorfismo sexual de *Panulirus argus*, según pleópodos y orificios genitales: macho (A) y (C), y hembra (B) y (D) (Fotografías tomadas de Estela de León 2006).

Las langostas de la familia Palinuridae presentan hábitos alimenticios de carácter omnívoro. Durante las etapas de juveniles y adultos, los individuos de *P. argus* se alimentan de otros crustáceos (cangrejos), gasterópodos, almejas, equinodermos, poliquetos, peces y algas coralinas (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

P. argus, es una especie tropical y subtropical en el océano Atlántico occidental, y sus límites de distribución van de las Bermudas y Carolina del Norte hasta el noreste de Brasil (Figura 3). Puede ser encontrada desde zonas sublitorales someras hasta zonas con profundidades superiores a los 100 m en aguas donde las temperaturas fluctúan entre los 16 y los 28°C respectivamente (Salas *et al.*, 2005; Ríos-Lara *et al.*, 2013).



Figura 3. Distribución geográfica de las zonas más importantes para la pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Gran Caribe (Modificada de Cruz, 2002).

Esta especie presenta un ciclo de vida muy complejo que incluye cinco etapas de desarrollo: huevo, larva planctónica (filosoma), postlarva (puerulus), juvenil y adulto. Su fase planctónica tiene un periodo de desarrollo de entre seis y doce meses en aguas del mar Caribe y las Bermudas (Cruz, 2002). En el Caribe mexicano, las hembras con huevos, se hallan durante todo el año, sin embargo la temporada reproductiva se extiende de marzo a noviembre, con picos significativos en agosto-septiembre (Fuentes-Castellanos, 1988). Las hembras desovan dos veces por año; una hembra que haya desovado en marzo, presentará un segundo desove a fines de abril o principios de mayo (Buesa, 1965).

La selección del hábitat y la interacción social, juegan un papel significativo en la historia de vida de las langostas espinosas, puesto que la supervivencia, crecimiento, éxito reproductivo y migraciones durante distintas épocas y/o etapas de vida están fuertemente relacionados con la distribución de los recursos críticos y las interacciones intraespecíficas por dichos recursos (Herrnkind y Butler, 1986; Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001; Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2007; Weiss *et al.*, 2007; Ley-Cooper *et al.*, 2013).

Los patrones de movimiento de especies marinas bénticas en cuanto al hábitat es relevante para su gestión (Rosenberg *et al.*, 2000; Geraldi *et al.*, 2009). Los hábitats de buena calidad

pueden albergar poblaciones mayores ya que poseen tasas altas de reclutamiento y una mortalidad baja (Almany, 2004). Un hábitat de buena calidad se ha definido como las zonas o la cobertura marina que presenta mayor presencia de arrecife de coral, ya que provee zonas de refugio, alimentación y crecimiento de diversas especies benthicas, un ejemplo es la langosta espinosa (Sluka *et al.*, 1998; Tolimieri, 1998; Srinivasan, 2003; Nanami *et al.*, 2005). Por lo tanto, el conocimiento de la distribución y la disponibilidad del tipo de hábitats debe ser un requisito previo para evaluar una población benthica.

Las langostas espinosas no están distribuidas de manera uniforme, más bien, los requisitos de nicho resultan en asociación con hábitats específicos y recursos (Geraldi *et al.*, 2009). El hábitat y el paisaje (la distribución espacial del hábitat) son los principales factores determinantes de los movimientos y la dinámica poblacional (Turchin, 1998; Pittman y McAlpine, 2003; Kokko y López-Sepulcre, 2006).

El crecimiento y la supervivencia de las langostas espinosas están relacionados con el suministro de alimentos y posible refugio (Chittleborough y Phillips, 1975). Los movimientos migratorios pueden ser influenciados por los niveles de luz (Morgan, 1978; Reneke, 1982), la etapa de muda (Lipcius y Herrnkind, 1982), la temperatura (Morgan, 1978), las influencias hidrodinámicas (Herrnkind y McLean, 1971), la densidad y el suministro de alimentos (Chittleborough, 1975). El crecimiento también puede verse afectado por la calidad del agua, la genética, la dieta y las condiciones de luz (Richards y Wickins, 1979). Las langostas espinosas, prefieren niveles de luz producido en los refugios, lo que podría interpretarse como un reflejo de las diferencias en la calidad de microhábitats (Morgan, 1978; Cooper y Uzman, 1980), ya que se ha comprobado que el aumento de luz hace menos activa a la langosta espinosa (Jernakoff *et al.*, 1987).

El reclutamiento natural de la langosta adulta se encuentra típicamente en fondos rocosos con grietas (Sheeky, 1976), con un suministro de alimentos adecuado, entre otros factores (Chittleborough, 1975; Richards y Wickins, 1979), así como de arrecifes de complejidad estructural (Wynne y Cote, 2007). Para los juveniles, se ha determinado la preferencia a hábitats de fondo duro con cubiertas de algas (Butler, 2003; Bertelsen *et al.*, 2009). También se ha determinado que el comportamiento de pre-muda es caracterizado particularmente por el uso de múltiples refugios (Karnofsky *et al.*, 1989a). Por lo tanto, la

calidad del hábitat puede estar enmascarando los efectos de la explotación sobre las poblaciones de langosta (Wynne y Cote, 2007).

Se ha determinado que la mayoría de los ejemplares de *P. argus* ocupan preferentemente hábitats con sustratos de arrecife, pastos marinos o cualquier otro que ofrezca un tipo de protección (FAO, 2013). La migración de *P. argus* está relacionada con la búsqueda de temperaturas favorables para el desempeño de sus funciones vitales y con sus hábitos reproductivos. Las hembras emigran hacia zonas profundas donde encuentran áreas favorables para el desove (Buesa, 1965). Debido a esto, las langostas se encuentran a más de 20 m de profundidad en verano y cerca de la costa en otoño, de acuerdo con los cambios de temperatura del agua (Buesa, 1965). *P. argus* presenta movimientos en masa que no están relacionados con los hábitos reproductivos. En este movimiento toman parte ambos sexos, formando líneas de migración compuestas de 2 a 60 individuos ordenados en fila, hacia aguas más profundas en respuesta a la presencia de fuertes tormentas o huracanes (Herrnkind, 1977). En un estudio realizado por Ríos- Lara *et al.* (2012) se determinó el posible suministro larval y conectividad de poblaciones de *P. argus* en Yucatán, en donde se concluyó que el Parque Nacional Arrecife Alacranes es una zona que se caracteriza por la presencia de ejemplares adultos de *P. argus*, ya que una marcada zona de suministro larval, debido a las características que presenta el sitio (Figura 4).

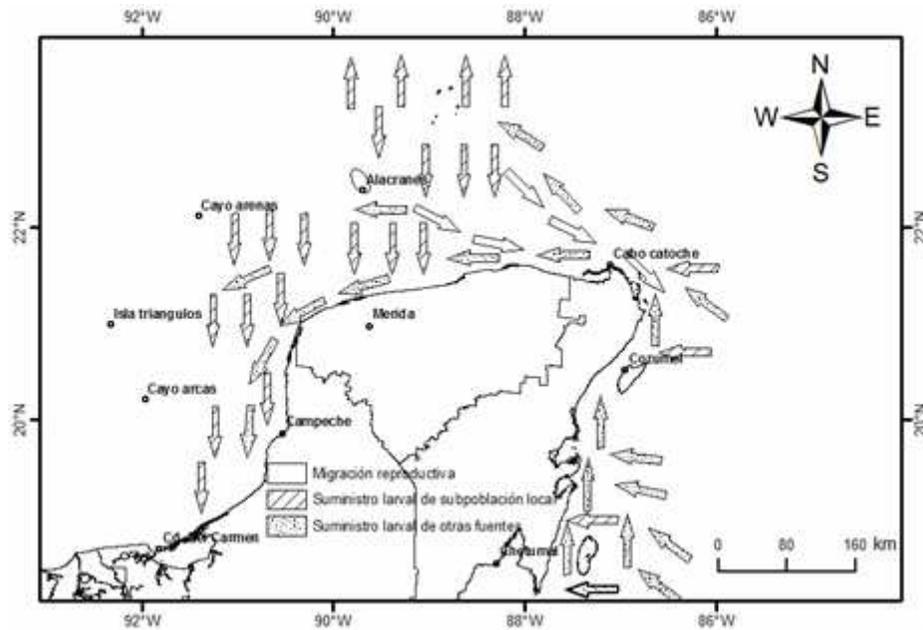


Figura 4. Esquema hipotético de suministro larval y conectividad entre poblaciones locales de langosta espinosa en la Península de Yucatán (Tomado de Ríos-Lara *et al.*, 2012)

MacDiarmid *et al.* (1990) reportaron que las hembras *P. argus* que se encuentran en premuda se mantienen activas en la noche, y que los machos maduros se mantienen dentro de los refugios en el día donde se aparean con hembras que cohabitan y de noche buscaban a hembras receptoras.

Los organismos adultos pasan la mayor parte de su tiempo en refugios (Cooper y Uzmann, 1980, Karnofsky *et al.*, 1989a) usándolos para la protección no sólo de los depredadores, sino también de las corrientes y mareas. Por lo anterior los ejemplares de mayor talla son encontrados con frecuencia en sustratos rocosos debido a la protección que estos les brindan (Addison y Lovewell, 1991). Algunos individuos ocupan el mismo refugio durante periodos de hasta varios meses, mientras que otros con frecuencia cambian de refugios (Pickering y Whitmarsh, 1996).

Los juveniles, durante sus primeras etapas, suelen tener una conducta poco social y tienden a permanecer espacialmente más dispersos, posteriormente exhiben un cierto grado de agregación no aleatoria de los congéneres en refugios diurnos mediados por la atracción química de la misma especie (Briones-Fourzán *et al.*, 2013). Horner *et al.* (2008) determinaron que los refugios con orina de sus congéneres obtuvieron mayor selección de

P. argus, esto debido a su gran orientación sensorial. Este proceso minimiza la competencia intraespecífica, debido a que existe un intercambio de refugios para disminuir el riesgo de depredación, el aumento de la vigilancia y la defensa en grupo (Behringer y Butler, 2010).

Los movimientos de langostas espinosas son de tres tipos (Herrnkind, 1980): de migración, de nomadismo y movimientos mensajeros. La migración se define como un movimiento a grandes distancias, a menudo a zonas de cría. El nomadismo se refiere cuando las langostas se mueven en grandes áreas sin ningún principio claro o punto final evidente para el observador (Annala, 1981). Y los movimientos mensajeros, son excursiones periódicas a partir de un refugio a una zona de alimentación y de retorno (Heydorn, 1969).

2.2 La pesca de la langosta espinosa *P. argus*

Los efectos de la pesca y la variabilidad ambiental en la dinámica de las poblaciones son fundamentales para el ordenamiento pesquero (Glantz, 1992). Una cantidad importante de poblaciones de peces y crustáceos de importancia comercial, son explotados en diferentes grados, lo que directamente deteriora la salud del ecosistema (Hutchings y Reynolds 2004; Sibert *et al.*, 2006; Worm *et al.*, 2009; Chang *et al.*, 2011).

P. argus representa una importante pesca comercial en la región del Mar Caribe. El aumento en la demanda del recurso, un mayor valor de mercado, la expansión de flotas pesqueras, y tal vez, la variabilidad del clima, ha dado lugar a que este recurso esté siendo explotado a su máximo nivel permisible en la mayor parte de su área de distribución (Cochrane y Chakalall, 2001). Esta especie ha sido estudiada durante más de 50 años en cinco países: Cuba, Bermudas, Florida, México (Yucatán y Quintana Roo) y Brasil (Cruz y Bertelsen, 2008).

Son tres las especies de langostas explotadas en el Mar Caribe pertenecientes al género *Panulirus*: *P. guttatus*, *P. laevicauda* y *P. argus*; ocupando esta última especie, el primer lugar y la mayor importancia comercial, por su abundancia y tamaño (Gómez *et al.*, 2007). La captura promedio anual registrada para esta especie en el Mar Caribe es de 38,020 t, representando el 50.8% de la captura de palinúridos a nivel mundial y creando ingresos y empleo para la población local, así como divisas para los gobiernos nacionales (Cruz, 2002; Gómez *et al.*, 2007).

Esta pesquería en la costa de la península de Yucatán (Figura 5) ha tenido cambios importantes en términos de cantidad y calidad del esfuerzo pesquero, tales como el tamaño de la flota, el tipo de embarcaciones y artes de pesca, uso de sistemas de localización y diversificación de los artes de pesca (Ríos-Lara, 2009).

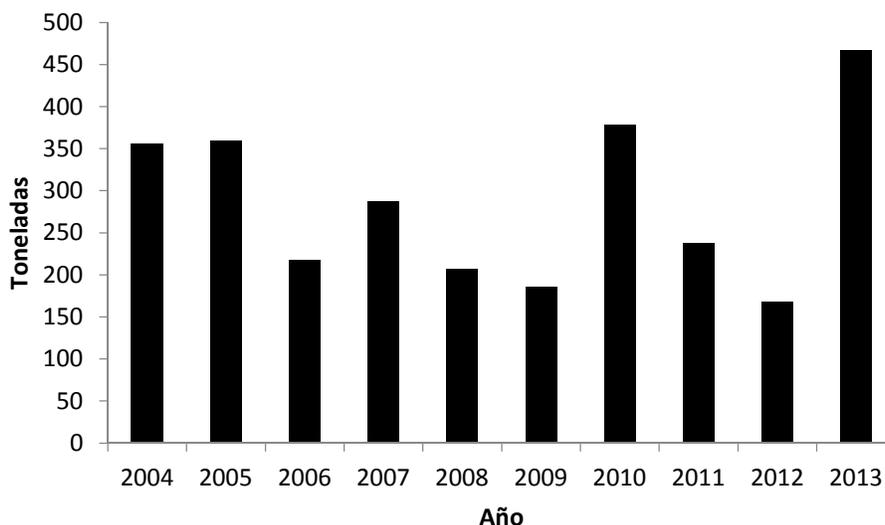


Figura 5. Volumen de captura de la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán (CONAPESCA, 2014).

La pesquería de langosta espinosa es una actividad económica de gran importancia para las comunidades pesqueras de las costas del estado de Yucatán, con una captura de alrededor de 280 t que representan aproximadamente unos seis millones de dólares (Ríos-Lara y Salas, 2009). En Yucatán, son 17 las cooperativas localizadas en siete principales puertos pesqueros, que cuentan con la participación aproximada de 1,000 pescadores que trabajan y dependen de este recurso (Reyes *et al.*, 2008; Zapata *et al.*, 2008).

El recurso langosta espinosa, actualmente se explota en toda la costa del estado de Yucatán, bajo el régimen de concesión de zona y permisos de pesca. Esta zonas de pesca se dividen en: **Poniente** (Celestún, Sisal y Progreso), **Centro** (Dzilam de Bravo), **Oriente** (San Felipe, Rio Lagartos, Coloradas y el Cuyo), **Profunda** (Celestún y Progreso) y **El Parque Nacional Arrecife Alacranes** (Progreso) (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

Este recurso está legislado por la Norma Oficial Mexicana NOM 006-PESC-1993 (DOF, 1996) que regula el aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de

jurisdicción federal de los mares mexicanos, el cual menciona la talla de mínima de captura de la langosta espinosa que es 14.5 cm de longitud abdominal en Yucatán, la obtención de un permiso de pesca para poder llevar esta pesquería a nivel comercial, y la utilización de artes de pesca sostenibles para este recurso. La Carta Nacional Pesquera (DOF, 2012), que contiene la presentación cartográfica y escrita del diagnóstico y la evaluación integral de la pesca y los indicadores sobre la disponibilidad y la conservación, es de carácter informativa para el sector productivo y es vinculante en la toma de decisiones de la autoridad pesquera en términos de control del esfuerzo, la resolución sobre concesiones y permisos de pesca y la acuicultura (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

Se denomina arte de pesca a cualquier implemento que se utiliza para capturar una especie. Los equipos e implementos que se emplean en la captura de la langosta constan normalmente de una embarcación donde se ubican los pescadores con un número variable de trampas y diferentes accesorios (García, 1994). *P. argus* se pesca usando una variedad de técnicas, en diferentes áreas, las más importantes son las trampas de alambre, ganchos y lanzas, y hábitats artificiales llamados "casitas cubanas" o "sombras" (Miller, 1982a; Lozano-Álvarez *et al.*, 1988). En Yucatán los principales artes de pesca son el gancho mediante buceo libre y semiautónomo y para mayores profundidades las trampas plegables (Tabla 1).

Estudiar la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de una especie ayuda a tener características individuales, hábitats y procesos estocásticos de una población (Uchmanski y Grimm, 1996). La estimación de parámetros poblacionales como es la talla mínima legal de captura ayuda a evaluar la sobrepesca y por tanto la productividad de langosta (Chang *et al.*, 2011).

Tabla 1. Descripción de las zonas de pesca y artes de pesca utilizados en la costa de Yucatán para la pesquería de langosta espinosa (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

Zona de pesca	Profundidad y arte de pesca
Poniente: Celestún, Sisal y Progreso. Se pesca en la franja costera de Celestún a Telchac Puerto	Profundidad entre 10 y 36 m (6-20 brazas). Buceo libre y semiautónomo (hookah), en ambos casos se usa gancho. En Celestún tienen algunas “casitas”.
Centro: Dzilam de Bravo. La zona de pesca considera la franja costera desde Chabihau hasta el Faro de Yalkubul.	Profundidad entre 7 y 36 m (4-20 brazas). Buceo libre, semiautónomo y gancho.
Oriente: San Felipe, Río Lagartos, Coloradas y El Cuyo. Pescan en la franja costera del Faro de Yalkubul hasta el límite geográfico entre Yucatán y Quintana Roo	Profundidad entre 3 y 36 m (2-20 brazas). Buceo libre, semiautónomo y gancho. Tienen algunas “casitas”.
Profunda: Puertos Celestún y Progreso. Pescan en los Arrecifes sumergidos y biostromos de la porción centro-occidental de la plataforma de Yucatán y zona profunda alrededor del Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA)	Profundidad entre 48 y 60 m (27-33 brazas). Trampas plegables.
Parque Nacional Arrecife Alacranes: Pescan en el área de Islas y lagunas del PNAA.	Profundidad entre 1.8 y 40 m (1-22 brazas). Buceo libre, semiautónomo y gancho.

Bello-Pineda *et al.* (2005), determinaron la distribución de la langosta espinosa durante la temporada de pesca en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, el estudio concluyó que la mayor abundancia se presenta en la zona central del complejo arrecifal, en particular en fondo de corales duros. Los autores resaltan que al principio de la temporada de pesca la mayor abundancia se registró en zonas menores de 5 m pero para finales de la temporada la mayor abundancia de langosta espinosa se registró en zonas mayores de los 10 m. De igual

manera, Ríos-Lara *et al.* (2007) determinaron el hábitat de organismos subadultos y adultos de *P. argus* en PNAA, el cual se encuentra entre los 20 y los 30 m de profundidad, son sitios que presentan una topografía muy compleja conformada por asociaciones coloniales de coral duro (Hexacorales).

2.2.1 Los refugios artificiales tipo casita cubana

La pesca de *P. argus* mediante refugios artificiales específicamente con casitas cubanas (Figura 6), ha sido exitosa en países como Cuba, Bahamas y México (Quintana Roo) (Zapata *et al.*, 2008). Las casitas cubanas se instalan en el fondo para que las langostas se refugien dentro de ellas, de donde son capturadas por los pescadores por medio de apnea y buceo semiautónomo, con ayuda de una red tipo jamo (Lozano-Álvarez *et al.* 1989; 1991; 1994).



Figura 6. Refugio artificial tipo “casita cubana”.

Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2013) mencionan que los refugios artificiales tipo “casitas cubanas”, tienen las siguientes características: a) suministran más refugios que ayudan a reducir la competencia intraespecífica, b) permiten que las langostas aprovechen recursos alimenticios en grandes áreas donde no existía refugio, y c) ayuda al aumentar el gregarismo, incrementando los beneficios de defensa grupal para los depredadores.

Debido a estas características no sólo se ha utilizado para la pesca comercial, sino que también para la mejora del hábitat y mitigación de daño (Huntsman, 1981; Bohnsack, 1989; Hixon y Beets, 1989; Eggleston *et al.*, 1990; Seaman y Sprague, 1991; Eggleston *et al.*, 1992; Bortone *et al.*, 1994; Polovina, 1994; Pickering y Whitmarsh, 1996) o como una

herramienta de investigación para recoger especies marinas en sus diferentes etapas de vida (Phillips, 1972; Booth 1979).

El inicio de la captura de langosta en Quintana Roo mediante casitas cubanas, es de aproximadamente tres décadas, los refugios artificiales tipo “casitas cubanas” han mostrado ser eficientes (Seijo 1993; Lozano-Álvarez *et al.*, 1994; Sosa-Cordero *et al.*, 1996; Sosa-Cordero *et al.*, 1998, Briones-Fourzán *et al.*, 2000; Ley-Cooper *et al.*, 2013), incrementando la abundancia y biomasa de las langostas en ambientes con hábitats o refugios limitados, proponiendo un efecto combinando de atracción-producción (Arce *et al.*, 1997; Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001; Briones-Fourzán *et al.*, 2007; Ley-Cooper *et al.*, 2013). Una de las zonas más productivas de langostas en Quintana Roo es Bahía de la Ascensión, las langostas se pescan exclusivamente con refugios artificiales tipo "casitas" y, ocasionalmente, redes langosteras (lazo) (Miller, 1982b; Lozano *et al.*, 1988; Briones-Fourzán y Gutiérrez-Carbonell). En un estudio realizado por Eggleston y Lipcius (1992) se determinó que la captura de langosta por casitas cubanas, presenta una supervivencia mayor de juveniles en comparación de adultos.

El éxito de las casitas cubanas se basa en:

- Propiedades físicas

Eggleston *et al.* (1990) mencionaron que las casitas cubanas necesitan ciertas propiedades físicas para brindar un refugio óptimo: 1) una tapa (la parte superior de la casita) proporcionada por un amplio techo de concreto; 2) un techo bajo (la altura) para excluir grandes depredadores; 3) múltiples aberturas de refugio que son más pequeños que la altura del techo en el interior de la casita.

La complejidad del diseño, y el crecimiento de epifauna y las características del entorno (Lozano-Álvarez *et al.*, 1994) proveerá una gama más amplia de especies y grupos de edad (Bohnsack, 1989). El tipo de sustrato y las corrientes son factores claves en el asentamiento exitoso de los refugios artificiales (Dean, 1983; Lockwood *et al.*, 1991).

- Depredación

Los depredadores juegan un papel importante, directa e indirectamente, en la distribución de una gran variedad de organismos móviles, provocando que la presa se agregue en refugios sociales, físicos, o el caso contrario, que se dispersen para minimizar esta relación

interespecífica (Pulliam, 1989; Gristina *et al.*, 2009). El riesgo de depredación parece ser la fuerza impulsora detrás de la distribución y abundancia de las langostas espinosas (Eggleston y Lipcius, 1992), ya que la importancia relativa de la escala del refugio y gregarismo cambia con el riesgo de depredación. Cuando la densidad de la especie y el riesgo de depredación fue baja, las langostas utilizan refugios de su tamaño; cuando la densidad fue alta pero el riesgo bajo, utilizan principalmente grandes refugios que ofrecen un mayor potencial para el gregarismo; y cuando el riesgo de depredación fue alto, aún con alta o baja densidad, las langostas habitaban refugios más pequeños.

- Selección del sitio

Una de las debilidades de esta estrategia, es que los pescadores aprendan como seleccionar las zonas de fondo de mar óptimas donde las casitas cubanas deben colocarse (Miller, 1982; De la Torre y Miller, 1987). Spanier (1994) indicó que las características de un refugio artificial ideal para langostas espinosas debe considerar: la disponibilidad de alimentos, la dinámica depredador-presa y las interacciones intraespecíficas. Por su parte, Eggleston *et al.* (1990) proponen que en áreas donde el alimento se encuentra disponible pero con refugios limitados, el desarrollo de las casitas cubanas debería ampliar la capacidad de carga del hábitat por el aumento de protección de los depredadores.

La posición de la estructura de los arrecifes artificiales se relaciona con las corrientes y la luz ayudando así a la atracción de las especies (Grove y Sonu, 1985, Bohnsack, 1989; Pickering y Whitmarsh, 1996). La colocación de los refugios artificiales debe realizarse en sitios cercanos a las fuentes de alimento de la langosta. Sosa-Cordero *et al.* (1998), evaluaron la distribución de la langosta espinosa en cuanto a los refugios artificiales en Quintana Roo, analizando variables ambientales y tipo de fondo, recalcando que el factor clave fue la presencia de pasto marino en la selección de los refugios. La ocupación de langostas más baja se encontró en sitios donde el pasto marino fue escaso y el fondo duro, independientemente de la disponibilidad de refugios naturales o artificiales. Dada la disponibilidad de pastos marinos, las casitas cubanas albergaban un número similar de langosta con independencia de la disponibilidad de fondos duros. Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001) confirman esta teoría, recalcando que la menor abundancia fue en invierno y la mayor en verano.

Varios estudios han identificado que la ubicación de un arrecife artificial en relación con un sustrato duro, propicia un aumento de la densidad y diversidad de especies (Jessee *et al.*, 1985; Ambrose y Swarbrick, 1989). Bombace *et al.* (1994) determinaron que los arrecifes artificiales son efectivos en sitios alejados de arrecifes naturales, ya que propician la aparición y el aumento de las capturas (Frazer y Lindberg, 1994), en sitios donde no existía refugio propiciando abundancia de animales asociados a arrecifes.

De manera general se acepta que estos dispositivos permiten la concentración de langostas espinosas al proporcionarles refugio, se sabe también que representan un factor de riesgo para el recurso, ya que aumentan la posibilidad de que un pescador capture organismos jóvenes, igualmente llegan a tener un impacto en los fondos marinos si se llega a cubrir con ellos amplias zonas de vegetación. Varios aspectos requieren atención cuando se pretende emplear estos dispositivos: las condiciones fisiográficas del lugar (incluyendo las características del medio, topografía, dinámica de corrientes y aspectos ecológicos en general), las formas de uso de los dispositivos y los objetivos que se persiguen con su introducción. Finalmente, mejorar el rendimiento de la pesquería con estos dispositivos se percibe con amplia expectativa ya que existen antecedentes de otras pesquerías de langosta espinosa en México (Punta Allen) y en la zona del Caribe (Cuba como mejor ejemplo) que han sido exitosas en el uso de estos dispositivos. Sin embargo los resultados dependen de que las casitas cubanas sean introducidas adecuadamente y de que se lleve un control en la pesca respetando las regulaciones oficiales (Salas *et al.*, 2008).

2.3 Capturabilidad y selectividad de la langosta espinosa *P. argus*

Las tasas de captura o la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) a menudo se consideran como índices de abundancia relativa de la población. Sin embargo, la captura o la mortalidad por pesca depende tanto de la abundancia de recursos y la eficiencia de los artes de pesca (Arreguín-Sánchez 1996; Ziegler *et al.*, 2002). La relación entre estos dos factores es la capturabilidad, definida como:

$$q_t = \frac{C_t}{f_t N_t} = \frac{C_t}{f_t D_t}$$

donde q denota el coeficiente de capturabilidad de un arte de pesca en particular, para cualquier período de tiempo t , C es la captura, f es el esfuerzo pesquero, y N el tamaño de la población, que puede ser sustituido por la densidad D (número de animales por área). La capturabilidad suele ser un parámetro importante en la evaluación de las poblaciones, siendo necesario para escalar las tasas de captura en relación con el tamaño de la población (Punt y Kennedy, 1997; Ziegler *et al.*, 2002b).

Se ha establecido que la alimentación en los crustáceos decápodos se ve afectada por factores ambientales como la temperatura (McLeese y Wilder 1958; Morgan 1974; Branford 1979; Smith *et al.*, 1999) y los ciclos fisiológicos como la muda y apareamiento (Lipcius y Herrnkind 1982; Zoutendyk 1988; Miller 1990; Kelly *et al.*, 1999). Por lo tanto, la capturabilidad puede mostrar una señal fuerte que indique los cambios en la abundancia debido a estos procesos biológicos propios de la especie (Ziegler *et al.*, 2002b).

Los factores ambientales y biológicos afectan la probabilidad de crustáceos en trampas (Richards *et al.*, 1983). Morgan (1974) determinó que la temperatura del agua y la salinidad se correlacionan positivamente con las tasas de captura de la langosta. Por otra parte McLeese y Wilder (1958) encuentran que existe una relación lineal entre la temperatura y la capturabilidad de langosta espinosa.

La densidad de población y la estructura de tallas también varían entre regiones y años (Frusher, 1997) y esto también puede afectar la capturabilidad. La capturabilidad puede incrementar con la disminución de la densidad de población, ya que la presencia de una langosta espinosa en una trampa puede inhibir la entrada de otros ejemplares y por lo tanto reducir la tasa de captura (Richards *et al.*, 1983; Miller y Addison, 1995; Addison y Bannister, 1998; Frusher y Hoenig, 2001). Estas interacciones de comportamiento también es probable que dependan de la estructura de frecuencia de tallas de la población, ya que la capacidad de captura se sabe que aumenta con el tamaño de los animales y de cómo langostas grandes son removidas por la pesquería (Morrissy y Caputi, 1981; Miller y Addison, 1995; Pezzack y Duggan, 1995; Tremblay, 2000; Frusher y Hoenig, 2001; Ziegler *et al.*, 2002). Esto sugiere que la capturabilidad varía entre regiones (Ziegler *et al.*, 2003)

La selectividad relaciona la capturabilidad de uno de los componentes de la población en relación a otro y que no requiere estimaciones absolutas de la abundancia o densidad (Tremblay *et al.*, 2006). La mayoría de las pesquerías comerciales de langosta utilizan trampas con cebo y tienen regulaciones de tallas mínimas legales. Sin embargo, una cantidad importante de langostas de tamaño inferior al mínimo legal son capturadas. Esto conduce a la disminución del rendimiento de producción de huevos, reflejando disminución del crecimiento y aumento de la mortalidad de la población. Por lo tanto, los estudios en relación a la selectividad de las artes de pesca son excelentes indicadores del estado actual de las capturas por pesca, que ayuda a saber si el estado de la población es explotado de manera sostenible (Tremblay *et al.*, 1998).

La mayoría de las comparaciones de la composición por tallas de una población de más de dos escalas espaciales y temporales suponen que la selectividad es constante y que las distribuciones de tamaño se pueden comparar directamente (Frusher *et al.*, 1997; 1998; Pollock y Hoenig 1998). Un factor que podría afectar a la selectividad puede ser la presencia de jerarquías relacionados con el tamaño (Frusher y Hoenig, 2001). Olsen (1958) y Winstanley (1977) sugieren que las langostas de mayor tamaño podrían prevenir que las langostas más pequeñas entren en las trampas. Por su parte, Miller (1979, 1990) y Addison (1995) sugieren que la pesca elimina a las langostas de mayor tamaño, ocasionando un cambio en la distribución, y origina que las langostas de menor tamaño entren en las trampas durante los periodos de pesca.

Se ha encontrado que las langostas más grandes tienen tasas de captura mayores, y que los machos de menor tamaño son capturados más que las hembras de menor tamaño (Miller 1990). También se ha comprobado que los diferentes estilos de trampas y las diferentes áreas de pesca afectan la selectividad (Addison y Lovewell 1991).

Existen diversos factores que afectan las tasas de captura por trampas, por ejemplo, el tiempo de inmersión, la saturación de la trampa, el hábitat físico, diseño de la trampa, cebo y la etapa del ciclo vital de las especies objetivo (Miller, 1990). La capturabilidad de las langostas es una función del tamaño, sexo, estado de muda, interacciones de comportamiento, diseño de la trampa, y una serie de otros factores, como la temperatura y el hábitat (Miller 1990; Addison y Bannister 1998; Frusher y Hoenig 2001). La

comprensión de la relación entre el tamaño de la langosta y la capturabilidad es importante teniendo en cuenta el uso de frecuencias de talla de las trampas para estimar los índices de mortalidad y el reclutamiento y el uso de la tasa de captura de la trampa como un indicador de la abundancia (Frusher *et al.*, 2003; Tremblay *et al.*, 2006).

3. Justificación

Dentro de los objetivos de la ciencia pesquera se encuentra brindar conocimientos científicos que permitan aprovechar los recursos pesqueros de manera sostenible. El camino que ha se seguido para alcanzar este fin, está fundamentado en la estimación del tamaño de las poblaciones, su comportamiento en el pasado y en la predicciones de su evolución futura ante diferentes estrategias de aprovechamiento pesquero (Hilborn y Walters, 1992; Sparre y Venema, 1995; Punt y Hilborn, 1996; Ríos-Lara, 2009).

La tecnología pesquera está en continua evolución y su eficiencia, reflejada en los volúmenes de captura aumenta constantemente; debido a lo anterior, la evaluación y gestión de las poblaciones pesqueras han adquirido en la actualidad mayor importancia (FAO, 1997). Los refugios artificiales tipo “casita cubana” son instalados por primera vez (2014) en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), con la intención de dar o proporcionar a los pescadores una opción nueva de pesca, con una técnica de obtención de la langosta que les permita una pesca más selectiva. Por ello, el presente estudio tiene la finalidad de evaluar que tan eficiente es esta técnica en comparación con la de gancho ya establecida a profundidades no mayores a los 10 metros, calculando la capturabilidad y selectividad. Los resultados de este trabajo permitirán contribuir a establecer estrategias de manejo de *P. argus* en el PNAA.

4. Hipótesis

La capturabilidad y selectividad de la langosta espinosa *P. argus*, mediante la técnica de captura de refugios artificiales tipo casitas cubanas, será mayor en comparación con la técnica de captura el gancho en arrecifes naturales en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general:

Determinar la capturabilidad y selectividad de dos estrategias de pesca (casita cubana y gancho) para la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán (PNAA).

5.2. Objetivos específicos:

- Determinar la proporción macho-hembra de las langostas espinosas capturadas por estrategia de pesca (casitas cubanas y gancho).
- Estimar la curva de selectividad de la captura de la langosta espinosa con las casitas cubanas y gancho.
- Determinar la vulnerabilidad de la langosta espinosa por las casitas cubanas y el gancho.
- Determinar la capturabilidad por tallas de la langosta espinosa por estrategia de pesca (casitas cubanas y gancho)

6. Referencias

- Addison, J.T., Lovewell, S.R.J. 1991. Size composition and pot selectivity in the lobster (*Homarus gammarus* (L.)) and crab (*Cancer pagurus* L.) fisheries on the east coast of England. ICES J. Mar. Sci. 48: 79–90.
- Addison, J.T. 1995. Influence of behavioural interactions on lobster distribution and abundance as inferred from pot-caught samples. ICES Mar. Sci. Symp. 199: 294–300.
- Addison, J.T., Bannister R.C.A. 1998. Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment: modeling and experimental approaches. Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 167–77.
- Almany, G.R. 2004. Does increased habitat complexity reduce predation and competition in coral reef fish assemblages? Oikos. 106: 275–284.
- Ambrose, R.F., Swarbrick, S.A. 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. Bull. Mar. Sci. 44: 718-733.
- Anganuzzi, A., Hilborn, R., Skalski, J.R. 1994. Estimation of size selectivity and movement rates from mark–recovery data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 734–742.
- Annala, J. H. 1981. Movements of rock lobsters (*Jasus edwardsii*) tagged near Gisborne, New Zealand. N. Z. J. Mar. Freshwater Res. 15:437-443.
- Arana, P. 1983. Estado en que se encuentra la pesquería de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Análisis de pesquerías chilenas. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 77-111.
- Arana, P. 1985. Análisis y recomendaciones sobre medidas de regulación en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 291-300.
- Arana, P., Vega, R. 2000. Esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), durante la temporada de pesca 1996-1997. Investigaciones Marinas. 28: 117-133.

- Arce, M., Aguilar D. W., Sosa, C. E. Caddy, J. 1997. Artificial shelters (casitas) as habitats for juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in the mexican Caribbean. Mar Ecol-Prog Ser. 158: 217-224.
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. Rev. Fish Biol. Fish. 6:1-22
- Barnes, R.D. 1989. Zoología de los invertebrados. 5ª ed. McGraw Hill. México, DF.
- Bello-Pineda, J., Rios V. Liceaga, C.M. A., Zetina, C., Cervera, K., Arceo, P., Hernández, H. 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes reef, Yucatan, Mexico. Fish Res.73:37-47.
- Bohnsack, J. A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the results of habitat limitation or behavioral preference?. B Mar Sci. 44:631-645.
- Bombace, G., Fabi, G., Fiorentini, L., Speranza, S. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in live different areas of the Adriatic Sea. Bull. Mar. Sci. 55 (2-3): 559-580.
- Bonet, F. 1967. Biología superficial del Arrecife Alacranes Yucatán. UNAM. Inst. De Geología. 80: 192 p.
- Bortone, S.A., Martin T., Bundrick, C.M. 1994. Factors affecting fish assemblage development on a modular artificial reef in a northern Gulf of Mexico estuary. Bull. Mar. Sci. 55 (2-31): 319-332.
- Bertelsen, R. D., Butler IV, M. J., Herrnkind, W. F., Hunt, J. H. 2009. Regional characterisation of hard-bottom nursery habitat for juvenile Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) using rapid assessment techniques. New Zeal. J. Mar. Fresh. 43(1): 299-312.
- Bohnsack, J.A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference?. Bull. Mar. Sci. 44: 631-645.
- Branford, J. R. 1979. Locomotor activity and food consumption by the lobster *Homarus gammarus*. Mar Behav Physiol. 6: 13-24.

- Briones-Fourzán, P., Guitierrez-Carbonell, D. Postlarval Recruitment of the Spiny Lobster, *Panulirus argus* (Latreille, 1804) in Bahía de la Ascensión, Q. R. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 492-507.
- Briones Fourzán, P., Lozano-Álvarez, E., Eggleston, D. B. 2000. The use of artificial shelters (Casitas) in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture*. 2: 420-446.
- Briones-Fourzán, P., Lozano-Álvarez E. 2001. Effects of artificial shelters (Casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in a hábitat-limited tropical reef lagoon. *Mar Ecol-Prog Ser*. 221-232.
- Briones-Fourzán, P., Lozano-Álvarez E., Negrete S. F., Barradas O. C. 2007. Enhancement of juvenile Caribbean spiny lobsters: an evaluation of changes in multiple response variables with the addition of large artificial shelters. *Oecologia*. 151: 401-416.
- Briones-Fourzán, P., Lozano-Álvarez E. 2008. Coexistence of congeneric spiny lobster on coral reefs: differences in conspecific aggregation patterns and their potential antipredator benefits. *Coral Reefs* 27: 275-287.
- Briones-Fourzán, P., Lozano-Álvarez, E. 2013. Essential habitats for *Panulirus* spiny lobsters, in lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries. John Wiley and Sons. 2: 186-219
- Briones-Fourzán, P., Magallón, G. E., Lozano-Álvarez E. 2013. Increased reproductive opportunity: a potential benefit of seasonal aggregation for a little-gregarious and highly sedentary spiny lobster. *Mar Biol Res*. 9: 77-87.
- Buesa, R. J. 1965. *Mar y Pesca*. Migraciones de la langosta (*Panulirus argus*). Inst. Nal. Pesca, Cuba. 22-27.
- Butler, M.J. 2003. Incorporating ecological process and environmental change into spiny lobster population models using a spatially-explicit, individual-based approach. *Fish. Res*. 65:1-3.
- Butler IV, M.J., Herrnkind, W.F., 1997a. Factors affecting the recruitment of juvenile Caribbean spiny lobsters dwelling in macroalgae. *Bull. Mar. Sci*. 61: 3-19.

- Butler, M.J., Herrnkind, W.F., 1997b. A test of recruitment limitation and the potential for artificial enhancement of spiny lobster (*Panulirus argus*) populations in Florida. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 452–463.
- Chang, Y., Sun, C., Chen, Y. Zhang, Y., Yeh, S. 2011. Incorporating climate changes into population dynamic modelling: an individual-based modelling approach for lobster. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68: 122-136.
- Chittleborough, R. G. 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobsters *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 26:177-196.
- Cochrane, K.L., Chakalall, B. 2001. The spiny lobster fishery in the WECAFC region-an approach to responsible fisheries management. *Mar Freshwater Res.* 52(8): 1623-1631.
- Colás, M. T., Tuz, S. A., Brulé, T. 2002. Observaciones preliminares sobre la pesquería de meros (Serranidae: Epinephelinae) en el Parque Marino Nacional “Arrecife Alacranes”, Yucatán, México. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 53:431-459.
- Cooper, R.A., Uzmann, J.R. 1980. Ecology of juvenile and adult *Homarus*. *The Biology and Management of Lobsters, Vol. II: Ecology and Management.* Academic Press, London, pp. 97-142.
- Cruz, R. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. *FAO.* 399: 1-43.
- Cruz, R., Bertelsen, R. D. (2008). The spiny lobster (*Panulirus argus*) in the wider Caribbean: a review of life cycle dynamics and implications for responsible fisheries management. *Proc Gulf Carib Fish Inst.* 61: 433-446.
- De la Torre R., Miller, D. L. 1987. Update on the Mexican Caribbean’s artificial habitat-based spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery: The evaluation of design, material and placement optimums. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 38: 582–589.
- Dean, L. 1983. Undersea oases made by man: artificial reefs create new fishing grounds. *Oceans* 26: 27-29.

- Eggleston, D.B., Lipcius, R. N., Miller, D. L., Coba-Cetina L. 1990. Shelter scaling regulates survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. *Mar Ecol-Prog Ser.* 62(1):79-88.
- Eggleston, D. B., Lipcius, R. N. 1992. Shelter selection by spiny lobster under variable predation risk, social conditions, and shelter size. *Ecology.* 73(3):992-1011.
- Eggleston, D.B., Lipcius, R.N., Miller, D.L., 1992. Artificial shelters and survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*: spatial, habitat and lobster size effects. *Fish. Bull.* 90: 691-702.
- Evans, C.R., Lockwood, A.P.M., Evans, A.J., Free, E. 1995. Field studies of the reproductive biology of the spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille) and *P. guttatus* (Latreille) at Bermuda. *J Shellfish Res.* 14: 371–381.
- FAO. 1997. Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies. No. 2 Roma. 64 p.
- FAO. 2008. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 196 pp.
- Frazer, T. K., Lindberg, W. J. 1994. Refuge spacing similarly affects reef associated species from three phyla. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 388-400.
- Frusher, S. D. 1997. 'Stock assessment report: rock lobster. Department of primary industry and fisheries Tasmania internal Report No. 35. (Department of Primary Industry and Fisheries: Hobart, Tasmania).
- Frusher, S.D., Kennedy, R.B., Gibson, I.D. 1997. Precision of exploitation rate estimates in the Tasmanian rock lobster fishery based on change-in-ratio techniques. *Mar. Freshw. Res.* 48: 1069–1074

- Frusher, S.D., Kennedy, R.B., Gibson, I.D. 1998. Preliminary estimates of exploitation rates in the Tasmanian rock lobster (*Jasus edwardsii*) fishery using the change-in-ratio and index removal techniques with tag-recapture data. In Proceedings of the North Pacific symposium on invertebrate stock assessment and management, 6–10 March 1995, Nanaimo, B.C., Canada. Edited by G.S. Jamieson and A. Campbell. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 63–71.
- Frusher, S.D., Hoenig, J.M. 2001. Impact of size related dominance hierarchies on selectivity of traps for southern rock lobster (*Jasus edwardsii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 2482–2489.
- Frusher, S.D. Hoenig, J.M., Gardner, C. 2003. Have changes in selectivity masked recruitment declines in crustacean trap fisheries? Fish. Res. 65: 379–390.
- Fuentes-Castellanos, D. 1988. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe mexicano. In Los recursos Pesqueros del País. Secretaría de Pesca México, p. 441-462.
- Garcia, E. 1994. Características, técnicas de captura y aprovechamiento integral de la langosta del Caribe (*Panulirus argus*). Tesis licenciatura. Documento no publicado. UADY.
- Geraldi, N. R., Wahle, R. A., Dunnington, M. 2009. Habitat effects on American lobster (*Homarus americanus*) movement and density: insights from georeferenced trap arrays, seabed mapping, and tagging. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 66: 460-470
- Glantz, M. 1992. Climate variability, climate change, and fisheries. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Gómez, G., Guzmán, R., Barrios, A. 2007. Aspectos biométrico y dinámica reproductiva de la langosta espinosa, *Panulirus argus*, en áreas de pesca de la costa norte de la Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. Zootecnia Tropical, 25 (3): 211-214.
- Gristina, M., Fiorentino, F., Garofalo, G., Badalamenti, F. 2009. Shelter preference in captive juveniles of European spiny lobster *Panulirus elephas* (Fabricius, 1787). Marine biology, 156(10): 2097-2105.
- Grove, R.S., Sonu, C.J. 1985. Fishing reef planning in Japan. In: D'Itri, F.M. (Ed.), Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications. Lewis Publishers, Chelsea, MI, pp. 187-252

- Herrnkind, W. F. 1977. Workshop on Lobster and Rock Lobster Ecology and Physiology. Movement patterns in Palinurid Lobsters. Division of Fisheries and Oceanography. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Melbourne. 209-244.
- Herrnkind, W. Butler, M. 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters *Panulirus argus*. Mar Ecol-Prog Ser. 34: 23-30
- Herrnkind, W.F., Jernakoff, P., Butler IV, M.J. 1994. Puerulus and post-puerulus ecology. Spiny Lobster Management, 2nd edition. Blackwell Scientific Press, Oxford. 213–229
- Herrnkind, W.F. Butler IV, Hunt, M. J. 1997. Can artificial Habitats that mimic natural structures enhance recruitment of Caribbean spiny lobster). Fisheries. 22(4): 24-27
- Herrnkind, W. F. 1980. Spiny lobsters: patterns of movement. In, The biology and management of lobsters, Vol. 1. Physiology and behavior. Academic Press, New York, pp. 349-407.
- Heydorn, A. F. E. 1969. The rock lobster of the South African west coast *Jasus lalandii* (H. Milne-Edwards) 2. Population studies. Behaviour, reproduction, moulting, growth and migration. S. Afr. Div. Sea Fish. Invest. Rep. 71: 1-52.
- Hilborn, R., Walters, C. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamic and uncertainty. Chapman and Hall Inc. New York. USA.
- Hixon, M.A., Beets, J.P. 1989. Shelter characteristics and Caribbean fish assemblages: experiments with artificial reefs. Bull. Mar. Sci. 44 (2): 666-680.
- Horner, A., Weissburg M., Derby C. 2008. The olfactory pathway mediates sheltering behavior of Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*, to conspecific urine signals. Journal of Comparative Physiology A, 194(3): 243-253.
- Huntsman, G.R. 1981. Ecological considerations influencing the management of reef fishes. Artificial Reefs: Conference Proceedings. Florida Sea Grant College Report 41, Florida. 167-175.
- Hutchings, J.A., Reynolds J.D. 2004. Marine fish population collapses: consequences for recovery and extinction risk. Bioscience, 54(4): 297–309.

- Jernakoff, P., Phillips, B. F., Maller, R. A. 1987. A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George. J. Exp. Mar. Ecol. 113: 9-21.
- Jessee, W.N., Carpenter, A.L., Carter, J.W. 1985. Distribution patterns and density estimates of fishes on a Southern California artificial reef with comparisons to natural kelp-reef habitats. Bull. Mar. Sci. 37: 214-226.
- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). In, The biology and management of lobsters. Ecology and management. Academic Press, New York. 2: 59-96.
- Karnofsky, E.B., Atema, J., Elgin, R.H. 1989a. Field observations of social behaviour, shelter use and foraging in the Lobster, *Homarus americanus*. Biol. Bull. 176: 239-246.
- Karnofsk, E.B., Atema, J., Elgin, R.H. 1989b. Natural dynamics of population structure and habitat use of the Lobster, *Homarus americanus*, in a shallow cove. Biol. Bull. 176: 247-256.
- Kelly, S., MacDiarmid, A. B., Babcock, R. C. 1999. Characteristics of spiny lobster, *Jasus edwardsii*, aggregations in exposed reef and sandy areas. Mar Freshwater Res. 50: 409–16.
- Kokko, H., Lopez-Sepulcre, A. 2006. From individual dispersal to species ranges: perspectives for a changing world. Science. 313: 789–791.
- Ley-Cooper, K., De Lestang, S., Phillips, B., Lozano, A. E. 2013. Estimates of exploitation rates of the spiny lobster fishery for *Panulirus argus* from tagging within the Bahia Espiritu Santo “Sian Kaan” Biosphere Reserve, Mexican Caribbean. Marine Biology Research. 9: 88-96.
- Lipcius, R. N., Herrnkind, W. F. 1982. Moults cycle alterations in behavior, feeding and diel rhythms of a decapod crustacean, the spiny lobster *Panulirus argus*. Marine Biology 68: 241–252
- Lipcius, R. N., Hermkind, W. F. 1985. Photoperiodic regulation and daily timing of spiny lobster mating behaviour. J. Exp. Mar. Bio/. Ecol., Vol. 89, pp. 191-204.

- Lockwood, P., Jensen, A., Collins, K., Turnpenny, A. 1991. The artificial reef in Poole Bay. *Ocean Challenge*. 2: 35-39.
- López-Rocha, J. A., Arreguín-Sánchez F. 2008. Spatial distribution of red grouper *Epinephelus morio* (Serranidae) catchability on the Campeche Bank of Mexico. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 282-289
- Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzán, P., Negret-Soto, F. 1994. Occurrence and seasonal variations of spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille), on the shelf outside Bahía de la Ascensión, México. *Fishery Bulletin*. 808-815.
- Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzán, P., Phillips, B. F. 1989. Spiny lobster fishery at Bahía de la Ascensión. *Q. R. Proceedings of the Workshop Australia-Mexico on Marine Sciences*, 111: 379-391.
- Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzán, P., Phillips, B. F. 1991. Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascensión. México. *Fish. Bull.* 89:79-89.
- McAllister, R.F., 1981. Engineering considerations for artificial reefs. *Artificial Reefs: Conference Proceedings*. Florida Sea Grant Report. 41: 17-22.
- MacDiarmid, A. B. Hickey, B., Maller, R. A. 1990. Daily movement patterns of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton) on a Shallow reef in northern New Zealand. *J. Exp. Mar. Bio. Eco.* 147: 185-205
- McLeese, D. W., Wilder, D. G. 1958. The activity and catchability of the lobster (*Homarus americanus*) in relation to temperature. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 15, 1345-54.
- Miller, R.J. 1979. Saturation of crab traps: reduced entry and escapement. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 38: 338-345.
- Miller, D. L. 1982a. Construction of shallow-water hábitat to increase lobster production in Mexico. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 34: 168-179.

- Miller, D. L. 1982b. Mexico's Caribbean fishery: recent change and current issues. Ph.D. Thesis, Univ. of Milwaukee-Wisconsin: 250p.
- Miller, R. J. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 47: 1228–1251.
- Miller, R.J., Addison, J.T., 1995. Trapping interactions of crabs and American lobster in laboratory tanks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 315–324.
- Morgan, G. R. 1974. Aspects of the population dynamics of the western rock lobster, *Panulirus cygnus* George. II. Seasonal changes in the catchability coefficient. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 25: 249–59.
- Morgan, G. R. 1978. Locomotor activity in the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus*. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 29: 169-174.
- Morrissy, N.M., Caputi N. 1981. Use of catchability equations for population estimation of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda: Parastacidae). *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 32: 213–225.
- Myers, R.A., Hoenig, J.M. 1997. Direct estimates of gear selectivity from multiple tagging experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1–9.
- Nanami, A., Nishihira, M., Suzuki, T., Yokochi, H. 2005. Species-specific habitat distribution of coral reef fish assemblages in relation to habitat characteristics in an Okinawan coral reef. *Environmental Biology of Fishes.* 72: 55–65.
- Negrete-Soto, F., Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzán, P. 2002. Population dynamics of the spotted spiny lobster *Panulirus guttatus* (Latreille) in a coral reef on the Mexican Caribbean. *Journal of Shellfish Research.* 21: 279–288.
- Olsen, A.M. 1958. Inferred size hierarchy in *J. lalandei*. *Fish. Newsl. (Australia)*, April: 9.
- Osborne, K., Oxley, W. 1997. Sampling benthic communities using video transects. *Manual For tropical Marine Resources.* 2nd Edition.
- Pezzack, D.S., Duggan, D.R., 1995. Offshore lobster (*Homarus americanus*) trap-caught size frequencies and population size structure. *ICES Mar. Sci. Symp.* 199: 129–138.

- Phillips, B.F. 1972. A semiquantitative collector of the puerulus larvae of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George (Decapoda Palinuridae). *Crustaceana*. 22:147–154.
- Pickering, H., Whitmarsh, D. 1996. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the “attraction versus production” debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research*, 31: 39-59.
- Pittman, S.J., McAlpine, C.A. 2003. Movements of marine fish and decapod crustaceans: process, theory and application. *Adv. Mar. Biol.* 44: 205–294.
- Pollock, K.H., Hoenig, J.M. 1998. Change-in-ratio estimators. In *Encyclopedia of statistical sciences update*. Vol. 2. Edited by S. Kotz, C.B. Read, and D.L. Banks. John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 109–112.
- Polovina, J.J. 1994. Function of artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.* 55: 2-31.
- Polovina, J.J., Haight, W.R., Moffitt, R.B., Parrish, F.A., 1995. The role of benthic habitat, oceanography, and fishing on the population dynamics of the spiny lobster, *Panulirus marginatus* (Decapoda, Palinuridae), in the Hawaiian archipelago. *Crustaceana* 68: 203–212
- Pulliam, H. R. 1989. Individual behavior and the procurement of essential resources. *Perspectives in ecological theory*. Princeton University 25-38.
- Punt A., Hilborn R. 1996. Biomass dynamic models. Computerized information. Series Fisheries. FAO. 63p.
- Punt, A. E., Kennedy, R. B. 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. *Marine and Freshwater Research* 48: 967–80.
- Reyes, S. C., Rodríguez, G. L., Alpizar, C. R. 2008. Evaluación del tipo de trampa y carnada en la pesquería de langosta espinosa, *Panulirus argus* en la costa Yucateca. *Proc Gulf Carib Fish Inst.* 117-181.
- Richards, P.R., Wickins, J.F. 1979. Ministry of agriculture, fisheries and food, lobster culture research, laboratory leaflet No. 47. MAFF Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

- Rosenberg, A., Bigford, T.E., Leathery, S., Hill, R.L., Bickers, K. 2000. Ecosystem approaches to fishery management through essential fish habitat. *Bull. Mar. Sci.* 66: 535–542.
- Reneke, F. w. 1982. The effect of light intensity on the activity of spiny lobsters (*Panulirus interruptus*) during the lunar cycle. A proposal presented to the Faculty of the Graduate School, San Diego State University, 35 pp.
- Richards, R. A., Cobb, J. S., Fogart, M. J. 1983. Effects of behavioral interactions on the catchability of American Lobster, *Homarus americanus*, and two species of cancer crab. *Fish Bull.* 81: 51-60.
- Ríos-Lara, V. 2000. Evaluación del funcionamiento del pesquero levable como arte de pesca para la captura de langosta *Panulirus argus* en la costa oriente del Estado de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV- IPN Unidad Mérida. México. 82 pp.
- Ríos-Lara, V., Salas, S. Bello, J., Peniche, I. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential habitat. *Fish Res.* 87:35-45.
- Ríos-Lara, V., Salas, S. 2009. Modelo estructurado por edades para la evaluación de la población de langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. *Proc Gulf Carib Fish Inst.* 61:162-175.
- Ríos-Lara, 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. Tesis Doctorado. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. México 155 pp.
- Ríos-Lara, V., Zetina, M. C., Ramírez, E. A., Aguilar, C. C. 2012. Evaluación de los stock de langosta (*Panulirus argus*) en diferentes zonas de pesca de la costa de Yucatán y Quintana Roo, México. 64 th Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 443-448.
- Ríos-Lara, V., Espinoza, M. J., Zetina, M. C., Aguilar, C. C., Ramírez, E. A. 2013. La pesquería de langosta *Panulirus argus* en el Golfo de México y mar Caribe mexicano. *Instituto Nacional de Pesca.* 1: 1-117

- Salas, S., Bello-Pineda, J., Ríos, V., Cabrera, M. A., Solís, R., Santamaría, A. 2005. Programa maestro del sistema producto de la pesquería de langosta en Yucatán. CONAPESCA–CINVESTAV. Yucatán, México. 134 pp.
- Salas, S., Cabrera, M. A., Zapata, C., Euan, J. I., Maldonado, A. 2008. ¿Son los refugios artificiales una opción para mejorar la pesquería de langosta? el caso de la pesquería de Yucatán. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 198-208.
- Seaman, W., Sprague, L. M. 1991. Artificial habitats for marine and freshwater fisheries. Academic Press, San Diego, CA.
- Seijo, J. C. 1993. Individual transferable grounds in a community managed artisanal fishery. Marine Resource Economics. 78-81.
- Sheeky, D.J. 1976. Utilisation of artificial shelters by the American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish Res. Bd. Can. 33: 1615-1627.
- Sibert, J., Hampton, J., Kleiber, P., Maunder, M. 2006. Bio-mass, size, and trophic status of top predators in the Pacific Ocean. Science, 314: 1773–1776.
- Silva, M., Cerda, D. 1984. Informe de la Comisión de estudio sobre el archipiélago de Juan Fernández: antecedentes y proposiciones de desarrollo. SERNAP-SUBPESCA, In litteris.
- Smith, K.N., Herrnkind, W.F., 1992. Predation on early juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 157: 3–18
- Smith, I. P., Collins, K. J., Jensen, A. C. 1999. Seasonal changes in the level and diel pattern of activity in the European lobster *Homarus gammarus*. Mar Ecol-Prog Ser. 186: 255–64.
- Sosa-Cordero, E., Ramírez, G. A., Domínguez, V. M. 1996. La explotación de langosta *Panulirus argus* en Bahía Espíritu Santo, Quintana Roo, México: un estudio descriptivo. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 45: 820-839.

- Sosa-Cordero, E., Arce, A. M., W., Aguilar, D., Ramírez, G. 1998. Artificial shelters for spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): an evaluation of occupancy in different benthic habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 229:1-18
- Spanier, E. 1994. What are the characteristics of a good artificial reef for lobster?. *Crustaceana* 67 (2): 173–186.
- Spanier, E. 1996. Assessment of habitat selection behaviour in macroorganisms on artificial reefs. Paper presented at the European Artificial Reef Research Network (EARRN) Conference, Ancona, Italy. 26-30
- Sparre, P., Venema, S. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1-Manual. FAO. 306:1-419.
- Sluka, R., Chiappone, M., Sullivan, K.M., Potts, T.A., Levy, J.M., Schmitt, E.F., Meester, G. 1998. Density, species and size distribution of groupers (Serranidae) in three habitats at Elbow Reef, Florida Keys. *Bulletin of Marine Science.* 62: 219–228.
- Srinivasan, M. 2003. Depth distribution of coral reef fishes: the influence of microhabitat structure, settlement and post-settlement processes. *Oecologia.* 137: 76 –84.
- Tewfik, A., Guzman, H.M., Jacome, G. 1998. Distribution and abundance of the spiny lobster populations (*Panulirus argus* and *P. guttatus*) in Cayos Cochinos, Honduras. *Revista de Biología Tropical.* 46: 125–136.
- Tolimieri, N. 1998. The relationship among microhabitat characteristics, recruitment and adult abundance in the stoplight parrotfish, *Sparisoma viride*, at three spatial scales. *Bulletin of Marine Science.* 62: 253–268.
- Torres, R., Salas, S. 1997. Tecnificación de la captura de langosta en Yucatán. La utilización de refugios artificiales en las pesquerías de langosta: sus implicaciones en la dinámica y manejo del recurso. Memorias del taller Binacional México-Cuba. SEPESCA-IPN, México. 103-112.
- Torres, I. E, Salas, S. 2008. Análisis comparativo de patrones de captura de langosta dados diferentes métodos de pesca en la península de Yucatán. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.* 462-470.

- Tourinho, J. L., Solé, C. A., Lazoski, C. 2012. Cryptic species within the commercially most important lobster in the tropical Atlantic, the spiny lobster *Panulirus argus*. *Mar. Biol.* 159(9): 1897-1906.
- Tremblay, M.J. 2000. Catchability of the lobster (*Homarus americanus*): late spring versus autumn. The biodiversity crisis and crustacea. Proceedings of the Fourth International Crustacean Congress, Amsterdam. 700–713.
- Tremblay, M.J., Lanteigne, M., Mallet, M. 1998. Size-specific estimates of lobster catchability in the Baie de Chaleurs based on traps with different entrance ring sizes. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2222.
- Tremblay, M. J., Smith, S. J., Robichaud, D. A., Lawton, P. 2006. The catchability of large American lobsters (*Homarus americanus*) from diving and trapping studies off Grand Manan Island, Canadian Maritimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63: 1925-1933.
- Turchin, P. 1998. Quantitative analysis of movement. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Mass.
- Uchmanski, J., Grimm, V. 1996. Individual-based modelling in ecology: What makes the difference? *Trends Ecol. Evol.* 11(10): 437–441.
- Velázquez-Abunader, I., Salas, S., Cabrera, M. A. 2013. Differential catchability by zone, fleet, and size: the case of the red octopus (*Octopus maya*) and common octopus (*Octopus vulgaris*) fishery in Yucatan, Mexico. *J. Shellfish Res.* 32 (3): 845-854.
- Wahle, R., Steneck, R.S., 1991. Recruitment habitats and nursery grounds of the American lobster *Homarus americanus*: a demographic bottleneck? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 69: 231–243.
- Weiss, H., Lozano, A. E., Briones, F. P. 2008. Circadian shelter occupancy patterns and predator- prey interactions of juvenile Caribbean spiny lobsters in a reef lagoon. *Mar Biol.* 153: 953-963.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg,

- A.A., Watson, R., Zeller, D. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science*. 325(5940): 578–585.
- Wynne, S. P., Cote, I. M. 2007. Effects of hábitat quality and fishing on Caribbean spotted spiny lobster populations. *J Appl Ecol*. 44: 488-494.
- Zapata, A. C., Salas, S. Cabrera, M. 2008. Conocimiento local aplicado a la colocación de refugios artificiales en un programa de mejoramiento de la pesquería de langosta en Yucatán, México. *Proc Gulf Carib Fish Inst*. 210-220.
- Ziegler, P.E., Johnson, C. R., Frusher, S. D., Gardner, C. 2002. Catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii*. II. Efeccts of size. *Mar Freshwater Res*. 53: 1149-1159
- Ziegler, P.E., Frusher, S.D., Johnson, C.R., Gardner, C. 2002b. Catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii*. I. Effects of sex, season and catch history. *Mar. Freshwat. Res*. 53(8): 1143-1148.
- Ziegler, P. E., Frusher, S. D., Johnson, C. R. 2003. Space-time variation in catchability of southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania explained by environmental, physiological and density-dependent processes. *Fish Res*. 61: 107-123.
- Zoutendyk, P. 1988. Consumption rates of captive rock lobster *Jasus lalandii*. *S Afr J Marine Sci*. 6: 267–71.

CAPÍTULO II

7. Artículo I

**CAPTURABILIDAD Y SELECTIVIDAD DE DOS TÉCNICAS DE CAPTURA
PARA LA LANGOSTA ESPINOSA, *Panulirus argus*, EN EL PARQUE NACIONAL
ARRECIFE ALACRANES, YUCATÁN**

**MARIANA LIBERTAD SANTANA CISNEROS^{1*}, ARMIN TUZ SULUB¹ Y IVÁN
VELÁZQUEZ-ABUNADER ².**

¹*Universidad Autónoma de Yucatán. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5, C.P: 97315, Mérida, Yucatán, México. E. mail: santana.cisneros.ml@gmail.com*;*

²*Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida. Km. 6 Antigua carretera a Progreso, Apartado postal 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.*

El texto fue elaborado acorde con las normas editoriales de la revista

Journal of Shellfish Research donde será enviada.

<http://www.shellfish.org/instructions-for-authors>

RESUMEN

Los cambios en la tecnología de captura de la langosta espinosa *Panulirus argus* y el gran valor que representa esta pesquería en Yucatán, las decisiones de manejo de esta especie se fundamentan en una mejor información sobre la vulnerabilidad del recurso y la eficiencia del arte de pesca. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la capturabilidad y selectividad de la langosta espinosa *Panulirus argus* a través de casitas cubanas y el gancho en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), lo que ayudará en definir la eficiencia de estas técnicas de captura. Se realizaron muestreos mensuales de Julio 2014 a Septiembre 2015, en donde se utilizaron 47 casitas cubanas para la captura de la langosta espinosa, y la toma de muestras a la pesquería comercial obtenida con gancho. Los resultados del análisis de las capturas, registraron que no hubo diferencia significativa en la proporción de sexos, macho: hembra, tanto en casitas cubanas como con gancho. Al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov se determinó diferencias significativas en las tallas capturadas por ambas técnicas de captura, esto debido a que se obtuvo una mayor abundancia de langostas espinosas, así como mayores tallas a través del gancho en comparación a las casitas cubanas. Se encontró que la baja captura de langosta espinosa al inicio del muestreo, a través de casitas cubanas, pudo deberse al inicio de la temporada de pesca de este recurso (Julio- Febrero), las características de hábitats que presenta el PNAA, así como la altura de la casita cubana y el sitio elegido donde fueron colocadas, lo que pudo ocasionar la remoción de los ejemplares o en su caso la poca selección de la casita cubana por las langostas.

PALABRAS CLAVES: Arrecife Alacranes, captura, langosta espinosa, pesquería.

INTRODUCCIÓN

La langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille 1804) representa una pesquería de alto valor económico (Tourinho et al. 2012) ya que genera cerca de 500 millones de dólares anuales, con capturas que fluctúan entre las 35,000 y 40,000 toneladas (t) en el océano Atlántico occidental (Cruz 2002). En México, en particular en el estado de Yucatán, esta pesquería ocupa el tercer lugar de importancia pesquera con un ingreso aproximado de seis millones de dólares anuales (Ríos-Lara y Salas 2009). La pesquería de langosta espinosa en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA) aporta entre el 15 y 20% de la captura total de esta pesquería en Yucatán (Colás et al. 2002, Bello-Pineda et al. 2005).

La langosta espinosa presenta una vida bentónica, asociada fuertemente a los arrecifes de coral y rocas (Evans et al. 1995), por lo que su distribución y abundancia están influenciadas mayormente por este tipo de hábitats (Wynne y Cote 2007). Una de las técnicas de captura, a profundidades no mayores de los 10 metros, es mediante buceo semiautónomo y/o libre, con ayuda de un gancho o de casitas cubanas. Para su captura en sitios con profundidades mayores a los 10 metros se usan trampas plegables (Tewfik et al. 1998, Ríos-Lara et al. 2013). Los refugios artificiales tipo “casitas cubanas” son estructuras construidas por el hombre e instaladas en el ambiente marino, en la actualidad se han utilizado para aumentar los volúmenes de captura de las langostas, ya que al imitar grandes refugios de tipo hendidura permiten un mayor reclutamiento (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001).

La tecnología pesquera está en continua evolución y la eficiencia de las capturas aumenta constantemente; debido a lo anterior, la evaluación y gestión de las poblaciones pesqueras han adquirido mayor importancia (FAO 1997). El excesivo esfuerzo pesquero, representado tanto en el número de trampas utilizadas como por la eficiencia individual (números de organismos capturados) de cada una de ellas (Arana 1983, Arana & Vega 2000), así como la extracción de ejemplares bajo la talla mínima legal, son parámetros a considerar para el efecto que puede tener en el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros (Silva & Cerda 1984, Arana 1985, 1987, Arana & Vega 2000). La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es un parámetro que se deriva de los valores independientes de captura y de

esfuerzo, este dato no necesita estar relacionado con toda la pesquería, y en la práctica, la captura por unidad de esfuerzo es obtenida a menudo de datos provenientes de una parte de la pesquería, y con base en aquella se estima el esfuerzo total, lo que ayuda en la distribución espacial de la pesca, las diferencias en los poderes de captura de los barcos, entre otros (FAO 1971). La capturabilidad q es un parámetro biológico-pesquero clave, ya que es ampliamente utilizado para estimar otros parámetros como la mortalidad por pesca y la abundancia de los stocks. Sin embargo, el supuesto común en la evaluación de pesquerías es que q permanece constante a través del tiempo, el tamaño del individuo y el espacio lo que podría enmascarar el efecto de las artes de pesca o flota, en su caso, el comportamiento de los organismos (Velázquez-Abunader et al. 2013). Por otra parte, la selectividad es una medida del efecto del arte de pesca, sobre un componente de una población, en particular el tamaño de captura. Las estimaciones en la selectividad del arte pesca son cruciales en la ciencia pesquera, puede ser estimado a partir de los datos de las longitudes capturadas. Trabajos recientes han demostrado que la selectividad para un arte de pesca en particular puede cambiar tanto espacial (Anganuzzi et al. 1994; Addison & Lovewell 1991) como temporalmente (Myers & Hoenig 1997). El objetivo de este estudio fue estimar la capturabilidad y selectividad de las casitas cubanas y gancho en la captura de langosta espinosa en el Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Nacional Arrecife Alacranes (PNAA), es un Área Natural Protegida (ANP), se encuentra localizado en la parte central de la plataforma de Yucatán aproximadamente a 140 km al norte del puerto de Progreso, Yucatán, entre los paralelos 22°21'- 22°34' de latitud norte y los meridianos 89°36'- 89°47' de longitud oeste. Constituye el mayor complejo arrecifal del sureste del Golfo de México, catalogado como un arrecife coralino de tipo emergente y de forma oval que cubre un área aproximada de 390 km², con una longitud y anchura máximas de 26.5 y 14.8 km, respectivamente (Figura 1) (De la Cruz-Agüero et al. 1993, Bello-Pineda 1998). Esta área marina es una importante zona para la reproducción, refugio y alimentación de diversas especies, varias de ellas de gran valor económico para la región como lo son la langosta espinosa, el pulpo y el mero (Colás et al. 2002).

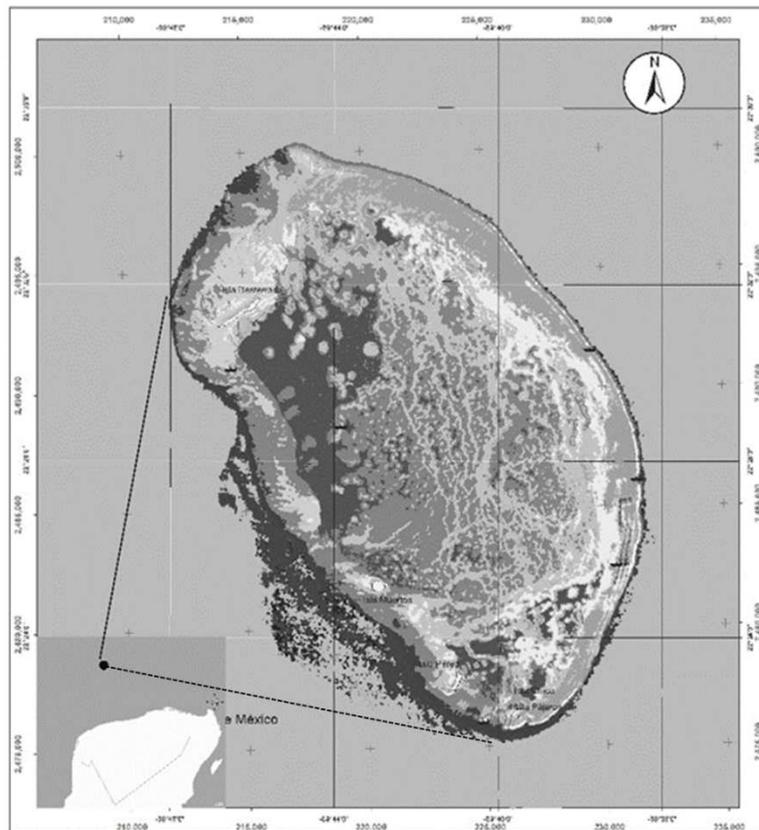


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán (Bello-Pineda 1998).

Obtención de datos

El monitoreo mensual de casitas cubanas se realizó de julio 2014 a septiembre 2015. Del cual se obtuvieron langostas en diciembre, marzo, abril, agosto y septiembre. Debido al bajo número de capturas, las langostas fueron clasificadas en dos periodos el primero abarcando de diciembre a abril y el segundo agosto y septiembre, esto para poder realizar el análisis de capturabilidad.

Previamente para la instalación de casitas cubanas se definieron 47 sitios en zonas relevantes para el proyecto, basado en la clasificación de Bello-Pineda (1998) para los tipos de fondo en PNAA, lo anterior con la intención de evaluar las zonas optimas de captura de langosta en el PNAA mediante este dispositivo. En este estudio se tomó la decisión de colocar casitas cubanas en zonas de alta densidad de coral debido a que son las zonas en las que obtienen langosta los pescadores con gancho y por ser el hábitat que se caracteriza por una mayor abundancia de langostas, de igual forma se decidió colocar casitas cubanas en zonas de coral de baja densidad y en pastos marinos para la evaluación de la eficiencia de este dispositivo en el PNAA. Cada sitio fue georreferenciado con un GPS (Global Positioning System). De lo cual se obtuvo la siguiente distribución: 21 casitas en coral de baja densidad, 18 casitas en pastos marinos y 8 casitas en coral de alta densidad.

Cada unidad de casita cubana tiene las siguientes características: un área de ocupación de 0.81 m² (0.90cm x 0.90 cm), una altura de 20 cm y 15 cm de sombra y un peso aproximado de 60 kg.

Los sitios de estudio de casitas cubanas registraron un intervalo batimétrico de 0.5 a 6 m, mientras que para gancho fue de 2 a 6 m. En cada muestreo se registró el tiempo de inmersión (el cual fue cuando el buzo se sumergía y salía con la langosta), la profundidad con una sonda portátil sumergible PS-7.

Se recolectaron muestras de la langosta espinosa en las casitas cubanas mediante la ayuda de una red tipo jamo. Tanto con casita cubana como con gancho se determinaron las variables morfológicas de longitud abdominal y sexo de las langostas para un posterior análisis de acuerdo a los criterios de Holthius (1991) y Cruz (2002).

Para los datos de captura comercial, se obtuvieron muestras de las capturas obtenidas por los pescadores langosteros del PNAA en los meses de julio y septiembre, en donde julio fue clasificado como primer periodo y septiembre como segundo periodo para el análisis de capturabilidad. Los datos de frecuencias de tallas obtenidas fueron exclusivamente de las langostas obtenidas con gancho por parte de los pescadores y en sitios donde comúnmente pescan. Para la captura de langosta con gancho cada buzo registró un aproximado de 24 sitios que se caracterizaron de coral de alta densidad.

Análisis de información

La eficiencia de captura se evaluó con la diferencia en la CPUE, definida en este trabajo como el número de langostas capturadas por casita o gancho y estandarizada en un periodo de una hora de pesca. Estos valores fueron considerados para el análisis de capturabilidad (Richards et al. 1983). De igual manera se realizó el análisis de selectividad para las tallas de las capturas y determinar la técnica de captura más eficiente en términos del cumplimiento normativo en cuanto a la talla legal de captura de langosta espinosa, como carácter relevante de la sostenibilidad pesquera (Rueda & Santos-Martínez 1997). La prueba de Kolmogorov-Smirnov, fue utilizada para comparar los datos de la talla de captura observada con las dos técnicas de captura (Zar 1999).

Proporción macho-hembra

La proporción macho-hembra se determinó dividiendo el número de machos entre hembras respectivamente. Para estos datos, se aplicó una prueba de bondad de ajuste, usando el estadístico de chi-cuadrada (χ^2) donde el valor de χ^2 calculado se contrastó con el valor de χ^2 teórico con $gl = 1$ (3.84), para comparar la proporción de sexos en ambas técnicas de captura (Zar 1999).

Selectividad

Las curvas de selección se estimaron para el total de langostas capturadas para cada técnica de captura, y se especificaron según lo propuesto por Arellano-Torres et al. (2006). Los parámetros de selectividad para cada técnica de captura se estimaron para *P. argus* al ser capturada, los cuales se clasificaron en tallas para estimar los parámetros. Estos parámetros

de selectividad se estimaron mediante una curva logística (Millar & Fryer 1999) definida con la siguiente ecuación:

$$\Pr(LA) = \frac{\exp(b_0 + b_1 LA)}{1 + \exp(b_0 + b_1 LA)}$$

Donde $\Pr(LA)$ fue la probabilidad de retención de una longitud abdominal (LA) determinada, b_0 y b_1 son constantes del modelo. La ecuación se ajustó mediante mínimos cuadrados utilizando la función Solver de Microsoft Excel, dicha función minimiza el error cuadrático entre los valores observados y simulados, para ello se utilizó el algoritmo de Newton. Posteriormente se estimaron los siguientes parámetros: (1) LA_{25} , LA_{50} y LA_{75} , que representan respectivamente la LA a las cuales el 25%, 50% y el 75% de las langostas son retenidas por cada técnica de captura; (2) el rango de selección (RS), como la diferencia entre LA_{75} y LA_{25} (Millar & Fryer 1999, Arellano-Torres *et al.* 2006).

$$LA_{50} = -\frac{b_0}{b_1}; RS = \frac{2 \log_e(3)}{b_1}; LA_{25} = LA_{50} - \frac{RS}{2}; LA_{75} = LA_{50} + \frac{RS}{2}.$$

Capturabilidad

Se utilizó un análisis de capturabilidad (q) tomando en cuenta los criterios de Arreguín-Sánchez (1996), Arreguín-Sánchez & Pitcher (1999), López-Rocha & Arreguín-Sánchez (2008) y Velázquez-Abunader *et al.* (2013). Determinando los intervalos de tallas de la LA para las langostas capturadas en cada técnica de captura y utilizando la CPUE para cada técnica de captura. Para la realización de las estimaciones se utilizó el programa Catchability (Martínez-Aguilar *et al.* 1999)

Estimaciones de capturabilidad

Los valores de q por tamaño se estimaron según Arreguín-Sánchez (1996) y Arreguín-Sánchez & Pitcher (1999), que se basa en la matriz de transición Leslie's (Shepherd 1987) en la forma:

$$N(\ell, t+1) = A(\ell, k) N(\ell, t) \quad (1),$$

Donde k y ℓ fueron los intervalos sucesivos de la longitud abdominal (LA), $N(\ell, t)$ es el tamaño de la población en el momento t , y A sera la matriz de transición, que depende directamente de crecimiento y mortalidad. Para llevar a cabo este análisis, la distribución mensual de frecuencia LA de *P. argus* se estimó por técnica de captura. La distribución de frecuencias de LA se expresará en términos de CPUE y se utilizó A en lugar de N . Para este caso CPUE se definió como el número de organismo para el intervalo de tallas capturado por casita en una hora de pesca.

La siguiente ecuación se utilizó para estimar A (Shepherd 1987):

$$A(\ell, k) = G(\ell, k) S(k) \quad (2),$$

Donde G fue la matriz que indica el efecto del crecimiento en ausencia de mortalidad y $S(k)$ será la supervivencia y el efecto de las técnicas de captura para el intervalo de tamaño de orden k . Con el fin de estimar G , se asumió que la langosta presentó un crecimiento que puede ser explicado por la ecuación de von Bertalanffy, y la matriz se construyó mediante la asignación de las probabilidades de crecimiento para cada uno de los intervalos LA de acuerdo con los criterios propuestos por Shepherd (1987).

Por otro lado, la matriz de supervivencia $S(k)$ se estimó en términos de mortalidad:

$$S(k) = e^{-Z(k)t} = e^{-[M+q(k,t)s(k)f(t)]} \quad (3),$$

donde $Z(k, t)$ fue la tasa de mortalidad instantánea para el intervalo de LA en el momento t ; M es la mortalidad natural, que se supone que es constante a través del tiempo, se utilizó el valor $L_{\infty} = 32$ cm, $K = 0.29$ y $M = 0.28$ (González-Cano 1991, Zetina & Rios-Lara 1998); $s(k)$ es el parámetro de selección de técnicas de capturas, que para este caso se supuso que será constante ($s = 1$); $f(t)$ es el esfuerzo pesquero expresado en horas de pesca eficaces en el momento t ; y $q(k, t)$ es la capturabilidad diferenciada para el intervalo de LA .

Por sustitución simple, la ecuación final se convierte en:

$$N(\ell, t+1) = \sum_k G(\ell, k) e^{-[M+q(k,t)s(k)f(t)]} N(k, t) \quad (4),$$

Con el conocimiento de todos los componentes en la ecuación 4, el valor de $q(k, t)$ se estimó por aproximación numérica hasta que se encuentre el valor de q igual a la ecuación (Martínez-Aguilar et al. 1999).

Del mismo modo, se realizó un análisis para cada q en el tamaño propuesto por Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) con respecto a la media de cada técnica de captura para cada mes; esto se calculó a través de:

$$\ln[CPUE(\ell) / CPUE(\ell, \bullet)] = \ln[q(\ell) / q(\ell, \bullet)] \quad (5),$$

Donde CPUE (ℓ) será la Captura por Unidad de Esfuerzo para cada intervalo de LA, CPUE (ℓ, \bullet) fue el promedio de captura por unidad de esfuerzo para cada intervalo de LA, $q(\ell)$ será la capturabilidad para cada intervalo de LA y $q(\ell, \bullet)$ fue la capturabilidad media para cada intervalo de LA.

Arreguín-Sánchez (1996) propone que la relación entre la CPUE y q es lineal como una función del tamaño y por lo tanto se puede representar:

$$\ln[CPUE(\ell) / CPUE(\ell, \bullet)] = \alpha + \beta\ell \quad (6),$$

Donde la pendiente (β):

$$\beta = \ln[q(\ell+1, t) / q(\ell, t)] - \ln[q(\ell+1, \bullet) / q(\ell, \bullet)] \quad (7).$$

Aquí, la intersección (α) se interpretó como la vulnerabilidad relativa de pequeñas langostas y la pendiente (β) es la tasa de cambio de q para el tamaño del tiempo t con respecto a la media. Por lo tanto, si la tendencia de los datos es negativa ($-\beta$) los organismos de tamaño pequeño serán más vulnerables, mientras que lo contrario indica una mayor vulnerabilidad de los ejemplares de mayor tamaño.

RESULTADOS

Se obtuvieron 1,537 langostas espinosas capturadas con gancho y 34 capturadas con casitas cubanas (Tabla 1). Se realizó un esfuerzo total de 22 horas y ocho buzos para la obtención de langostas con gancho y un total de 6 horas y 1 buzo para casitas cubanas. El CPUE general para gancho fue de 8 langostas capturadas en una hora, mientras que para las casitas cubanas fue de 5 langostas capturadas en una hora. Aunque el muestreo se realizó desde julio del 2014, fue hasta diciembre que se empezó a obtener capturas de langosta espinosa en las casitas cubanas, obteniendo una mayor captura de marzo a septiembre.

Tabla 1.

Langostas *P. argus* capturas por técnica (casita cubana y gancho) y clasificadas por tipo de fondo en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

Mes	Casita cubana		Gancho	
	Coral de alta densidad (No. organismos)	Coral de baja densidad (No. organismos)	Pastos marinos (No. organismos)	Coral de alta densidad (No. organismos)
Primer periodo				
Diciembre	1	1		
Marzo		1	2	
Abril		3	5	
Julio				1203
Segundo periodo				
Agosto		4	4	
Septiembre	1	3	9	334

Las mayores capturas de langosta en las casitas cubanas se obtuvieron en dos zonas del estudio. La primera con presencia de pastos marinos y con 14 casitas cubanas y la segunda con la presencia de coral de baja densidad y 14 casitas cubanas. El total de langostas obtenidas en el sitio de pastos marinos fue de 20 langostas, para coral de baja densidad se obtuvieron 12 langostas, y para las casitas que fueron colocadas cerca de corales de alta densidad se obtuvieron 2 langostas. Tanto para gancho como para casita cubana la

profundidad en la que se capturó langosta osciló entre los 2 a 6 m, aunque hubieron 12 casitas colocadas en profundidades de 0.5 a 1.5 m, las cuales no tuvieron langostas. Las casitas presentaron pequeños azolvamientos y fueron movidas en cada muestreo para evitar más hundimiento. Mientras que para gancho los meses de capturas y muestreo fueron exclusivamente julio y septiembre del 2015 y en zonas de coral de alta densidad.

El intervalo de la longitud abdominal de la langosta para casita cubana fue 5.5 cm a 20.5 cm de LA. La técnica de captura del gancho presentó un intervalo de tallas de 11.5 y los 27.5 cm de LA (Figura 2). Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov demuestran que hay diferencias significativas en las tallas registradas entre las técnicas de captura ($P < 0.01$).

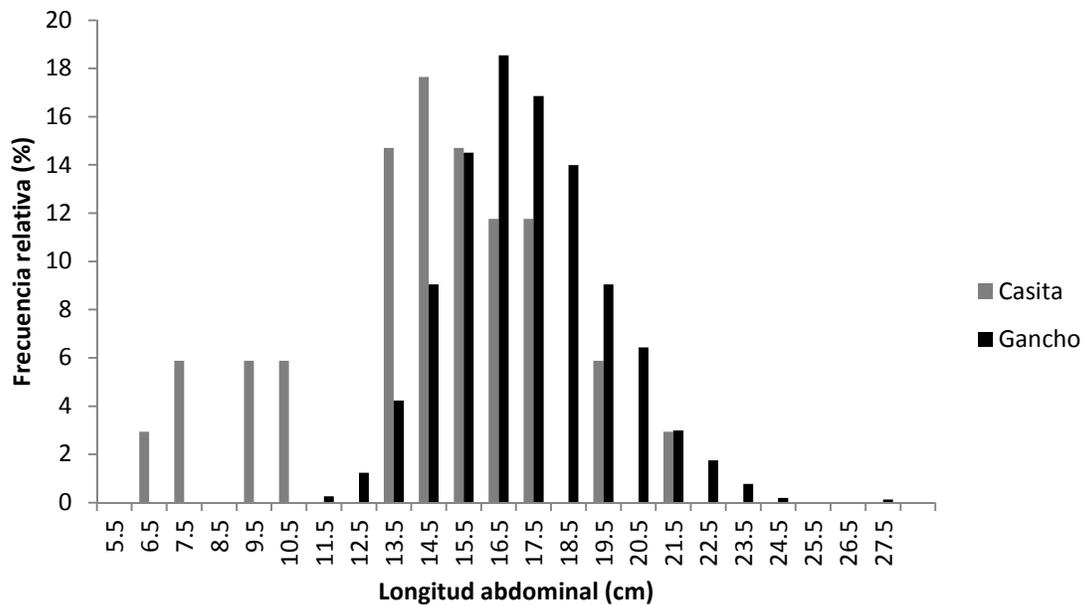


Figura 2. Distribución de tallas de capturas por casitas cubanas y el gancho para la captura de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

Proporción macho-hembra

La proporción en sexos esperada, para organismos capturados en ambas técnicas de captura, no presentó diferencia significativa tanto para la casita cubana ($\chi^2 = 0.11, P > 0.05$) como para el gancho ($\chi^2 = 1.20, P > 0.05$), a pesar de registrarse un porcentaje de 47% de machos y 53% de hembras en las casitas cubanas y 51% de machos y 49% de hembras en el gancho.

Debido a lo anterior se infiere que los métodos de captura analizados no presentan una preferencia, con respecto al sexo, de los organismos aprovechados.

Selectividad

En la estimación de las curvas de selectividad se detectó un mejor ajuste para los datos obtenidos con la técnica de captura del gancho en comparación con las casitas cubanas, esto debido a los pocos datos obtenidos con esta última técnica de captura (Figura 3). Debido a esto el error estándar (\pm ES) obtenido para casita cubana fue mayor que el obtenido por gancho (Tabla 2).

Tabla 2.

Parámetros de selectividad (\pm ES) de casitas cubanas y gancho para captura de *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

	Casita cubana	Gancho
b_0	-7.01(0.54)*	-12.79(0.29)*
b_1	0.53(0.04)*	0.76(0.01)*
LA_{25} (cm)	12.28(2.14)	16.09(0.77)
LA_{50} (cm)	13.18(2.21)	16.71(0.79)
LA_{75} (cm)	14.08(2.29)	17.34(0.8)
RS (cm)	1.79(0.15)	1.24(0.03)

RS, rango de selección; LA_{25} , LA_{50} y LA_{75} , son las longitudes abdominales en el que el 25%, 50% y 75% de las langostas son capturadas. * P <0.001.

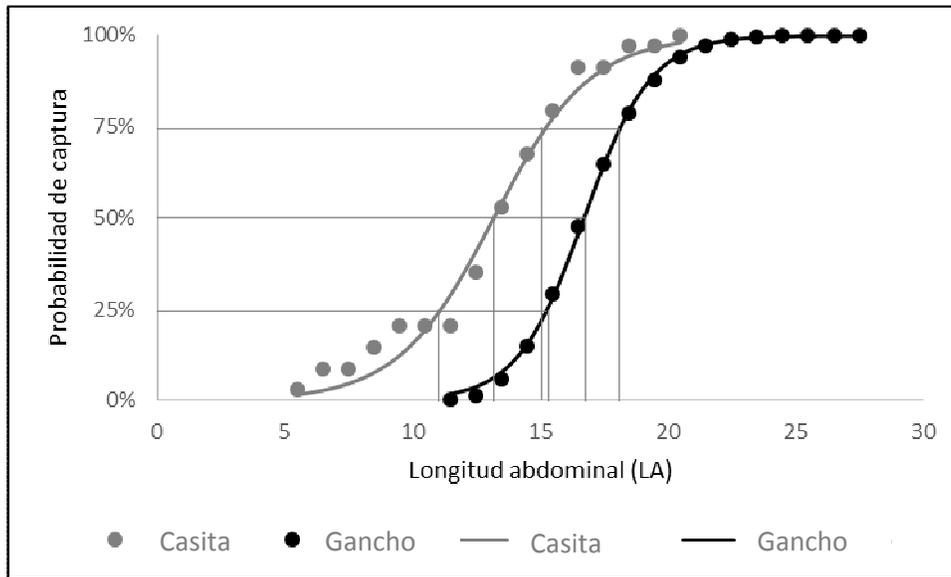


Figura 3. Curva de selectividad de casitas cubanas y de gancho para la captura de langosta espinosa *Panulirus argus* en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

Capturabilidad

Se evaluó la capturabilidad variable con la talla para casita y gancho. Registrando altos valores de capturabilidad para la técnica de captura con gancho a diferencia de las casitas cubanas (Figura 4). La capturabilidad por talla (longitud abdominal) para casitas cubanas presento una tendencia de disminución en la capturabilidad ($P < 0.05$) (Figura 4). Mientras que para gancho la tendencia indica un aumento de la capturabilidad conforme aumenta la talla ($P > 0.05$) (Figura 4).

La ecuación (5) de capturabilidad tuvo el fin de estandarizar una media y obtener las desviaciones de la media obtenida, por lo cual se obtienen las anomalías de captura por unidad de esfuerzo. Los valores negativos del parámetro β para casitas cubanas ($\beta = -0.2088$) indican una vulnerabilidad a capturar tallas pequeñas (figura 5). Mientras que para el gancho se obtienen valores positivos del parámetro ($\beta = 0.3179$) lo que indica una vulnerabilidad a capturar organismos de mayores tallas (Figura 5). Los modelos fueron estadísticamente significativos ($P < 0.05$) para casitas cubanas y gancho.

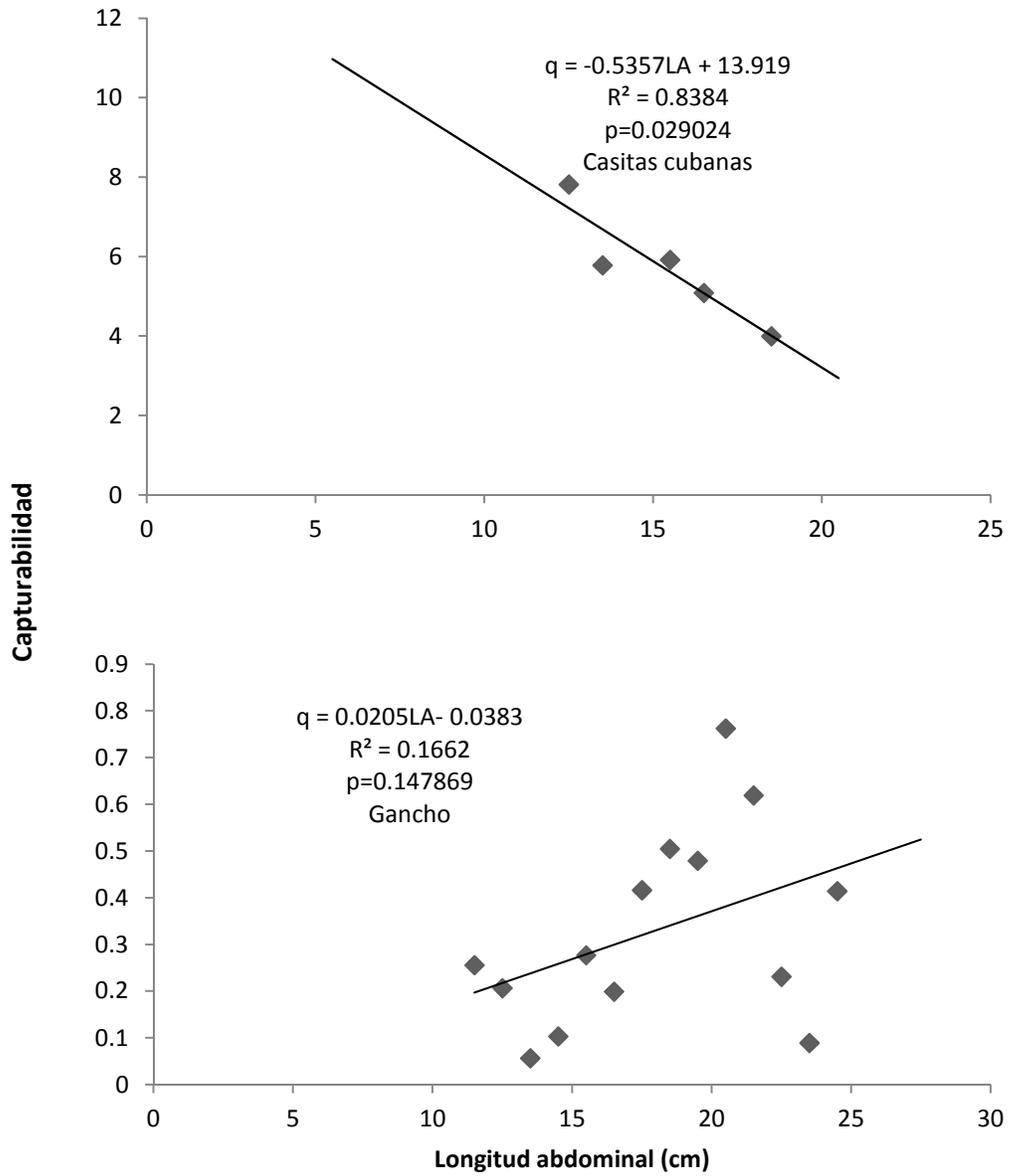


Figura 4. Capturabilidad de la langosta *Panulirus argus* por arte de pesca en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

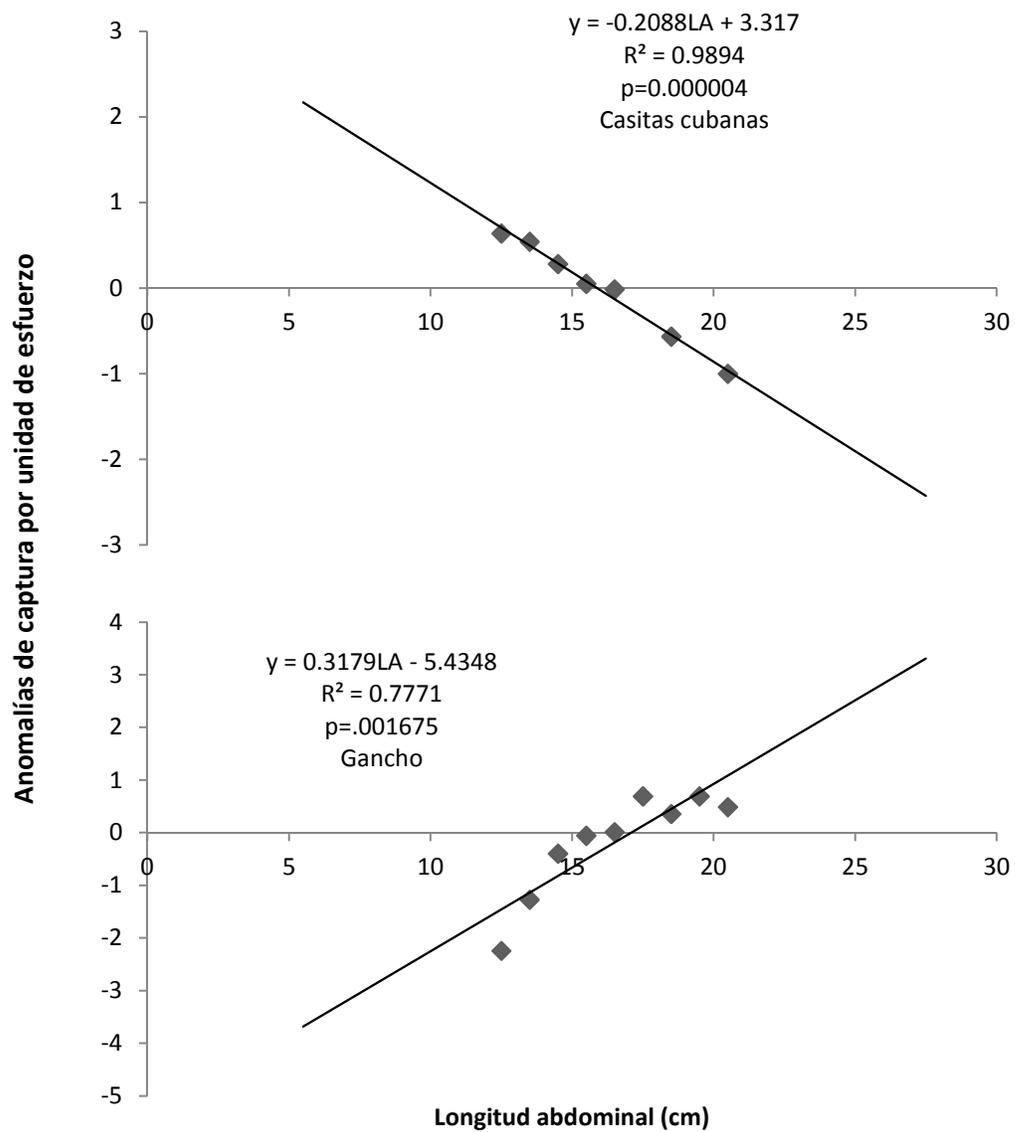


Figura 5. Vulnerabilidad relativa de la langosta *Panulirus argus* por arte de pesca en el Parque Nacional Arrecife Alacranes, Yucatán.

DISCUSIÓN

La captura por unidad de esfuerzo a menudo se considera como un índice de abundancia relativa de la población. Sin embargo, la captura o la mortalidad por pesca depende tanto de la abundancia de recursos y la eficiencia de los artes de pesca (Arreguín-Sánchez 1996, Ziegler et al. 2002).

La marcada diferencia en los datos obtenidos por casitas cubanas y gancho en PNAA destaca la diferencia en el esfuerzo empleado, ya que el número de casitas y buzos empleados en el estudio pudo ser un factor clave en el bajo rendimiento de los refugios artificiales. Otro punto importante a considerar es que en la técnica de gancho, cada pescador tiene un amplio rango de habilidad en el manejo del mismo para la obtención de langosta en el arrecife. Sin embargo para la casita cubana su éxito (obtenga mayores abundancias) dependerá de otros factores, como por ejemplo: la construcción de un número bastante significativo de casitas cubanas, y una selección optima del sitio donde se instalaran, factores que pudieron ocasionar que las casitas cubanas en este estudio obtengan capturas muy por debajo de las obtenidas con gancho. Siendo el gancho la técnica que registró mayores volúmenes en todo el estudio.

De igual manera, por lo escaso de los datos de las casitas cubanas no se pudo ajustar la curva de selectividad lo que demuestra la ineficiencia de captura de ésta técnica en el PNAA. Las langostas espinosas capturadas con gancho mostraron índices que permitieron un mejor ajuste de datos, aún con un menor tiempo de muestreo, reafirmando la preferencia de las langostas por arrecifes naturales puesto que la captura con gancho se realizó en zonas de corales de alta densidad.

La profundidad a la que se ubicaron las casitas parece ser un factor importante a considerar para futuros proyectos de aplicación de casitas cubanas. El presente estudio determinó que las estructuras colocadas entre 0.5 y 1.5 m de profundidad no registraron langostas mientras que aquellas colocadas a profundidades de 2 m, caracterizándose por la presencia de pastos marinos, y las colocadas a 6 m de profundidad, fueron las que registraron una mayor presencia de langosta espinosa. Esto puede deberse a que se ha comprobado que las langostas son menos activas con el aumento de la luz (Jernakoff et al. 1987)

Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez (2001), encontraron que la menor abundancia de langostas espinosas en casitas cubanas en Quintana Roo, ocurrió en invierno y la mayor en verano. De acuerdo con lo anterior, el presente estudio de casitas cubanas en el PNAA registró una mayor abundancia de langosta espinosa en casitas cubanas durante verano, puesto que los meses de mayores capturas fueron de marzo a septiembre, coincidiendo con la temporada de veda y los primeros tres meses de la temporada de langosta espinosa. Esto puede ser un factor determinante ya que no hay pescadores de langosta en esta época en PNAA y por tanto aumenta la probabilidad de presencia de langostas en casitas cubanas. Esto puede confirmar lo mencionado por Frusher (1997) quien sugiere que la densidad poblacional y la estructura de tallas varían entre regiones y periodos de tiempo. Ríos-Lara (2000) detectó langostas espinosas en casitas cubanas después de 100 días de haber iniciado la veda, por lo que las temporadas son un factor clave en la presencia de langosta en los refugios artificiales, ya que el término de la temporada de pesca muestra mayor abundancia de las langostas espinosas en las casitas cubanas.

Se sugiere que la presencia de otras especies podría ocasionar la ausencia de langosta espinosa en las casitas cubanas (Bohnsack 1989, Lozano-Álvarez et al. 1994). Los depredadores juegan un papel importante, directa e indirectamente, en la distribución de una gran variedad de organismos móviles en los diferentes hábitats marinos, provocando que la presa se agregue en refugios sociales, físicos, o el caso contrario, que se dispersen para minimizar la depredación (Pulliam 1989, Gristina et al. 2009, Eggleston y Lipcius 1992). Si bien el presente estudio en PNAA no realizó análisis de fauna relacionada con la presencia de langosta, en particular las casitas cubanas presentaron presencia de peces con antecedentes de depredación de langosta, caso particular: el mero y canane, localizados en algunas casitas colocadas cerca de corales de alta densidad (Eggleston et al. 1990, Smith & Herrnkind 1992, Mintz et al. 1994, Ríos-Lara et al. 1995, Herrera & Ibarzábal 1995, Sosa-Cordero et al. 1998, Cruz & Phillips 2000, Lavalli & Herrnkind 2009, Ríos-Lara et al. 2013).

La teoría de proporción de sexos predice que la selección natural favorece una proporción 1:1 en los descendientes machos y hembras de una población (Uscudun 2014). La proporción hembra: macho en las langostas capturadas en la plataforma de Yucatán ha sido

reportada igual a 1:1 por varios autores (Fuentes 1988, Fuentes et al. 1991, Ríos-Lara & Monroy 2007). Sin embargo, Ríos-Lara (2009) determinó que la proporción macho-hembra fue variable, en particular para el PNAA que obtuvo una mayor captura de machos que hembras. Sin embargo, en este estudio actual en el PNAA no hubo diferencias significativas en la proporción macho-hembra registradas en ambas técnicas de captura. Esto puede asociarse a posibles migraciones, siendo una especie que se caracteriza por agregarse en su etapa adulta (Gomez et al. 2007, Briones-Fourzán et al. 2013).

La capturabilidad (q) se ha definido como una medida de la interacción entre la abundancia de los recursos y el esfuerzo de pesca y fue desarrollada para conocer la eficiencia de las artes de pesca o para encontrar la relación entre el tamaño de la población y el esfuerzo pesquero (Arreguín-Sánchez 1996). Es bien reconocido que la capturabilidad no puede ser constante, sino que presenta diversas fuentes de variación. Estas fuentes están asociadas con la abundancia, comportamiento de los organismos, la biología de poblaciones, su dinámica, la calidad y la cantidad de esfuerzo de pesca, la estrategia de pesca y las condiciones ambientales, entre otros factores que interactúan con el coeficiente de capturabilidad (Arreguín-Sánchez 1996).

Los análisis revelaron que las langostas obtenidas con gancho registraron altos valores de capturabilidad, observando mayor vulnerabilidad para langostas de tallas grandes; mientras que para casitas cubanas el patrón se invierte obteniendo bajos valores de capturabilidad y una vulnerabilidad para langostas pequeñas. Esto puede deberse a que las casitas cubanas tienen una altura de 20 cm y 15 cm de sombra, aparte que debido a sus características (cemento) se hunden, lo que pudo ocasionar que las langostas de menor tamaño entraran a la casita cubana (Richards et al. 1983, Eggleston et al. 1990, Miller & Addison, 1995, Addison & Bannister, 1998, Frusher & Hoenig, 2001). Otro punto a considerar es que la mayor abundancia de langosta capturadas en las casitas se obtuvo en pastos marinos y de acuerdo a su biología, los juveniles son los que suelen encontrarse en esta zona (Butler 2003, Bertelsen et al. 2009, Ríos-Lara et al. 2007, Briones-Fourzán et al. 2013). Por tanto, los factores ambientales y biológicos afectan la posibilidad de langostas en trampas (Richards et al. 1983). Por su parte, Addison (1995) y Miller (1979, 1990) sugirieron que la pesca elimina a las langostas de mayor tamaño, ocasionando un cambio en

la distribución, ya que esto origina que las langostas de menor tamaño entren en las trampas durante los periodos de pesca.

Las tallas de primera captura (LA_{50}) de las especies explotadas pueden servir como punto de referencia para la ordenación pesquera y asegurar que los recursos pesqueros se reproduzcan al menos una vez en su ciclo de vida, antes de ser capturados (Arellano-Torres et al. 2006). Esto quiere decir que la LA_{50} permite estimar que al menos la mitad de la población capturada se haya reproducido al menos una vez. La talla de primera captura (LA_{50}) de la langosta espinosa capturada por gancho en el PNAA se encuentra por arriba de la talla oficial de primera madurez sexual a diferencia de las capturadas en las casitas que registró una talla menor a los 14.5 cm de longitud abdominal. Lo anterior puede deberse a que las langosta con gancho son capturadas en corales naturales de alta densidad, donde los pescadores tiene la libertad de elegir o buscar langostas de mayores tamaños (Ríos-Lara et al. 2007, Briones-Fourzán et al. 2013). De igual forma, coincide con el estudio realizado por Briones-Fourzán et al. (2007) en donde la vulnerabilidad de las casitas cubanas en Quintana Roo también se inclinó a los organismos pequeños o juveniles. Por su parte Ríos-Lara (2000) obtuvo una talla media 10.4 cm de longitud abdominal, en las langostas obtenidas con casitas cubanas en Yucatán. Eggleston & Lipcius (1992) determinaron un reclutamiento mayor de juveniles en comparación con adultos en las casitas cubanas de Quintana Roo. Por tanto, y coincidiendo con el estudio hecho por Addison & Lovewell (1991), las diferentes áreas y métodos de pesca afectan la selectividad. En el caso particular el PNAA coincide con los realizados en Quintana Roo, ya que las casitas cubanas muestran ser eficientes reclutando juveniles. Otro punto a considerar son las características que presenta el refugio artificial, en caso particular, la altura de la casita cubana y el azolvamiento que puede llegar a presentar, ya que en este estudio en el PNAA algunas casitas presentaron pequeños azolvamientos lo que puedo ocasionar que las langostas pequeñas fueran reclutadas (Miller 1990, Eggleston & Lipcius 1992, Eggleston et al. 1994, Addison & Bannister 1998, Frusher & Hoenig 2001). Confirmando lo anterior en un estudio realizado por Bombace et al. (1994) determinaron que los arrecifes artificiales son efectivos en los sitios alejados de arrecifes naturales, ya que propician la aparición y el aumento de las capturas, en sitios donde no existía refugio propiciando abundancia de animales asociados a arrecifes (Frazer & Lindberg 1994). Caso contrario es el gancho, que

es una técnica que se caracteriza por que el pescador busque a la langosta en arrecifes de alta densidad y por tanto seleccione las de mayor tamaño.

Aunque en Quintana Roo las casitas cubanas han funcionado de manera exitosa para la pesca comercial, en el caso particular del PNAA los resultados indican que hasta el momento de su instalación no es viable por los volúmenes registrados. Los resultados de este estudio coinciden con los realizados en la Florida, que revelan que la gran presencia de arrecife de coral, hace que los refugios artificiales no sean seleccionados y por lo tanto la pesca comercial mediante este arte de pesca no sea viable. Lo que podría coincidir con las características que presenta el PNAA en el uso de casitas cubanas como arrecife artificial (Huntsman 1981, Ambrose & Swarbrick 1989, Bohnsack 1989, Bombace et al. 1994). Por tanto la evaluación de las características fisiográficas del lugar donde pretenden ser instalados los refugios artificiales debe ser un requisito clave para su instalación (Salas et al. 2008).

En este estudio los bajos volúmenes de captura, y tallas menores, con una talla de primera captura de 13. 18 cm de *LA*, permiten concluir que las casitas cubanas en el PNAA como técnica de captura comercial para *P. argus* no es redituable. Sin embargo, se recomienda como método de reclutamiento para investigaciones futuras a la población juvenil de langosta espinosa *Panulirus argus*, tomando en cuenta un mayor número de casitas cubanas en zonas con presencia de pastos marinos.

AGRADECIMIENTOS

A los pescadores de la S.C.P.P. Pescadores del Golfo de México S.A. de R. L., a Ernesto Pérez, Emmanuel Dorantes y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), los cuales ayudaron a la realización de los muestreos. Asimismo al Dr. Alfonso Aguilar, al Dr. Gaspar Poot y a la Dra. Ileana Ortigón por sus valiosos comentarios para la realización del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Addison, J.T. & S.R.J. Lovewell. 1991. Size composition and pot selectivity in the lobster (*Homarus gammarus* (L.)) and crab (*Cancer pagurus* L.) fisheries on the east coast of England. ICES J. Mar. Sci. 48: 79–90.
- Addison, J.T. 1995. Influence of behavioural interactions on lobster distribution and abundance as inferred from pot-caught samples. ICES Mar. Sci. Symp. 199: 294–300.
- Addison, J.T. & R.C.A. Bannister 1998. Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment: modeling and experimental approaches. Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125: 167–77.
- Anganuzzi, A. R. Hilborn, & J.R. Skalski, 1994. Estimation of size selectivity and movement rates from mark–recovery data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 734–742.
- Ambrose R.F. & S.A. Swarbrick. 1989. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. Bull. Mar. Sci. 44: 718-733.
- Arana, P. 1983. Estado en que se encuentra la pesquería de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Análisis de pesquerías chilenas. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaiso. 77-111.
- Arana, P. 1985. Análisis y recomendaciones sobre medidas de regulación en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*). Investigaciones Marinas en el Archipiélago de Juan Fernández. Esc. Ciencias del Mar, UCV, Valparaíso, pp. 291-300.
- Arana, P. & R.Vega. 2000. Esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), durante la temporada de pesca 1996-1997. Investigaciones Marinas. 28: 117-133.
- Arreguín-Sánchez, F. 1996. Catchability: a key parameter for fish stock assessment. Rev. Fish Biol. Fish. 6:1–22
- Arreguín-Sánchez, F. & T. J. Pitcher. 1999. Catchability estimates and their application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery of the Campeche Bank, Mexico. Fish. Bull. 97: 746-757.

- Arellano-Torres, A., R. Pérez-Castañeda, & O. Defeo. 2006. Effects of fishing gear on artisanal multispecific penaeid fishery in a coastal lagoon of Mexico: mesh size, selectivity and management implications. *Fish. Manag.Ecol.* 13(5): 309-317.
- Bello-Pineda, J. 1998. Sistema de clasificación para los tipos de fondo del Arrecife alacranes compatible con una imagen Landsat TM. Tesis de Maestría. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. 107 pp.
- Bello-Pineda, J., Rios V. Liceaga, C.M. A., Zetina, C., Cervera, K., Arceo, P., & Hernández, H. 2005. Incorporating spatial analysis of habita tinto spiny lobster (*Panulirus argus*) stock assessment at Alacranes Reef, Yucatan, Mexico. *Fish. Res.* 73:37-47.
- Bertelsen, R. D., M. J. Butler IV, W. F. Herrnkind, & J. Hunt. 2009. Regional characterisation of hard-bottom nursery habitat for juvenile Caribbean spiny lobster (*Panulirus argus*) using rapid assessment techniques. *New Zeal. J. Mar. Fresh.* 43(1): 299-312.
- Bohnsack, J.A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference?. *Bull. Mar. Sci.* 44: 631-645.
- Bombace, G., G. Fabi, L. Fiorentini, & S. Speranza. 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in live different areas of the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.* 55 (2-3): 559-580.
- Briones Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez, & D. B. Eggleston. 2000. The use of artificial shelters (Casitas) in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture.* 2: 420-446.
- Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Álvarez. 2001. Effects of artificial shelters (Casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* in a habitat-limited tropical reef lagoon. *Mar Ecol-Prog Ser.* 221-232.
- Briones-Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez, S. F. Negrete, & O. C. Barradas. 2007. Enhancement of juvenile Caribbean spiny lobsters: an evaluation of changes in multiple response variables with the addition of large artificial shelters. *Oecologia* 151: 401-416.

- Briones-Fourzán, P., G. E. Magallón, & Lozano-Álvarez E. 2013. Increased reproductive opportunity: a potential benefit of seasonal aggregation for a little-gregarious and highly sedentary spiny lobster. *Mar. Biol. Res.* 9: 77-87.
- Buesa, R. J. 1965. Mar y Pesca. Migraciones de la langosta (*Panulirus argus*). Inst. Nal. Pesca, Cuba. 22-27.
- Butler, M.J. 2003. Incorporating ecological process and environmental change into spiny lobster population models using a spatially-explicit, individual-based approach. *Fish. Res.* 65:1–3.
- Colás, M. T., A. Tuz, & T. Brulé. 2002. Observaciones preliminares sobre la pesquería de meros (Serrranidae: Epinephelinae) en el Parque Marino Nacional “Arrecife Alacranes”, Yucatán, México. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 53:431-459.
- Cruz, R. & B. F. Phillips. 2000. The artificial shelters (pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. *Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell), Oxford. 400-419
- Cruz, R. 2002. Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa. FAO. 399: 1-43.
- Cruz, R., J.A. Baisre, E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco & C. Carrodegas. 1987. Atlas biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba. 125p
- De la Cruz-Agüero, E., Martínez, O. & C. Muñoz. 1993. Propuesta de zonificación del Arrecife Alacranes, Yucatán. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, 22 pp. Manuscrito no publicado.
- De la Torre R. & D. L. Miller. 1987. Update on the Mexican Caribbean’s artificial habitat-based spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery: The evaluation of design, material and placement optimums. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 38: 582–589.
- Eggleston, D.B., R. N. Lipcius, D. L. Miller & L. Coba-Cetina. 1990. Shelter scaling regulates survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. *Mar Ecol-Prog Ser.* 62(1):79-88.

- Eggleston, D. B. & R. N. Lipcius. 1992. Shelter selection by spiny lobster under variable predation risk, social conditions, and shelter size. *Ecology*. 73(3):992-1011.
- Eggleston, D. B., R. N. Lipcius & D. L. Miller. 1994. Artificial shelters and the survival of juvenile Caribbean spiny lobster: spatial, habitat and lobster size effects. *Bull. Mar. Sci.* 55: 2-3.
- Evans, C.R., A. P. M. Lockwood, A. J. Evans & E. Free. 1995. Field studies of the reproductive biology of the spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille) and *P. guttatus* (Latreille) at Bermuda. *J. Shellfish Res.* 14: 371–381.
- FAO. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. España.
- FAO. 1997. Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies. Roma.
- Frazer, T. K. & W. J. Lindberg. 1994. Refuge spacing similarly affects reef associated species from three phyla. *Bull. Mar. Sci.* 55(2-3): 388-400.
- Frusher, S. D. 1997. Stock assessment report: rock lobster. Department of primary industry and fisheries Tasmania internal (Department of Primary Industry and Fisheries: Hobart, Tasmania).
- Frusher, S.D. & J.M. Hoenig. 2001. Impact of size related dominance hierarchies on selectivity of traps for southern rock lobster (*Jasus edwardsii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 2482–2489.
- Fuentes, D. 1988. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe mexicano. Los recursos pesqueros del País. SEPESCA. Mexico. 441-462.
- Fuentes, D., P. Arceo & S. Salas. 1991. Consideraciones preliminares para el manejo de la pesquería de langosta en Yucatan. Taller regional sobre manejo de la pesquería de langosta. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico.* 1:65-74.
- Gómez, G., R. Guzmán & A. Barrios. 2007. Aspectos biométricos y dinámica reproductiva de la langosta espinosa, *Panulirus argus*, en áreas de pesca de la costa norte de la Península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* V. 25 n.3.

- González, C. J. 1991. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster (*Panulirus argus*) in the Mexican Caribbean. Tesis Doctoral. INP. México. 448p.
- Gristina, M., F. Fiorentino, G. Garofalo & F. Badalamenti. 2009. Shelter preference in captive juveniles of European spiny lobster *Panulirus elephas* (Fabricius, 1787). Mar. Biol. 156(10): 2097-2105.
- Herrera, A. & D. Ibarzábal. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. Revista de Investigaciones Marinas 19(1): 59-63.
- Herrnkind, W. & M. Butler. 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters *Panulirus argus*. Mar Ecol-Prog Ser. 34: 23-30
- Hilborn, R., C. J. Walters & D. Ludwig. 1995. Sustainable exploitation of renewable resources. Annual Review of Ecology and Systematics. 26:45-67.
- Holthuis, L. B. 1991. Volume 13, Marine Lobsters of the World. FAO Species Catalogue. FAO Fishery Synopsis. 125: 229-253.
- Huntsman, G.R. 1981. Ecological considerations influencing the management of reef fishes. Artificial Reefs: Conference Proceedings. Florida Sea Grant College Report 41, Florida. 167-175.
- Jernakoff, P., B. F. Phillips & R. A. Maller. 1987. A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George. J. Exp. Mar. Ecol. 113: 9-21.
- Lavalli, K.L. & W. F. Herrnkind. 2009. Collectives defense by spiny lobster (*Panulirus argus*) against triggerfish (*Balistes capricus*): effects of number of attackers and defenders. New Zeal J Mar Fresh. 43: 15-28.
- Ley-Cooper, K., S. De Lestang, B. Phillips & A. E. Lozano. 2013. Estimates of exploitation rates of the spiny lobster fishery for *Panulirus argus* from tagging within the Bahia Espiritu Santo "Sian Kaan" Biosphere Reserve, Mexican Caribbean. Mar Biol Res. 9: 88-96.

- López-Rocha, J. A. & F. Arreguín-Sánchez. 2008. Spatial distribution of red grouper *Epinephelus morio* (Serranidae) catchability on the Campeche Bank of Mexico. *J. Appl. Ichthyol*, 24, 282-289
- Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán & F. Negrete-Soto. 1994. Occurrence and seasonal variations of spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille), on the shelf outside Bahía de la Ascensión, México. *Fish. Bull.* 808-815.
- Membrillo-Venegas, N. 1999. Descripción de los paisajes arrecifales en la laguna del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Tesis de Maestría. CINVESTAV, IPN. 100 p.
- Millar, R. B. & R. J. Fryer. 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 9: 89-116.
- Miller, R.J. 1979. Saturation of crab traps: reduced entry and escapement. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 38: 338–345.
- Miller, R. J. 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1228–1251.
- Miller, R.J. & J. T. Addison. 1995. Trapping interactions of crabs and American lobster in laboratory tanks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 315–324.
- Mintz, J.D., R. N. Lipcius, D. B. Eggleston & M.S. Seebo. 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effects of shelter size, geographic location, and conspecific abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 255–266.
- Munro, J. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. *Univ. West Indies Zoo. Dep. Res. Rep.* 3:1-57.
- Myers, R.A. & J.M. Hoenig. 1997. Direct estimates of gear selectivity from multiple tagging experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1–9.
- Negrete-Soto, F., E. Lozano-Álvarez & P. Briones-Fourzán. 2002. Population dynamics of the spotted spiny lobster *Panulirus guttatus* (Latreille) in a coral reef on the Mexican Caribbean. *J. Shellfish Res.* 21: 279–288.

- Osborne, K. & W. Oxley. 1997. Sampling benthic communities Using Video transects. Manual For tropical Marine Resources. 2nd Edition.
- Pulliam, H. R. 1989. Individual behavior and the procurement of essential resources. Perspectives in ecological theory. Princeton University 25-38.
- Richards, R. A., J. S. Cobb & M. J. Fogart. 1983. Effects of behavioral interactions on the catchability of American Lobster, *Homarus americanus*, and two species of cancer crab. Fish Bull. 81: 51-60.
- Ríos-Lara, G.V., C. M. Zetina & K. C. Cervera. 1995. Evaluación de “casitas” o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras 19(2): 50-56.
- Ríos-Lara, V. 2000. Evaluación del funcionamiento del pesquero levable como arte de pesca para la captura de langosta *Panulirus argus* en la costa oriente del Estado de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV- IPN Unidad Mérida. México. 82 pp.
- Ríos-Lara, V. & G. Monroy. 2007. Situación actual y explotación de escenarios de manejo para la pesquería de langosta *Panulirus argus* en la costa de Yucatán. I foro regional de langosta espinosa *Panulirus argus* de la Península de Yucatán. Cancun, Quintana Roo. INAPESCA-Gob. Edo. de Quintana Roo, México.
- Ríos-Lara, V., S. Salas, J. Bello & Peniche. 2007. Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes Reef, Yucatan: Spatial analysis and inference of preferential habitat. Fish. Res. 87:35-45.
- Ríos-Lara, 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. Tesis Doctorado. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida. México 155 pp.
- Ríos-Lara, V. & S. Salas. 2009. Modelo estructurado por edades para la evaluación de la población de langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 61:162-175.

- Ríos-Lara, V., M. J. Espinoza, M. C. Zetina, C. C. Aguilar & E. A. Ramírez. 2013. La pesquería de langosta *Panulirus argus* en el Golfo de México y Mar Caribe Mexicano. Instituto Nacional de Pesca 1: 1-117
- Salas, S., M. A. Cabrera, C. Zapata, J. I. Euan & A. Maldonado. 2008. ¿Son los refugios artificiales una opción para mejorar la pesquería de langosta? el caso de la pesquería de Yucatán. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 198-208.
- Seijo, J. C. 1993. Individual transferable grounds in a community managed artisanal fishery. Marine Resource Economics. 78-81.
- Seijo, J. C., O. Defeo & S. Salas. 1998. Fisheries bioeconomics: theory, modelling and management. FAO fisheries technical paper no. 368. Rome: FAO. 176 pp
- Shepherd, J. G. 1987. A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data. Length based methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings. Manila, Philippines: ICLARM. 113–119.
- Silva, M. & D. Cerda. 1984. Informe de la Comisión de estudio sobre el archipiélago de Juan Fernández: antecedentes y proposiciones de desarrollo. SERNAP-SUBPESCA, In litteris.
- Smith, K.N. & W. F. Herrnkind. 1992. Predation on early juvenile spiny lobsters *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 157: 3–18
- Sosa-Cordero, E., G. A. Ramírez & V. M. Domínguez. 1996. La explotación de langosta *Panulirus argus* en Bahía Espíritu Santo, Quintana Roo, México: un estudio descriptivo. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 45: 820-839.
- Sosa-Cordero, E., A. M. Arce, W., Aguilar & D., Ramírez, G. 1998. Artificial shelters for spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): an evaluation of occupancy in different benthic habitats. J Exp. Mar. Biol. Ecol. 229:1-18
- Tewfik, A., H. M. Guzman & Jacome, G. (1998) Distribution and abundance of the spiny lobster populations (*Panulirus argus* and *P. guttatus*) in Cayos Cochinos, Honduras. Revista de Biología Tropical. 46: 125–136

- Tourinho, J. L., C. A. Solé & C. Lazoski. 2012. Cryptic species within the commercially most important lobster in the tropical Atlantic, the spiny lobster *Panulirus argus*. Mar. Biol. 159(9): 1897-1906.
- Uscudun, M. G. 2014. Estrategia reproductiva del cangrejo Sirí *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 (Decapoda, Brachyura, Portunidae), en la laguna de Rocha, Uruguay. Tesis de Maestría, Universidad de la República Uruguay. 1-52 pp.
- Velázquez-Abunader, I., S. Salas & M. A. Cabrera. 2013. Differential catchability by zone, fleet, and size: the case of the red octopus (*Octopus maya*) and common octopus (*Octopus Vulgaris*) fishery in Yucatan, Mexico. J. Shellfish Res. 32 (3): 845-854.
- Weiss, H., E. Lozano-Alvarez & P. Briones-Fourzan. 2008. Circadian shelter occupancy patterns and predator- prey interactions of juvenile Caribbean spiny lobsters in a reef lagoon. Mar. Biol. 153: 953-963.
- Wynne, S. P. & I. M. Cote. 2007. Effects of habitat quality and fishing on Caribbean spotted spiny lobster populations. J. Appl. Ecol. 44: 488-494.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey. 663 pp.
- Zetina, M. C. & V. Ríos-Lara. 1998. Estimación del Tamaño de la Población de la Langosta *Panulirus argus* en las Costas de Yucatán, Usando Diferentes Modelos de Evaluación. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 162-175
- Ziegler, P.E., C.R. Johnson, S. D. Frusher & C. Gardner. 2002. Catchability of the southern rock lobster *Jasus edwardsii*. II. Efeccts of size. Mar. Freshwater Res. 53: 1149-1159