



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División de Desarrollo Sustentable**

**Monitoreo de biomasa de la langosta espinosa  
*Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda:  
Palinuridae), de las temporadas langosteras 2015-2018  
en la Rada de Isla Cozumel, Quintana Roo, México**

**TESIS**  
Que para obtener el grado de  
**LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS  
NATURALES**

**Presenta**  
**Ingrid Vanessa Tafoya Gutiérrez**

**Director de Tesis**  
**Dr. Adrián Cervantes Martínez**

**Cozumel, Q. Roo, junio de 2019.**

# UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Desarrollo Sustentable

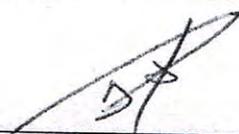


Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de Tesis del programa de Licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

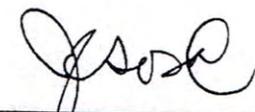
LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS



Director:   
Dr. Adrián Cervantes Martínez

Asesor:   
Dra. Martha Angélica Gutiérrez Aguirre

Asesor:   
Dr. Eloy Sosa Cordero



Cozumel, Quintana Roo, México, junio, 2019

## DEDICATORIA

A mis padres y familia

Dedico este gran paso de mi vida a mis padres: *Samuel Tafoya Pérez y María Isabel Gutiérrez González*, a quienes amo demasiado, y los cuales me han apoyado en cada paso de mi vida que he dado, me siento orgullosa de ellos, ya que me han enseñado a que no debo rendirme nunca, a salir adelante por mis propios méritos.

Les agradezco principalmente porque me han sabido guiar por el camino del bien, realmente valoro todo el esfuerzo y empeño que han hecho por mi educación y porque día con día sea una mejor persona.

A ti papá quiero agradecerte por cuidarme y protegerme, por corregirme cuando me equivoco, por ser la fortaleza de esta familia ya que gracias a ti y tu arduo trabajo hemos podido salir adelante, te admiro demasiado por lo trabajador que eres, tu mi ejemplo a seguir, de ti aprendí a echarle ganas a todo lo que haga. Gracias por quererme tanto. Siempre seré tu niña, de la cual deseo que te sientas orgulloso.

A ti mamá gracias por ser mi mejor amiga, por tu apoyo incondicional durante tanto tiempo, sea como sea, pase lo que pase, solo deseo que sepas que te amo demasiado, le doy gracias Dios porque tu hayas sido mi madre, mi confidente, la que me enseñó el valor del amor más grande y puro, te admiro por ser quien eres, una gran mujer luchadora y dedicada.

A mis abuelos *José Trinidad Gutiérrez Novelo, Aida Miriam González + y Ma. Guadalupe Pérez +*, Socorro Novelo Medrano +, por todo su apoyo, amor y consejos los cuales me han hecho ser la mujer que soy hoy.

A mi hermano *José Luis Tafoya Puc* por ser alguien a quien admiro desde niña, por protegerme, cuidarme y regalarme dos motivos más para esforzarme día con día, mis sobrinitos a quienes amo demasiado.

Y al resto de mi familia que han estado ahí en todo instante, por brindarme su apoyo y bendiciones.

Ronnie Miranda Hernández porque has estado conmigo hace ya un tiempo, llegaste a mi vida como un buen amigo y se transformó en algo más bonito y sincero, por animarme a cada instante, por motivarme día con día a ser mejor te amo.

A mis amigos, aunque nos distanciémonos quiero que sepan que formaron parte de una de las mejores etapas de mi vida, no me dejaron caer nunca, porque fuese lo que fuese, cuando nos uníamos para trabajar o relajarnos éramos un equipo y siempre lograban animarme, gracias por las mejores experiencias que me hicieron pasar, son mis colegas, mis hermanos. La mejor generación (2014-2019)

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Gracias todos y cada uno de mis Profesores**

Quienes participaron en mi formación durante cada uno de estos años, por sus enseñanzas y paciencia: *Al Dr. Luis Mejía Ortiz, Dr. Oscar Frausto Martínez, a la Dra. Jani Jarquín. Dr. Oscar Collantes, Lic. Carlos Hu Moo, Mtra. Teresa Perdigón* y demás.

### **Y un agradecimiento muy especial**

*Al Dr. Adrián Cervantes Martínez* y a la *Dra. Martha Gutiérrez Aguirre* por todos estos años de apoyo y aprendizaje, me llevo sus mejores enseñanzas y sobretodo muchas gracias por la paciencia, consejos y aportaciones en todo el proceso de realización de tesis. Me llevo lo mejor de ustedes.

Asimismo, quiero agradecer al *Dr. Eloy Sosa Cordero* por sus grandes aportaciones y enseñanzas en todo mi proceso de tesis. Fue un gusto poder aprender de alguien como usted.

Finalmente deseo agradecer a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel, al presidente *José A. Canto Noh*, a *Lizbeth Tamayo* y a todos los pescadores, por permitirme colaborar con ustedes y apoyarme en todo el proceso de elaboración de este proyecto de tesis, me llevo las mejores experiencias y aprendizajes.

Un agradecimiento especial a la Br. Saraí Jaime por la elaboración de la figura 4.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>20</b>
Clima:.....	20
Geología y Edafología:.....	21
Corrientes costeras .....	22
Características bióticas .....	22
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
Tratamiento de los datos.....	26
Análisis de datos: .....	27
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
Biomasa (peso húmedo), temporadas 2015-2018.....	28
Análisis de agrupamiento de las temporadas langosteras 2015-2018 .....	31
Captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	32
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
Captura de langosta (temporadas, 2015-2018) .....	35
CPUE (2015-2018).....	37
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>42</b>

## RESUMEN

La langosta espinosa *Panulirus argus* es uno de los recursos pesqueros de mayor importancia en la península de Yucatán. El 99% de la producción total del país de esta especie proviene de la costa norte de la península de Yucatán (Banco de Campeche y Plataforma de Yucatán) y el Caribe mexicano (costa de Quintana Roo). De todos los recursos pesqueros de la región esta especie es la de mayor valor económico en el mercado, por ello y debido a su abundancia y amplia distribución es el principal recurso marino que genera grandes ingresos para las diversas comunidades pesqueras. Lo anterior persiste, aunque en los últimos años la captura de langosta ha disminuido de manera constante en ciertas localidades. En México se han realizado diversos estudios relacionados aspectos como su biología, taxonomía y pesquería; no obstante, en algunas localidades –como en la rada de Isla Cozumel el conocimiento generado sobre este recurso es escaso. En este trabajo se presenta una evaluación de la biomasa de *Panulirus argus* en tres temporadas langosteras 2015-2018 en la rada de Cozumel. La biomasa (kg) se estimó a partir de datos proporcionados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L. Por otro lado, con los datos obtenidos se realizó un análisis multivariado de similitud. Se realizó el análisis espacial y temporal, de la biomasa y se obtuvo la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), a partir de viajes por embarcación. Entre los resultados obtenidos se encontró que la pesquería en la rada de Cozumel está en un periodo de estabilidad, con las mayores capturas mensuales registradas durante al inicio de cada la temporada (julio-agosto), con leves disminuciones en los meses siguientes (septiembre-diciembre) y un ligero repunte al cierre de la temporada de pesca (enero-febrero). Asimismo, el esfuerzo pesquero registrado representó un fuerte indicador de la eficiencia pesquera y demostró que el número de viajes por embarcación fue uno de los factores que influyeron en la generación de mayor producción durante las temporadas analizadas. Todo esto se debe a la aplicación de artes selectivas de pesca y la buena organización de la cooperativa pesquera, así como al cumplimiento de la normatividad vigente. Es importante mencionar que la venta de producto vivo, es una nueva modalidad que aplica la sociedad cooperativa desde 2015 que les retribuye mayores ingresos a los pescadores. Con la información generada, se informa el estado actual del recurso langosta en esta región pesquera.

**Palabras clave:** Biomasa, CPUE, *Panulirus argus*, RADA, temporada de pesca.

## INTRODUCCIÓN

En Quintana Roo hay una intensa pesquería de recursos marinos béticos: los principales recursos son la langosta (*Panulirus argus*) y los camarones rojos (*Farfantepenaeus brasiliensis*) y de roca (*Syciona brevirostris*) también es importante el caracol *Strombus gigas*, (actualmente nombrado como *Lobatus gigas*). En menor medida se extrae el coral negro (*Antipathes spp.*), pulpos (*Octopus maya* y *O. vulgaris*), cangrejo moro (*Menippe mercenaria*) y la almeja blanca (*Codakia orbicularis*) (Sosa-Cordero *et al.*, 1993).

En el caso de la pesquería de langosta espinosa (*P. argus*) el 99% de la producción se obtiene en la península de Yucatán, que comprende la costa norte de la península de Yucatán (Banco de Campeche y Plataforma de Yucatán) y el Caribe mexicano (costa de Quintana Roo) (Ríos-Lara *et al.*, 2013) (Fig. 1).

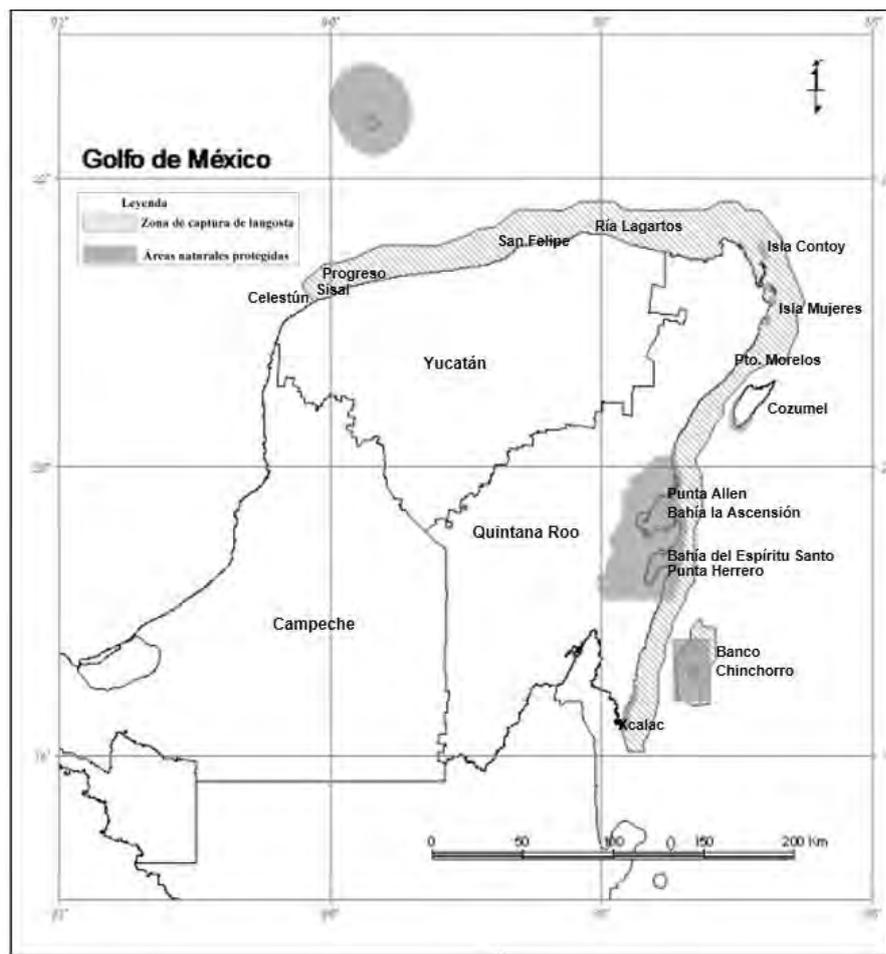


Fig.1 Áreas de pesca de langosta en la Península de Yucatán (Tomado de FAO y SAGARPA, 2012).

La región del Caribe es considerada como la mayor productora de langosta *P. argus*, en todo el mundo, con un 17% de la producción mundial (FAO, 2018). En los últimos años durante el periodo del 2007 al 2017, se capturaron 286,765 toneladas de langosta espinosa (peso vivo), siendo los principales países con mayor producción del Caribe las Bahamas (76 mil toneladas), seguidas por Cuba, Honduras y Nicaragua con capturas que variaron entre los 45-46 mil toneladas. Por su parte, México ocupó el octavo lugar de producción durante todo el periodo, con una captura promedio de alrededor de 10,000 t (FAO, 2018)

En la península de Yucatán la captura promedio en el periodo de 1988-1998 tuvo un reporte de 11,091 toneladas de peso vivo, el cual generó 8.3 millones de dólares anuales. Este recurso a nivel nacional ocupa el cuarto lugar entre los crustáceos que generaron divisas del extranjero, después del camarón, langostino y jaiba (Mena-Celis, 2009).

Con el nombre de la langosta se conoce a los miembros de cuatro familias de Decápodos: Homaridae, Nephrosidae, Palinuridae y Scyllaridae. Estas familias, exceptuando a la familia Homaridae (cuyo único género *Homarus*, es conocido como langosta americana en los Estados Unidos de América o bogavante en Europa), están representadas en aguas mexicanas, encontrándose con la familia Nephrosidae a grandes profundidades del Golfo de México y las otras dos restantes a profundidades relativamente someras tanto del Golfo como del Pacífico. Sin embargo, el término langosta se aplica por lo general a las especies pertenecientes a la familia Palinuridae, mejor conocidas como langostas espinosas o de roca, que son la única especie de este tipo sujetas a una captura comercial en todo México (Gracia y Kensler, 1980).

En México encontramos principalmente cinco especies de langostas espinosas que pertenecen al género *Panulirus* Gray (1847), las cuales se localizan en aguas tropicales y subtropicales en costas mexicanas. De estas especies cuatro se localizan en el Pacífico (*Panulirus interruptus*, *P. gracilis*, *P. inflatus* y *P. penicillatus*) y la restante (*P. argus*) se encuentra en aguas del Golfo de México y el Caribe (Gracia y Kensler, 1980).

La especie *Panulirus argus* posee uno de los rangos de distribución más amplios entre todas las especies conocidas de palinúridos. Su distribución abarca el Atlántico oeste

desde las costas de Carolina del Norte hasta Brasil, incluyendo las Bahamas, Bermuda, Yucatán y el Caribe. Esta especie se puede encontrar desde zonas sublitorales someras hasta llegar a 100 metros de profundidad a temperaturas que varían entre los 26° y 28° C (Mena-Celis, 2009). Prácticamente el crecimiento óptimo de la langosta entre los 26 y 28° C. Así mismo con respecto a la salinidad este organismo no tolera salinidades inferiores a 19 partes por mil (ppm) (Marx y Herrnkind, 1986)

La langosta del Caribe (*P. argus*) se caracteriza por ser una especie relativamente longeva pudiendo vivir más de 20 años (Velázquez- Abunader, 2005). Aunque se ha estimado que sus edades de mortalidad natural oscilan entre 1 a 35 años y se compara a la que se estima en la región del Caribe (González-Cano *et al.*, 2001).

Al igual que el resto de las langostas esta especie presenta un ciclo de vida muy complejo, que incluye cinco estadios distintos: huevo, larva plactonica (filosoma), postlarva o puerulo, juvenil y adulto (Canto-García *et al.*, 2016). Después de la fase larval se convierte en postlarva, (puerulo); durante este último estadio los puerulos (5-7 mm de longitud del cefalotórax LC) no se alimentan y nadan a la zona costera para asentarse; este asentamiento se da comúnmente en aguas someras con probabilidad de encontrar un hábitat adecuado, iniciando así la etapa bentónica donde permanecerán aproximadamente 2 años para después dirigirse a aguas más profundas (Fig.2) (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

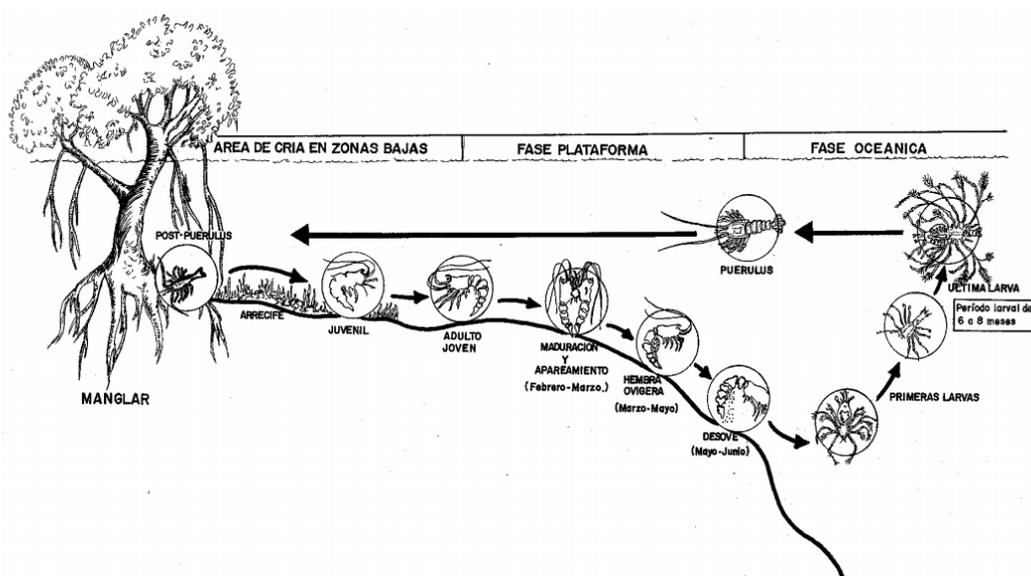


Fig 2. Ciclo de vida de la langosta *Panulirus argus* (tomado de Cruz, 2002).

Esta se caracteriza por tener un cuerpo bandeado color café grisáceo con grandes manchas amarillas en el segundo y sexto segmentos en la cola. Posee 5 pares de patas y 2 de antenas. Carece de pinzas frontales, pero como defensa ante sus depredadores, posee una cubierta de espinas. Tiende a presentar dimorfismo sexual externo, una de las características que presenta son los orificios genitales que se localizan en el quinto par de patas, el de las hembras se encuentra en el tercer par de patas; el segundo par de patas es más largo y robusto en el macho y le sirve para sujetar a la hembra durante el apareamiento, mientras que en las hembras el quinto par presenta una pequeña quela o pinza. Además, las hembras adultas presentan pleópodos birrámeos en estas se desarrolla una hilera de cerdas alargadas que les sirven para la fijación y mantención de los huevos al abdomen. Los machos y las hembras se aparean en el arrecife, esto ocurre durante el periodo de marzo a junio y se divide en 3 etapas (Anónimo, 2008):

- Apareamiento: El macho le adhiere a la hembra un “parche” o “espermatóforo” en la región inferior del cefalotórax
- Fecundación: Una vez que los ovarios de las hembras estén maduros y poder liberar los óvulos; las hembras tienen que invertirse y doblar su abdomen. En esta operación rasparán con la pequeña quela el parche para liberar los huevos y ocurra la fecundación. Para después adherirse a la sección del abdomen.
- Desove: Durante esta etapa la colocación y el tamaño varía (De anaranjado a un color café oscuro) hasta el momento de la eclosión donde iniciara la primera fase larval.

La dieta de las langostas varía según la etapa de vida, aunque tanto juveniles como adultos son carnívoros y se alimentan de especies sedentarias o de otros organismos que presentan movimientos lentos, Colinas- Sánchez y Briones Fourzán (1990) reportan que dentro de su alimentación se encuentran los grupos de moluscos, algas coralinas, equinodermos y crustáceos; Sosa-Cordero *et al.* (1993) mencionan que como alimento de las langostas se encuentra moluscos como *Strombus gigas*, almejas, crustáceos (cangrejos), equinodermos (estrellas de mar y erizos) y poliquetos. Sus hábitos alimenticios son nocturnos; comúnmente recurren a las áreas dentro de la plataforma constituidas por zonas de ceibadales arenosos a 10 m de profundidad (Ríos- Lara *et al.*, 2013).

Dentro de los depredadores que tiene la langosta espinosa podemos encontrar a tiburones gata (*Ginglymostoma cirratum*); meros (*Epinephelus morio* y *Epinephelus striatus*), morenas (*Gymnotorax sp*) y pulpos (*Octopus maya*) (Sosa-Cordero *et al.*, 1993). Otras especies son los cangrejos portúnidos, el abadejo (*Mycteroperca bonanci*), el escochín o cohinita (*Balistes vetula* y *Balistes capriscus*) y varias especies de pargo de la familia Lutjanidae (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

La langosta es uno de los recursos naturales más importantes dentro del Arrecife Mesoamericano, que comprende las costas del Caribe de cuatro países, Honduras Guatemala, Belice y México. De todos los recursos pesqueros de la región, este es uno de los principales llegando a alcanzar grandes valores comerciales dentro del mercado, asociando su abundancia y amplia distribución, que lo han convertido en el recurso que genera mayores ingresos a las comunidades costeras (Anónimo, 2006).

Asimismo, su población se ve afectada por la pesca ilegal, fenómenos como los huracanes, el desgaste de los arrecifes, el agotamiento de diversas especies, la eliminación de los pastos y manglares, ha disminuido la producción en años anteriores. Principalmente en el año de 1989 cuando la producción tuvo un descenso de un 30% bajando a 500 toneladas aproximadamente anuales esta cuestión se le relacionó con la llegada del huracán Gilberto. Sin embargo esta producción se ha mantenido en los siguientes años teniendo algunos incrementos (Ríos-Lara *et al.*, 2013).

En Quintana Roo existen 19 cooperativas que tienen los permisos para la captura de la langosta, registrando a 628 pescadores y 1,884 aspirantes a socios, aunque estos han ido disminuyendo en los últimos años, debido a la restricción del ingreso de nuevos miembros (Plan de Manejo Pesquero para la langosta espinosa *Panulirus argus*, 2014). Los registros de pesca en el Estado de Quintana Roo reportan la existencia de 800 embarcaciones menores para la captura de langosta y otros organismos, por lo que el número más próximo de pescadores dedicados a la pesca de langosta en el Caribe es de 2400 repartidos en Holbox, Isla Mujeres, Cancún, Puerto Morelos, Cozumel, Tulum, Punta Allen, Mahaual, Xcalak y Banco Chinchorro (Anónimo, 2006).

Estas cooperativas toman en cuenta la normatividad vigente que aplica para la explotación pesquera del recurso langosta, que incluye: a) la talla mínima legal de la langosta que es de 135 mm de longitud de abdominal, 74.6 mm de longitud del caparazón (Cefalotórax) y 223 mm de longitud total; b) el periodo de veda comienza desde el 1 de marzo hasta el 30 de junio en las aguas litorales de los estados de Yucatán y Quintana Roo; y c) prohibición de capturar hembras ovígeras (Carta Nacional Pesquera, 2017, NOM-006-PESC-1993).

Una de las Cooperativas pesqueras más importantes de la región del Caribe mexicano es la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “Cozumel” fundada en 1960 por 100 socios. Con el objetivo de ser una Cooperativa competitiva dedicada a la extracción, captura y venta de productos del mar de manera artesanal y sostenible, para beneficio de los pescadores y sus familias.

Las actividades de la Cooperativa están sustentadas en su patrimonio humano, el cual está conformado por 49 socios, 47 hombres y 2 mujeres. Su principal fuente de ingreso es el recurso la langosta (*P. argus*), el cual es manejado acorde a las leyes de pesca.

A partir de datos de captura proporcionados por la Sociedad de Producción Pesquera Cozumel S. C de R.L. en el presente trabajo se analizó la biomasa de *P. argus* durante las últimas tres temporadas 2015-2018. La biomasa se define como cualquier tipo de materia orgánica presente en un área o sitio (Burgos-Olavarria, 2011). En el presente trabajo, la abundancia del recurso se expresa en unidades de biomasa que corresponde al conjunto de individuos que conforman la población de langosta *P. argus* en la rada de Isla Cozumel

---

## ANTECEDENTES

Sobre esta especie se han descrito numerosos trabajos relacionados a diversos aspectos como su biología, taxonomía, y pesquería.

Marx y Herrnkind, (1986), evaluaron en la parte del Golfo de México los efectos adversos que tiene la reducción de la temperatura y la salinidad con respecto al reclutamiento y observaron que las langostas se ven afectadas al momento de que la salinidad baja a niveles menores a 19 ‰ ppm.

Zetina-Moguel y Ríos-Lara, (1998) analizaron las poblaciones de langosta y la capacidad de renovación se han aplicado modelos de decaimiento, de rendimiento excedente, análisis de cohortes por longitudes, modelo de estructura por edades, y modelos de referencia con retraso.

Ríos-Lara y Salas (2008) realizaron un modelo estructurado por edades para evaluar la población de langosta *P. argus* de la Plataforma de Yucatán, teniendo por resultado un incremento de la tasa de explotación y una tendencia de la biomasa a la baja; así mismo se realizó la exploración de diferentes escenarios de manejo y las predicciones para la biomasa, dando como resultado una caída en el 2006 pero con recuperaciones en los siguientes años.

Ríos-Lara *et al.*, (2004) realizaron estimaciones de densidad y biomasa a través de métodos de observación directa por medio del buceo, en el Parque Nacional Arrecife Alacranes; utilizando los Sistemas de Información Geográfica, en el cual se muestra como las diversas variables estudiadas se relacionan con los diferentes sustratos en el área; Salas *et al.*, (1996) efectuaron evaluaciones de abundancia de postlarva de *P. argus* en dos áreas de la Costa Oriente de Yucatán donde obtuvieron diversos patrones de asentamientos de la langosta.

Para el estado de Quintana Roo se han llevado a cabo diversos trabajos con respecto a la evaluación de la población de langosta. Uno de estos es el estudio que realizaron Ríos-Lara *et al.*, (2011) donde se evaluó la pesquería de la langosta durante el periodo 2001-2010 en dos zonas de pesca: la Zona Norte (Holbox) y Noroeste (Isla Mujeres) del estado de Quintana Roo. A través de la construcción de un modelo de rendimiento excedente se obtuvo una capacidad de carga (K) de 6557 toneladas (t) de langosta

viva (2186 t cola) con un crecimiento intrínseco de 0.141 con un rendimiento máximo sostenible (RMS) de 232 t de viva (77 t cola). Concluyendo que estos resultados son las primeras aproximaciones y pueden ser usados con fines de manejo.

Padilla-Ramos y Briones-Fourzán (1997) analizaron la estructura por especie, sexo y tallas, y el estado reproductivo de las hembras de *P. argus* de langostas capturadas durante la temporada de pesca de 1992-1993 en Puerto Morelos, Quintana Roo, obteniendo como resultado que de un total de 3,549 colas de langosta muestreadas, el 93.9% correspondió a *Panulirus argus*, el 5.95% a *P. guttatus* y el 0.14% a *P. laevicauda*.

Sosa-Cordero *et al.*, 1999 analizaron la captura, esfuerzo y estructura de tallas de langosta espinosa (*P. argus*) durante la temporada de 1991-1992 en Bahía Espíritu Santo, RB Sian Ka'an; con base en siete muestreos mensuales se encuestaron más de 159 viajes-embarcaciones obteniendo 8,345 mediciones de longitud de cola (LA, mm), siendo la máxima captura por unidad de esfuerzo (kg cola por viaje, kg/v) en julio con 12.4 kg/v y la mínima en agosto con 5.11 kg/v.

En cuanto a trabajos que abordan el uso de refugios artificiales en esta pesquería están los de Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001) quienes estudiaron los efectos que se producen en la abundancia y la biomasa de juveniles de *Panulirus argus* en lagunas arrecifales con limitaciones de hábitats en Puerto Morelos. Los resultados de estos estudios apoyan la hipótesis de que los refugios artificiales incrementan la abundancia y la biomasa de langostas en ambientes que prácticamente carecen de hábitats naturales y del efecto continuo de atracción-producción de las casitas en la población de langostas.

Mena-Celis, (2009) analizó el comportamiento temporal de la biomasa de *Panulirus argus* durante las temporadas de pesca del 2002-2008 en la Bahía del Espíritu Santo, Quintana Roo, reportando que la producción de biomasa fue mayor en el mes de julio, y es explicado por el esfuerzo pesquero; mientras que en los meses subsecuentes fue decreciendo.

Velázquez-Molina, (2014) evaluó el comportamiento temporal y espacial de la biomasa de *P. argus* en la temporada langostera del 2012-2013 en la rada de la Isla de

Cozumel reportando que la zona Norte presentó la mayor biomasa de captura y la biomasa fue menor en la zona Sur. Asimismo la mayor captura de la temporada fue en el mes de octubre (1487.4 kg de colas) y la menor fue en enero (944.5 kg de colas). Este trabajo pretende contribuir a la evaluación del comportamiento de la biomasa de langosta en la rada de Isla Cozumel, al tratarse de un recurso pesquero de gran importancia económica en la región.

## JUSTIFICACIÓN

La pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) es una de las actividades económicas de mayor importancia para el estado de Quintana Roo, ya que la pesca de este recurso deja grandes ingresos para quienes se dedican a su captura y venta comercial.

La sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S.C de R. L. desde hace más de medio siglo se ha dedicado a la captura y venta comercial de *P. argus*, volviendo a este recurso su producto estrella. Por lo mismo ha implementado diversas técnicas y artes de pesca (como el lazo y el jamo) para su buen manejo y aprovechamiento sustentable del recurso.

No obstante que la cooperativa “Cozumel” a manera de bitácora se empeña en llevar un registro diario de las capturas por embarcación de langosta espinosa y de la escama de la Rada de Cozumel la cual incluye el número de folio, la fecha de la pesca, el nombre de la embarcación, el socio y la captura en kg, muchas veces esta información no es procesada y se queda rezagada; lo cual impide conocer el comportamiento de las oscilaciones espacio-temporales de la abundancia y biomasa del recurso. Esta valiosa información con datos diarios de captura-esfuerzo es de suma importancia ya que contiene variables de relevancia y gran utilidad como indicadores en el monitoreo, evaluación y el manejo del recurso.

Por otro lado, tomando en cuenta que los estudios de evaluación pesquera en la rada de Cozumel son escasos, ya que solo existe un único trabajo previo con respecto a la abundancia y biomasa del recurso en la zona, es indispensable la realización de una actualización de esta información a través del monitoreo de la pesquería, el cual se realizó con los datos proporcionados por la misma cooperativa durante las tres últimas temporadas langosteras 2015-2018. Al final se pretende que la información obtenida de este estudio contribuya y genere nuevo conocimiento ecológico y pesquero, que permita a los tomadores de decisiones, seguir llevando un buen manejo y aprovechamiento sustentable de este recurso.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la finalidad de conocer las variaciones anuales y mensuales que ha tenido la producción de la pesquería del recurso langosta en la actualidad, ya que este tipo de estudios permiten mejorar los métodos y técnicas aplicables al manejo y aprovechamiento sustentable del recurso. Por lo mismo se pretende conocer las respuestas a la pregunta siguiente:

¿Cuál es el comportamiento temporal y espacial de la biomasa de langosta *P. argus* durante las temporadas langosteras 2015-2018, en la RADA de Cozumel?

---

## OBJETIVOS

### General:

Evaluar la biomasa de la langosta *P. argus* de tres temporadas pesqueras (2015-2018) en la rada de la Isla de Cozumel con los datos proporcionados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L.

### Específicos:

Analizar y describir las variaciones en el comportamiento de la biomasa en función del tiempo (temporada 2015-2018) y el espacio (considerando diferentes áreas de la rada de Cozumel).

Determinar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de *P. argus* a partir de viajes realizados por embarcación durante las tres temporadas de pesca 2015-2018.

Analizar las diferencias y semejanzas de la captura de langosta espinosa entre embarcaciones, utilizando un análisis multivariado.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Isla de Cozumel se localiza en el estado de Quintana Roo a 17.5 km de la costa enfrente a la ciudad de Playa del Carmen, al noreste de la Península de Yucatán. Sus coordenadas extremas son: 87° 02' W 20° 16' N; 86° 43' W 20° 36' N, siendo así territorio más oriental de México (Fig. 3). La isla tiene una longitud máxima de 45 km y una anchura de 15 km, colinda con el municipio de Solidaridad al este, aunque quede separada del mismo por el llamado canal de Cozumel y por el oeste se extiende por el mar Caribe. Las porciones continentales del municipio limitan al norte, sur y oeste con el municipio de Solidaridad y con el mar Caribe al este (Anónimo, 2007).

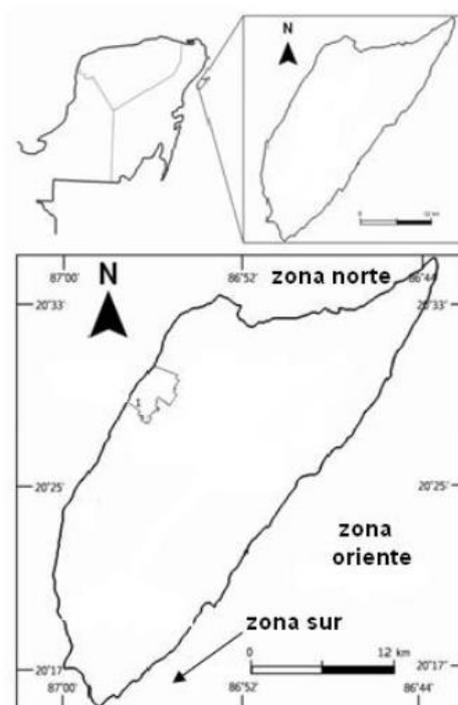


Fig. 3 Ubicación de la isla de Cozumel (Tomado de González- Río de la Loza, 2014).

### Clima:

El clima de Cozumel es del tipo Am W (I), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano según el sistema modificado de Köppen. Posee una temperatura media de 25.5°C con bajas oscilaciones diarias. Las máximas temperaturas se dan en agosto (valor extremo registrado de 39°C) y las mínimas en enero. En los meses de invierno pueden llegar a ser un poco más bajas (20°C), habiéndose registrado un mínimo extremo de 6°C.

La precipitación media anual es de 1570 mm con un máximo en septiembre-octubre (250 mm mensuales) y un mínimo en marzo-abril (con 40 mm mensuales). Las humedades relativas más altas se dan en la época de lluvias que es de julio-octubre y particularmente en el mes de septiembre; así mismo los valores más bajos registrados se dan durante la época de secas, en los meses de marzo, abril y mayo (CONANP, 2007)

### **Geología y Edafología:**

La península de Yucatán se constituye por sedimentos calcáreos de origen marino del periodo terciario y reciente. Las calizas con mejores características acuíferas y que ocupan una gran área son las del Eoceno y las de Mio-Plioceno. En estas últimas edades geológicas se encuentra la denominada formación Carrillo Puerto, la cual se encuentra en la porción oriental de la Península de Yucatán y engloba en su totalidad la Isla de Cozumel. Su formación data durante el Oligoceno hace unos 40 millones de años por la acumulación de calizas y dolomías en un ambiente de baja energía. Son de unos colores verde oscuro, compactos y muestran una estratificación delgada. La presencia en dichas rocas de agua salada, así como la ausencia de conductos de disolución, confirman que nunca han sido expuestas en la superficie marina (CONANP, 2007).

Los sustratos geológicos de la isla se forman básicamente por roca caliza que poseen una amplia porosidad y permeabilidad al subsuelo. Por lo tanto, la presencia de aguas superficiales se limita solo a pequeñas lagunas que dependiendo de la temporada quedan prácticamente secas, ya que el agua de lluvia se filtra rápidamente al acuífero. Esto provoca que el grado de escurrimiento superficial sea casi nulo en la isla y no existe la presencia de formaciones de cuencas y estructuras hidrográficas superficiales (García *et al.*, 1999). Así mismo debido a estas características casi la totalidad del subsuelo forma parte del acuífero y se mantiene contenido principalmente en las formaciones de Chankanaab y Abrigo como un único cuerpo de agua que recorre fácilmente debido a la porosidad de los estratos (Rangel *et al.*, 1993).

En la isla podemos encontrar cuatro grupos principales de suelos con extensiones muy desiguales. El principal es la Rendzina que ocupa el 86.51% de la superficie insular repartiéndose por su central. El segundo en cobertura es el Solonchak, que abarca el

10.86% de la superficie del territorio y se distribuye en zonas pantanosas de los extremos sur, norte y una porción de la costa nororiental. El tercero es el suelo denominado Gleysol, el cual ocupa un 1.05% de la superficie y se encuentra inmediatamente al norte de la carretera transversal. Por último el Regosol ocupa un 0.5% de la superficie insular y se sitúa en una estrecha franja de costa al norte de San Miguel de Cozumel (CONANP, 2007).

**Corrientes costeras:**

La influencia de las mareas es mínima, siendo la diferencia media entre mínimo y máximo de 0.24 m (CONANP, 2007)

El patrón de corrientes regionales es determinado por la Corriente del Caribe, que es generada a su vez por la corriente Nor-Ecuatorial y la de Guyana cuando estas ingresan al mar Caribe a través de las Antillas menores. En cuanto a las corrientes locales, predominan en la dirección Sur-Norte en el canal de Cozumel y con una velocidad de 1.5 nudos, aunque se han detectado contracorrientes temporales en sentido opuesto de 2 nudos (CONANP, 2007). De igual manera es de suma importancia la contracorriente local situada en la zona frente a Punta Norte, ya que se ha apuntado como uno de los factores determinante para que las larvas de algunas especies como el caracol rosado (*Lobatus gigas*), sean retenidas (CONANP, 2007).

Así mismo el ingreso de estas corrientes ocasiona el transporte de una gran cantidad de materiales y minerales que aportan energía a los sistemas arrecifales ubicados en la zona este de la isla. Los nutrientes que acarrear las corrientes tienden a enriquecer la cadena trófica de los sistemas marino, ya que permite tener a disposición grandes cantidades de alimento para los corales, lo que permite que estos organismos tengan una recuperación rápida ante eventos climáticos como los huracanes (Lozano-Álvarez *et al.*, 2003).

**Características bióticas:**

La vegetación de Cozumel se encuentra entre las más desarrolladas de las islas de la península de Yucatán. En general existe un gradiente de vegetación bien definido que inicia a partir de la franja costera este, con la vegetación de dunas costeras seguida por el tasistal, el manglar, la selva baja caducifolia y que culmina con la selva mediana

subcaducifolia en la porción central de la isla la cual se extiende hasta la costa oeste, donde también hay presencia de manchones de manglar. Hay variaciones sobre este patrón general, con la existencia de diferentes gradientes en la parte norte, sur, occidental y diversas secciones de la costa oriental que tienen diferentes implicaciones para la biota de la isla (CONANP, 2007).

Las praderas de pastos marinos o ceibadales, se extienden alrededor de la costa de la Isla, siendo dominadas por la especie *Thalassia testudinum* de manera abundante en la costa oeste desde Punta Celarain hasta la Península de la Pasión y se encuentra de 3 a 8 m de profundidad, creciendo en un sustrato arenoso y areno-limoso. Su importancia radica en primer lugar en que son hábitat para diversas especies de peces, crustáceos y moluscos que utilizan esas zonas de pastos para desove, protección y en segundo lugar es importante para la estabilización de la arena al atrapar y retener las partículas que son suspendidas por el oleaje con el fin de proteger el área de estas praderas de la erosión (Velázquez-Molina, 2014).

Las algas bentónicas son importantes del ecosistema marino y de los arrecifes, ya que son los productores primarios, constructoras de los arrecifes y formadoras de sustrato este último condiciona el medio y permite a muchos organismos desarrollarse. En la isla existen cuatro tipos de grupos principales de algas, estos son: *Cyanophyta* o algas verdes-azules, *Rodhopyta* o algas rojas; *Phaeophyceae* o algas pardas y *Chlorophyta* conocidas como algas verdes (Velázquez-Molina, 2014).

Otro de los más importantes ecosistemas de la isla son los arrecifes de coral, ya que poseen una gran riqueza biológica. Los arrecifes de la isla son muy similares en la composición de sus especies y características generales de desarrollo pero se distinguen unos de otros por su fisiografía y la abundancia relativa específica (CONANP, 2007). En la isla existen 26 géneros de corales y se pueden encontrar especies de gran importancia como las especies *Acropora palmata* y *A. cervicornis*. Estos corales tienen diversas formas como arbustos, plumas, abanicos y candelabros. Así como también se pueden observar especies de gusano tubícolas, anélidos, poliquetos anémonas, esponjas, equinodermos y crustáceos, además de más de 500 especies de peces (Velázquez-Molina, 2014).

Dentro de la fauna que podemos encontrar en la isla, además de las ya mencionadas, son siete especies de invertebrados acuáticos que habitan en cenotes y cuevas de las

cuales cuatro son endémicas de la isla: *Agostocaris bozanici*, *Bahadzia setodactylus*, *Janicea antiguensis* y *Yagerocaris Cozumel*. Sin embargo con base en varios estudios es posible encontrar nuevas especies endémicas, que habitan en los cenotes ya que estos se comportan como islas ecológicas dentro de una isla geográfica (CONANP, 2007).

En la isla podemos encontrar diversas especies de reptiles y anfibios de las cuales se reconocen 31 especies, 13 están en categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2001 y una de ellas es una lagartija endémica de Cozumel *Aspidoscelis cozumela*. En cuestión de la avifauna Cozumel alberga la mayor variedad de especies invernantes así como de especies en tránsito; algunos autores describen hasta 206 aves en la isla tanto migratorias como residentes dentro de las cuales se encuentran: *Chlorostilbon forficatus*, *Dendroica petechia rufivertex* y *Crax rubra griscomi* (CONANP, 2007).

En Cozumel existen trece mamíferos de los cuales siete son endémicos lo que hace a la isla con más taxa endémicos en México. De estos destacan el Coatí de Cozumel (*Nasua nelsoni*) y el Mapache enano de Cozumel (*Procyon pigmaeus*) (CONANP, 2007).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó con los datos proporcionados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel S. C. de R. L. con domicilio y oficina se encuentra ubicada en la isla de Cozumel. Esta cooperativa cuenta con la concesión y los permisos para desarrollar la producción pesquera de recursos como la langosta espinosa, además de la escama.

El área de captura de la SCPP “Cozumel” S.C. de R.L se divide en dos subáreas; la primera es subárea de captura de Bahía del Espíritu Santo, ubicada en el Área Natural Protegida, Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, en el municipio de Felipe Carrillo Puerto; y la segunda se encuentra en la Isla de Cozumel la cual comprende desde el muelle fiscal hacia Punta Molas (zona norte), la costa oriental de la isla (zona oriente) y la franja costera de la parte continental del municipio de Cozumel denominada “rada” (Fig. 4) donde se realiza la captura de escama y crustáceos como la langosta (Velázquez-Molina, 2014).

La rada es aquella área ubicada fuera del puerto, cercano al borde arrecifal en la que las embarcaciones pueden anclar (Bunge, 2004).

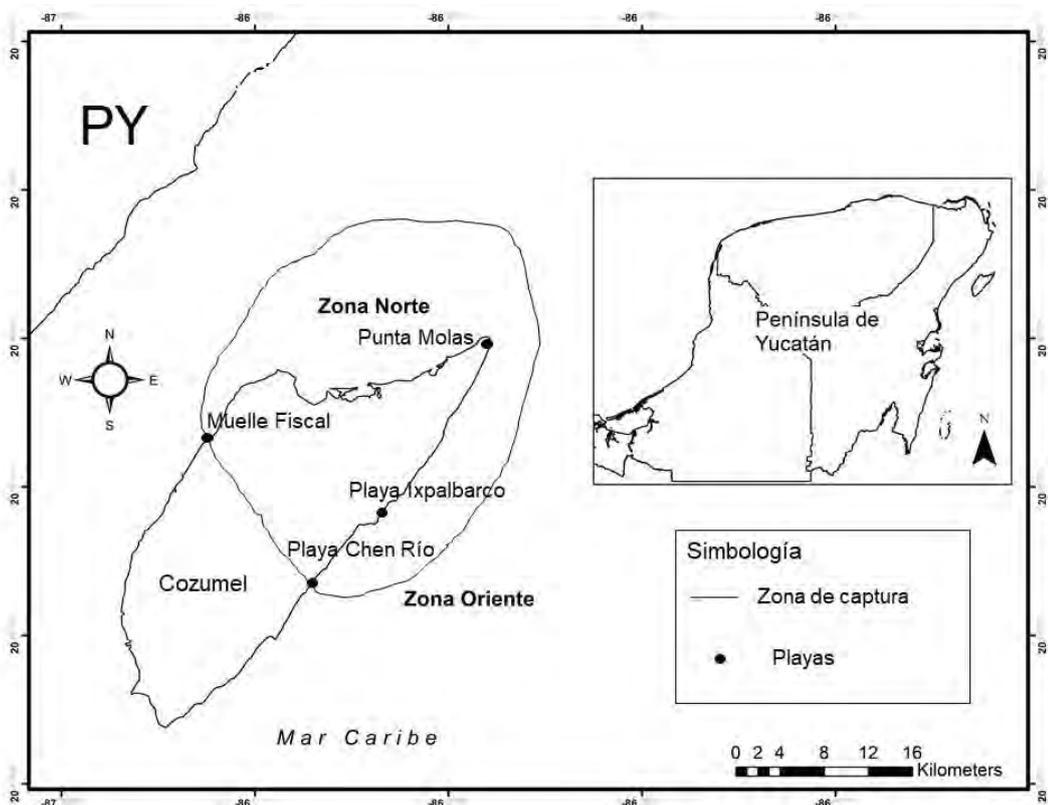


Fig. 4. Área de captura de *P. argus* en Isla Cozumel

Las artes de pesca empleadas para la captura de langosta son el lazo y el jamo (Fig. 5). El lazo es una varilla alargada de aproximadamente 70-80 cm de longitud, que en uno de sus extremos se adapta una circunferencia y nudo corredizo en la parte superior; con este arte la langosta es enlazada por la región abdominal. El jamo consiste de una varilla alargada en cuyo extremo tiene una estructura que cuenta con una red que permite capturar varias langostas a la vez (Mena-Celis, 2009).

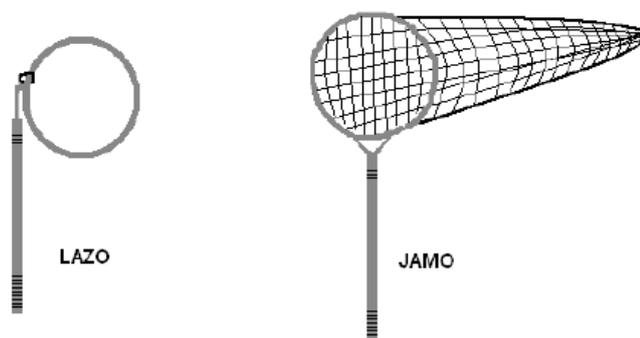


Fig. 5. Artes de pesca de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera S. C. de R. L. (Tomado de Mena-Celis, 2009)

La unidad de pesca consta de una embarcación menor, con 25 a 27 pies de eslora, casco de fibra de vidrio y motor fuera de borda de 40 a 60 CF. Una embarcación es operada por un grupo de trabajo formado por tres a cuatro tripulantes, de los cuales dos se dedican a la pesca de langosta por buceo SCUBA. Los viajes de pesca son de corta duración, por lo general la hora de salida es entre 8:00 y 9:00 am y regresan el mismo día por la tarde, entre las 4:00 y 5:00 pm.

El análisis del comportamiento espacial y temporal de la biomasa de *P. argus* se realizó con base a los datos proporcionados por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel de las temporadas de langosta 2015-2018.

#### **Tratamiento de los datos:**

La información obtenida, se estructuró por número de folio, fecha, nombre del socio pescador, embarcación (nombre de la lancha perteneciente al socio) y el peso en

kilogramos de la captura legal ( $\geq 13.5$  cm de longitud de cola) de langosta *P. argus*. A partir de esta información diaria de la captura-esfuerzo por embarcación se pudo observar el comportamiento temporal y espacial de la langosta espinosa en la rada de Cozumel.

#### **Análisis de datos:**

Con la base de datos obtenidos se realizó la suma de las capturas por cada una de las embarcaciones durante cada uno de los meses. Esto se efectuó con la finalidad de realizar el análisis de agrupamiento y poder observar las diferencias y semejanzas de captura entre las diferentes embarcaciones. Con esta información se aplicó un análisis de similitud para datos cuantitativos (variables continuas), con el programa MVSP 3.21, en el cual se empleó el índice de distancia Euclidiana, con el análisis de tipo R y el ligamiento de tipo promedio (U.P.G.M.A.), que permitió observar los diversos grupos que representan las áreas y a su vez las semejanzas y diferencias entre sí, según la magnitud de la captura de biomasa obtenida (mayor o menor) (Velázquez-Molina, 2014).

Cabe resaltar que para el análisis de los Clusters, los datos deben de ser comparables por lo mismo, se contemplaron los siguientes criterios:

1. No se tomaran en cuenta las embarcaciones que no obtuvieron captura alguna (no salieron de pesca) o tuvieron durante toda la temporada varios valores en 0.
2. Se considerará a la embarcación en dado caso que se presente en más de una temporada, siempre y cuando cumpla con el primer criterio.

Finalmente la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se obtuvo mediante el cálculo en primer lugar de la CPUE diaria de cada viaje –embarcación individual y para después obtener el promedio del conjunto de datos individuales de CPUE diarios de cada mes. Para mes con tamaño de muestra ( $n$ ) se obtiene el CPUE promedio y su desviación estándar (Pilling *et al.*, 2007).

## RESULTADOS

A continuación se presentan la producción de biomasa de langosta *P. argus* obtenida durante el periodo 2015-2018, registrada con base a los datos proporcionados de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel.

### Biomasa (peso húmedo), temporadas 2015-2018

Los pescadores de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel utilizaron durante estas tres temporadas langosteras de entre 10 a 14 embarcaciones un total, de las cuales solo 10 participaron de manera consecutiva durante todo el período. Las capturas totales por temporada de pesca obtenidas por cada embarcación oscilaron desde los 93.6 kg hasta los 4940 kg de langosta entera por temporada; sin embargo hubieron 4 embarcaciones que estuvieron pescando de manera incidental, registrando capturas totales por año de entre 119.7 kg hasta 3289.2 kg (Tabla 1).

Embarcación	Temporada		
	2015-2016	2016-2017	2017-2018
2 Hermanas	2958.50	4933.60	3624.05
Emanuel	2402.20	1992.30	2639.75
Carolina	2328.50	1936.10	3065.25
Martha	683.70	921.07	1970.90
Rosita 1	698.10	1089.60	768.90
Osiel 1	1315.90	803.10	1105.40
Mariam	1455.50	2178.95	744.90
Carmita	134.40	38.70	861.50
Vania Fabiola	93.60	573.90	1618.95
Ariel	1327.80	1275.30	2077.80
<b>Captura total</b>	<b>13398.20</b>	<b>15742.62</b>	<b>18477.40</b>
<b>Aporte embarcaciones incidentales</b>	<b>3289.20</b>	<b>119.70</b>	<b>2256.60</b>
<b>Captura total temporada</b>	<b>16687.40</b>	<b>15862.32</b>	<b>20734.00</b>

Tabla 1. Biomasa en kilogramos de peso entero de *P. argus* obtenida por las 10 embarcaciones en Isla Cozumel.

De las tres temporadas analizadas, la que tuvo mayor captura fue la 2017-2018 con un total de 20.73 toneladas (t) aproximadamente Tabla 1 y Fig. 6, siendo el mes de noviembre el que registró el valor más alto de toda la temporada con 3.526 t, seguido

por diciembre, julio y agosto. Sin embargo el mes de enero fue el que registro la menor captura con 1.18 t.

Asimismo la temporada 2016-2017 fue la que registro la menor captura de todo el período con un total de 15.8 t, siendo el mes de julio el mes con mayor captura con un poco más de 3.4 t, presentando disminuciones en los siguientes meses, con un ligero repunte en el mes de febrero. Este mismo comportamiento se pudo observar en la temporada 2015-2016 la cual presentó una captura total de 16.6 t (Fig. 6)

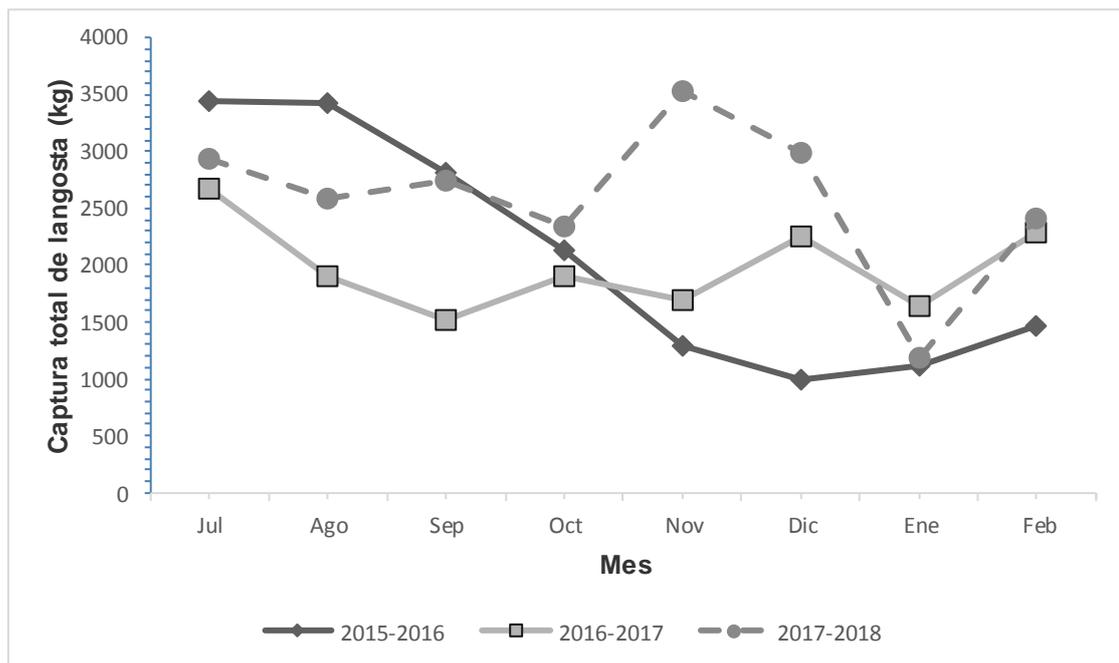


Fig. 6 Biomasa en kilogramos de peso entero de langosta *Panulirus argus* durante las temporadas langosteras 2015-2018, en Cozumel.

Considerando las mismas tres temporadas y abordando las dos formas de captura (cola y viva), se observó lo siguiente: el máximo de capturas de la langosta cola fueron durante la primera temporada (2015-2016) con un total de 3.8 t y su mínimo fue se registro en la temporada 2016-2017 con 2.2 t. Para el caso de las capturas de la langosta viva, la mínima se registró en 2015-2016 con 5.2 t y la máxima en 2017-2018 con 9.9 t. (Fig. 7).

De igual forma se registro que durante todo el período las mayores capturas para ambas formas de captura se dieron durante los primeros meses (epoca de lluvias),

tendiendo a disminuir ligeramente en los meses subsecuentes con una leve recuperacion al final de cada temporada. A excepción del 2017-2018 en donde la captura de langosta viva tuvo su valor más alto en el mes de noviembre (época de nortes) con 1.5 t (Fig. 7).

Cabe mencionar que la disminución de la produccion de langosta cola se debe a que en su mayoría las embarcaciones fueron incrementando la captura de langosta viva. Asimismo se obtuvo que durante la temporada 2015-2016, en los meses de noviembre y diciembre no hubo captura alguna de langosta viva, esto debido probablemente a diversos factores climaticos o de otro tipo, que imposibilitaron el manejo del producto vivo.

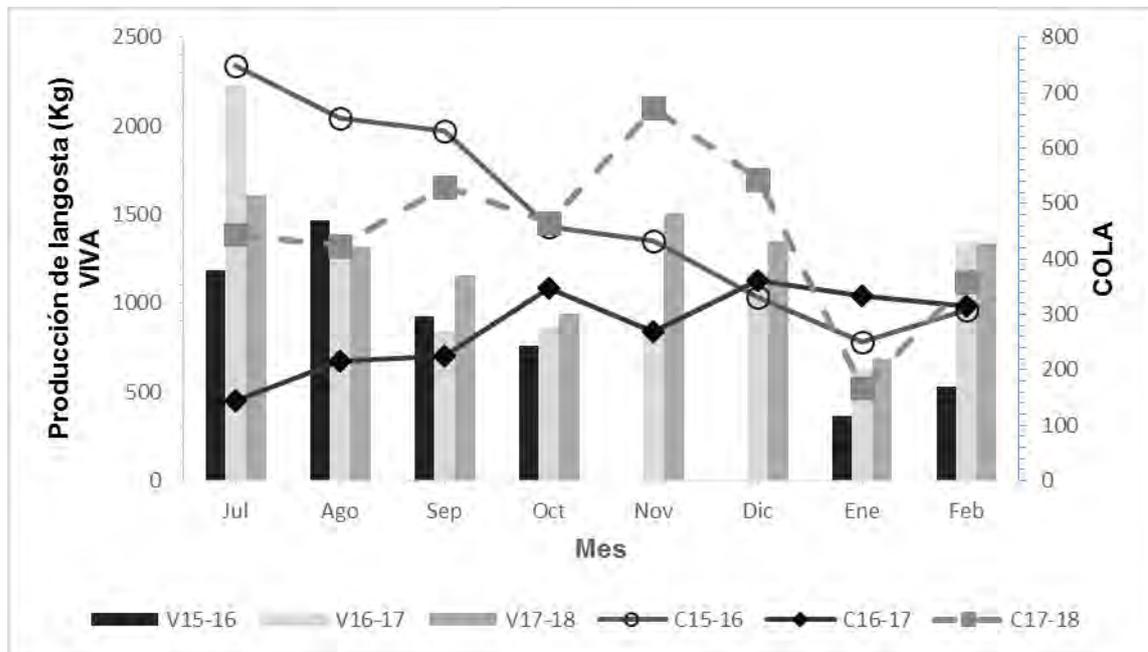


Fig.7 Biomasa por formas de captura de *P. argus* (2015-2018), en Isla Cozumel.

### Análisis de agrupamiento de las temporadas langosteras 2015-2018

Conforme a los datos de captura total por embarcación obtenidos durante todo el periodo (Tabla 1) y tomando en cuenta los criterios descritos en la metodología, se realizó un cluster en donde se proyectó los grupos y subgrupos en los que se dividieron las diferentes embarcaciones (Fig. 8).

El análisis de agrupamiento mostró que la embarcación 2 Hermanas se aleja de las demás esto debido a que durante las 3 temporadas fue la que obtuvo las mayores capturas, con un total de 11.5 t y una captura promedio anual de 3.8 t.

Asimismo se observó la formación de dos grupos: el primero conformado por las embarcaciones Mariam, Vania Fabiola, Carmita, Osiel 1, Rosita 1, Ariel y Martha esto se debe a que obtuvieron capturas que variaban desde los 0.03 t hasta como máximo 2.1 t por año. Y el segundo grupo se encuentra formado por la Carolina y Emanuel, teniendo mayor semejanza de sus capturas con un rango promedio de 1.9 t/año hasta 3.06 t/año, siendo estas dos las embarcaciones con las mayores capturas después de la 2 Hermanas.

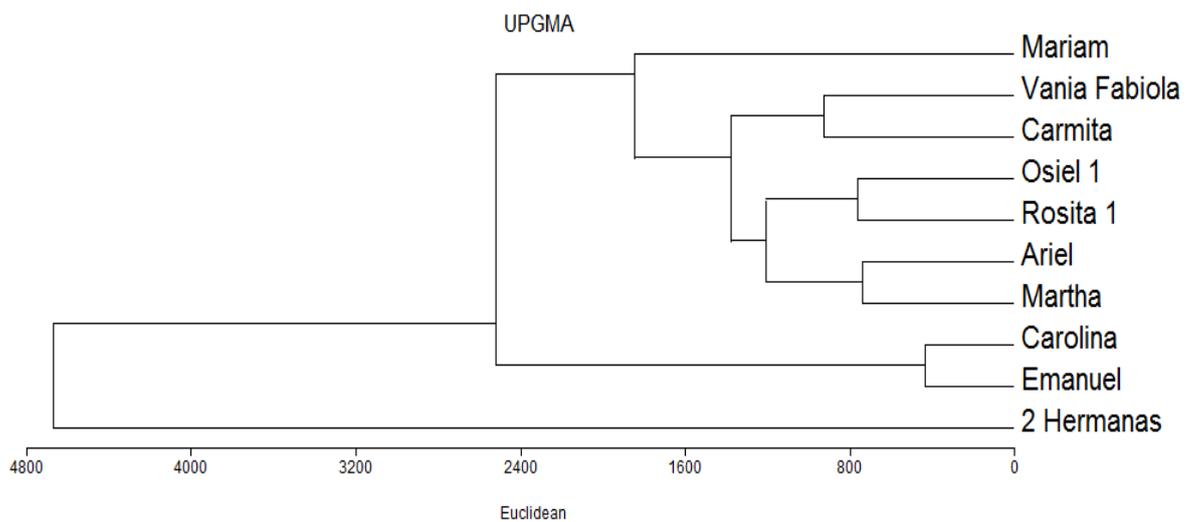


Fig. 8 Análisis de agrupamiento de la captura total de peso entero por embarcación, durante tres temporadas langosteras 2015-2018 en Isla Cozumel.

### **Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)**

En la tabla 2 se puede observar el número de viajes (n), el máximo y el mínimo de capturas por mes, la CPUE promedio y su desviación estándar mensual. De igual forma en la figura 9A-B se puede observar el número de viajes realizados, la captura por unidad de esfuerzo y la producción total en kilogramos de peso entero de *Panulirus argus* por mes durante cada una de las 3 temporadas.

Para este estudio se obtuvo que el número de viajes realizados fue mayor en los primeros meses de cada temporada tendiendo a disminuir en los meses subsecuentes, siendo así que para la primera temporada el número de viajes osciló entre 48 a 160; en la segunda entre 62 a 121 y la tercera vario entre los 55 a 152 (Tabla 2 y fig. 9B).

Asimismo la CPUE se mantuvo estable durante todo el periodo (2015-2018), con un promedio mensual de captura que vario entre los 19 a 30 kg/viaje. Dentro de todo esto el mayor esfuerzo pesquero se registró al cierre de cada temporada que iba desde diciembre a febrero (época de nortes), siendo este último mes el que tuvo la mayor CPUE con un valor promedio que oscilo entre los 27 a 30 kg y un total de capturas que iban desde 1.4 t a 2.4 t durante las 3 temporadas (Tabla 2 y fig. 9A). De igual manera y con base a la desviación estándar obtenida se observó que las mayores variaciones entre capturas se registraron durante los meses de noviembre a febrero; siendo febrero el que registro la mayor variación para las temporadas 2015-2016 y 2017-2018 y el mes de enero para la 2016-2017 (Tabla 2).

De igual manera las mínimas capturas por unidad de esfuerzo se registraron en los meses de noviembre y diciembre para la temporada 2015-2016; agosto de 2016-2017 y julio y agosto de 2017-2018 con un valor promedio de captura que iba desde los 19.4 a 20.6 kg (Tabla 2 y fig. 9A).

CPUE MENSUAL 2015-2018															
Mes	Temp. 2015-2016					Temp. 2016-2017					Temp. 2017-2018				
	n	Máx.	Min.	CPUE Prom.	Desv. Est.	n	Máx.	Min.	CPUE Prom.	Desv. Est.	n	Máx.	Min.	CPUE Prom.	Desv. Est.
Julio	160	81.3	1.5	21.48	12.94	121	52.1	3.7	22.02	10.47	152	63.0	1.2	19.34	10.62
Agosto	152	78.0	5.1	22.57	12.33	97	43.4	3.5	19.55	9.01	133	48.3	4.7	19.49	8.79
Septiembre	112	79.8	4.5	25.15	15.34	73	43.2	5.2	20.69	9.97	109	86.1	6.5	25.17	13.56
Octubre	94	81.3	3.3	22.72	12.98	90	57.0	0.9	21.24	11.60	109	47.4	6.3	21.48	9.01
Noviembre	63	87.6	2.7	20.60	14.52	72	51.0	6.1	23.51	12.02	127	85.2	7.7	27.77	13.48
Diciembre	50	85.5	5.1	19.88	15.30	92	69.4	6.0	24.51	14.31	116	63.6	6.4	25.73	12.56
Enero	48	96.3	4.5	23.27	15.66	62	99.6	3.0	26.41	17.60	55	48.6	5.2	21.61	9.98
Febrero	54	90.3	4.8	27.02	17.70	83	64.1	6.9	27.64	13.02	80	99.9	4.9	30.21	19.95
	<b>733</b>					<b>690</b>					<b>881</b>				

Tabla 2. CPUE mensual, correspondiente a las temporadas langosteras 2015-2018

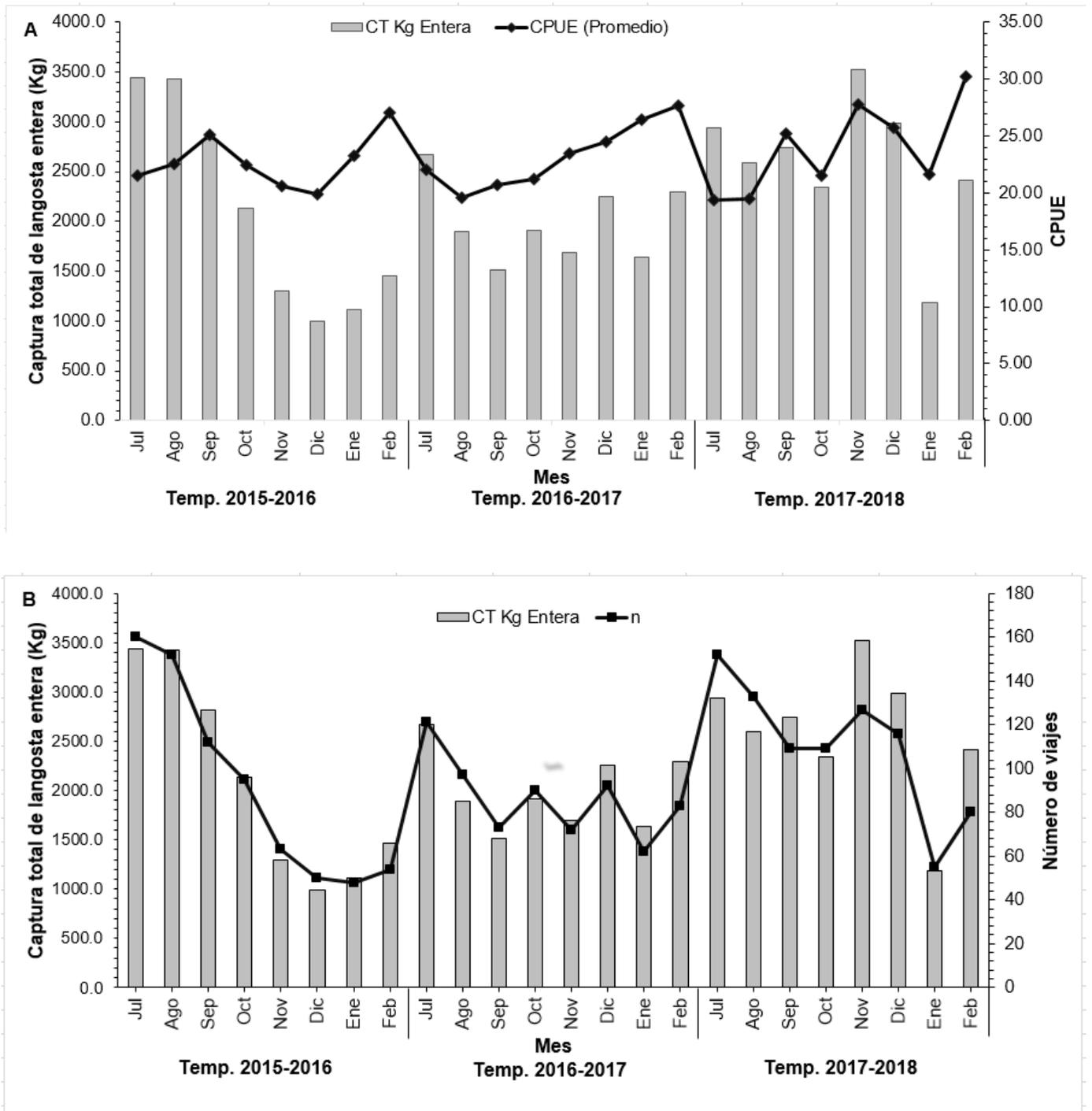


Fig. 9 A-B Captura total (peso entero) por mes en barras, captura por Unidad de Esfuerzo (A) y Número de viajes realizados por mes (B) durante las tres temporadas langosteras 2015-2018.

## DISCUSIÓN

### Captura de langosta (temporadas, 2015-2018)

La pesquería de langosta espinosa (*P. argus*) en Cozumel comienza desde el 1 de julio hasta el 28 de febrero, en donde el mayor número de sitios de trabajo o áreas de pesca se encuentra en la zona norte o mejor conocida como “rada”. Asimismo las actividades pesqueras debido a un régimen establecido por parte de las pesquerías y los ordenamientos pesqueros, permanecen inactivas en un período de veda que va del 1 de marzo al 29 de junio (4 meses), con el fin de aumentar la densidad de la especie y a la vez proteger a las hembras ovígeras aumentando el potencial reproductivo de la población y por lo tanto el reclutamiento (Ríos y Salas, 2009).

Así mismo ha habido cambios sustanciales en la pesquería de langosta en Quintana Roo, se comenzó a comercializar la langosta viva desde 1995, principalmente en el mercado asiático (Aguilar *et al.*, 2003). Este tipo de presentación del recurso comenzó en una de las principales zonas de pesca de langosta para Quintana Roo, en Bahía de la Ascensión y posteriormente en Bahía del Espíritu Santo. El manejo de la langosta viva ya lleva más de 10 años en estos sitios de pesca; a diferencia de la rada en Cozumel, donde apenas comenzó hace tres años. Sin embargo actualmente aunque ha aumentado la pesquería de langosta viva, se siguen recibiendo capturas de langosta en kilogramos de cola. En este estudio es posible observar que la producción de la cola de langosta durante las tres temporadas fue disminuyendo, con oscilaciones que iban desde 2 a 0.1 t.

Esta disminución en la producción de cola de langosta se derivó a que los pescadores de dieron cuenta que al solo aprovechar la región abdominal del organismo se obtenían bajos volúmenes de biomasa y menores ingresos por viaje de pesca. Es por lo mismo que a partir del inicio de este período de estudio se comenzó a implementar la extracción del producto vivo, lo cual se vio reflejado en las producciones registradas en el presente trabajo.

Asimismo la zona autorizada para pesca actualmente se encuentra dentro del Área de Protección de Flora y Fauna, de modalidad federal, ubicada en el área de amortiguamiento en donde prácticamente existe poco desarrollo arrecifal, con

---

Monitoreo de biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda: Palinuridae), de las temporadas langosteras 2015-2018 en la Rada de Isla Cozumel, Quintana

profundidades que varían entre los 5 a 15 metros en la parte norte y de 10 a 40 m hacia el oriente (CONANP, 2007).

Entre el 2008 al 2017 en el estado de Quintana Roo la producción de langosta fue variando de 300 a 490 t lo cual viene representando entre el 6% al 9.4% de la producción total a nivel nacional durante estos últimos nueve años (Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, 2017). Las costas del estado se dividen tradicionalmente (Miller 1982) en tres zonas pesqueras: la Norte, Centro y Sur. Cozumel para este caso viene perteneciendo a la región Centro, donde también se encuentra el municipio de Tulum, Bahía Ascensión y Bahía Espíritu Santo la cuál es la zona con mayor producción pesquera del estado (Sosa-Cordero *et al.*, 2008). Entre el 2015 al 2017 se obtuvo una producción estatal que vario entre los 343 a 490 t (Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, 2017). Considerando esto y con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo el cual abarco tres temporadas (2015-2018), se obtuvo una producción langostera que vario entre las 16.6 a 20 t, representando así un 4.2 a 4.8 % de la producción estatal.

Asimismo con base a los resultados obtenidos se observó que las mayores capturas regularmente se registran en los meses iniciales de cada temporada por lo cual para este estudio se registraron capturas mensuales que rebasaban las 1.5 t Sin embargo para el final o el cierre de cada temporada la producción de langosta tendió a disminuir levemente y teniendo un ligero repunte en los meses de enero a febrero con capturas que iban desde 1.4 a 2.4 t/mes. Existen trabajos que corroboran que el comportamiento de las mayores biomásas se da en los meses iniciales esto debido a la apertura de la temporada langostera (Sosa-Cordero *et al.*, 2002; Aguilar-Dávila *et al.*, 2004; Mena-Celis, 2009; Velázquez-Molina, 2014). Tomando en cuenta que las disminuciones en la captura de langosta son debido a la disminución en la abundancia inicial por efecto acumulado de la pesca, así como a que el número de viajes por embarcación tiende a disminuir debido a diferentes fenómenos naturales cíclicos y estacionales como los nortes y huracanes (Ríos-Lara *et al.*, 2011; Comunicación Personal, Pescadores de la Sociedad Cooperativa, 2018)

Este comportamiento cíclico de las capturas podría indicar un proceso de disminución de la biomasa por la pesca con tendencia a recuperarse en la época de veda, siendo explicada por dos cuestiones: a) el desarrollo de los juveniles, y b) el repoblamiento de

hábitats debido a los movimientos de organismos desde zonas alejadas o más profundas hacia el arrecife (Ríos-Lara *et al.*, 2000; Mena-Celis, 2009).

Por lo general la producción total y el esfuerzo pesquero registrado en el presente estudio fue semejante a la ya presentada en las temporadas 2010 y 2012 con cantidades que varían entre las 2 a 6 t de langosta cola (Velázquez-Molina, 2014), siendo así que la pesquería de este crustáceo en Cozumel se ha ido manteniendo y actualmente se encuentra en un periodo de estabilidad.

Este comportamiento tendiente a la estabilidad probablemente puede atribuirse a las buenas practicas que han tenido los pescadores de la Sociedad Cooperativa al aplicar técnicas de captura sustentables que les han permitido la liberación de organismos de tallas menores a la talla mínima legal ( $\geq 13.5$  cm de longitud cola) y de hembras ovígeras; así como a una buena organización y el cumplimiento de las leyes pesqueras y normas internas de la organización.

### **CPUE (2015-2018)**

Para este caso la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) obtenida en el área de estudio, el esfuerzo pesquero, se basó en el número de viajes, siendo así uno de los factores que interviene en el incremento o decremento de la producción durante cada temporada. Asimismo pueden intervenir otro tipo de factores como diferentes fenómenos estocásticos (nortes y huracanes), así como fuertes corrientes que favorecen la liberación y dispersión de larvas de langosta y la de otros organismos como moluscos, esponjas y otros crustáceos (Lozano-Álvarez *et al.*, 2003).

Los mayores esfuerzos pesqueros tendieron a darse mayormente al inicio y término de cada temporada y a su vez se observaron la mayores capturas las cuales presentan disminuciones para los meses subsecuentes con un ligero repunte al cierre de la temporada, esto puede deberse que los pescadores tienden a aumentar el mayor número de viajes al inicio de la temporada, cuando concluye la veda, encontrando mayor abundancia de la especie y comenzando a disminuir el número de salidas cuando la abundancia tiende a bajar (Mena-Celis, 2009).

Con base en estos resultados, se observa que la pesquería de langosta en Cozumel se encuentra en un periodo estable, y las últimas tres temporadas el esfuerzo pesquero por mes, tiende a incrementarse. Al comparar con el rendimiento por esfuerzo pesquero que se realiza en la Bahía del Espíritu Santo es un 50% mayor al de la Isla, esto debido a que las embarcaciones tienden a capturar entre 45 a 60 kg de langosta/viaje entre el 2001 al 2018 (Sosa-Cordero *et al.*, 2008; Mena-Celis, 2009; Comunicación Personal, Pescadores de la Sociedad Cooperativa, 2018). A comparación de Cozumel en donde la captura promedio por viaje varía entre los 19 a 30 kg/viaje. Asimismo hay que tomar en cuenta que cada área de pesca tiende a diferir en la densidad poblacional, esto puede deberse a que cada área obedece a múltiples factores y procesos biológicos, oceanográficos y geográficos.

De igual forma al comparar la pesquería que se tiene en la Bahía del Espíritu Santo y Cozumel, se encontró que existen factores que las diferencian, dentro de estas destaca la profundidad a la que se captura en la Bahía del Espíritu Santo la cual no sobrepasa los 15 m, permitiéndoles a los pescadores realizar el buceo libre, a diferencia de la zona de pesca de la Isla de Cozumel en donde las profundidades llegan a sobrepasar los 20 m, haciendo que los pescadores tengan que implementar el buceo con tanque. Asimismo en la Bahía los pescadores desde hace años han implementado refugios pesqueros, como las casitas cubanas, las cuales proporcionan protección contra depredadores, aumentan el hábitat de alimentación de las langostas y por ende su sobrevivencia, generando un aumento en la abundancia y la biomasa de langostas en esta zona (Lozano-Álvarez, 1995; Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001).

Para este estudio la producción de langosta total generada se dio en la zona norte o RADA esto debido a que la mayoría de las embarcaciones optaron por pescar en esta zona ya que existe mayor accesibilidad para la captura de *P. argus* y escama. (Comunicación Personal, Pescadores de la Sociedad Cooperativa, 2018). Siendo así que las embarcaciones que obtuvieron las mayores capturas realizaron un promedio de 10 a 22 viajes/mes obteniendo capturas mayores a 2 t. De la misma manera las embarcaciones que tuvieron menores capturas realizaron un promedio de viajes que osciló entre los 3 a 15 por mes con capturas que variaron entre los 0.3 a 2 t.

Con respecto a las variaciones entre capturas para las tres temporadas no hubo mucha diferencia entre los meses; sin embargo se observó que los valores más altos para las tres temporadas, se registraron en el mes de febrero (época de nortes), esto podría ser reflejo de eventos de migración de la langosta. Este tipo de movimientos migratorios ocurridos principalmente durante los meses de noviembre a febrero ha sido reportado en localidades como al norte de Isla Mujeres, Banco Chinchorro, Isla Contoy y la Plataforma de Cuba (Sosa-Cordero, 2003).

Es importante mencionar que tanto fenómenos naturales como el número de salidas por embarcación, entre otros factores puede influir en el incremento o decremento en la captura; así como en la forma de comercialización del producto, por lo mismo es que en algunos casos las embarcaciones prefieren dedicarse a la captura de langosta cola (Mena-Celis, 2009; Comunicación personal, Pescadores de la Sociedad Cooperativa, 2018).

Este proyecto de tesis solamente analizo los datos de captura-esfuerzo, pero un análisis más completo del estado de la pesquería requiere tomar en cuenta la información de la estructura de tallas (longitudes) y sexo de la población explotada. Por lo cual está pendiente programar un monitoreo en lo futuro, que incluya el análisis de las tallas y sexo de las langostas capturadas mensualmente en la rada de Cozumel.

Este trabajo contribuye a la sistematización de información, que podría ser de utilidad en las bases de datos pesqueros nacionales e internacionales. Además contribuye en el monitoreo de stock pesquero, no sólo en términos de la biomasa y explotación, sino también en el comportamiento de salud del ecosistema o cambios producidos en el comportamiento pesquero, puede ser señal de cambios en el ambiente o malas prácticas pesqueras.

## CONCLUSIONES

1. La pesquería de langosta espinosa en la rada de la Isla de Cozumel se encuentra en un período de estabilidad (2015-2018), incluso cuenta con una tendencia al incremento de su producción. Esto a partir de las tendencias de los datos de captura-esfuerzo recopilados por la actividad pesquera de los socios de la cooperativa "Cozumel".
2. Las mayores capturas y biomásas se obtuvieron en los primeros meses, debido a la apertura de la temporada, tomando en cuenta el reclutamiento de langosta de talla legal, durante los 4 meses de veda, sin embargo este comportamiento se pudo observar mejor en las dos primeras temporadas.
3. En el caso de la temporada 2017-2018, se registraron los mayores valores de captura durante la época climática de nortes. Estos cambios y variaciones en el comportamiento de la biomasa durante todo el periodo evaluado tienden a explicarse al esfuerzo pesquero aplicado, a las características geográficas y ambientales de la zona de pesca, así como a los diferentes fenómenos cíclicos y estacionales que influyen en la abundancia de la langosta espinosa.
4. De igual forma este comportamiento puede estar dado gracias a que la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Cozumel cuenta con una buena organización pesquera, el uso de diversas artes de pesca como lo es el uso del jamo y el lazo, a la buena aplicación de las leyes pesqueras, así como las normas internas de la organización respetando la liberación de los organismos menores a la talla mínima legal y la liberación de las hembras con hueva.
5. Es importante mencionar que la venta de producto vivo, es una nueva modalidad que se está aplicando en la sociedad cooperativa y les retribuye mayores ingresos a los pescadores.
6. El presente estudio es una base primordial para la generación de nuevo conocimiento, que puede servir de apoyo para entender mejor el comportamiento de la biomasa de *P. argus*, de una temporada a otra, lo cual

---

Monitoreo de biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda: Palinuridae), de las temporadas langosteras 2015-2018 en la Rada de Isla Cozumel, Quintana

---

podría ayudar en un futuro en la toma de decisiones para un mejor manejo de esta pesquería.

---

**LITERATURA CITADA**

Aguilar-Dávila, W., P. Arceo-Briceño, J. González-Cano, A. I. Medina, V. Ríos-Lara, E. Sosa-Cordero y A. Wakida-Kusonoki. 2003. La Pesquería de Langosta en Yucatán y Quintana Roo, México. En: E. García-Rodríguez, R. Puga-Millán, R. Sotomayor-Parra y M. E. de León-González (Eds.). *Report of the second workshop on the management of Caribbean spiny lobster fisheries in the Wecafo Area* (pp.119-130). Habana, Cuba. Fao Fisheries Report No. 715.

Aguilar-Dávila, W., E. Sosa-Cordero, M. A. Liceaga-Correa y O. Sosa. 2004. Distribución espacial de la captura y esfuerzo en la pesquería de langosta *Panulirus argus* de Punta Allen, Quintana Roo, México. En: S. Salas, R. Chuenpagdee, J. C. Seijo, A. Charles, J. Ramos y D. Quezada. (Eds.). *Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones* (p. 9). Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán.

Anónimo.2006. *Cómo lograr mayores ingresos pescando de manera sustentable*. Manual de Prácticas Pesqueras de Langosta en el Arrecife Mesoamericano. World Wildlife Foundation (WWF-México/Centroamérica).

Anónimo. 2008. *Programa de monitoreo de la langosta espinosa Panulirus argus en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 3 p

Anuario estadístico de acuacultura y pesca. 2017. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 300 p.

Bunge, M. 2004. *La investigación científica*. Conceptos. 460 p.

Burgos-Olavarría, F. 2010. *La biomasa como fuente de energía sustentable*. Universidad Austral de Chile. 55 p.

Briones-Fourzán, P. y 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. *Marine Ecology Progress Series. Ser.221*: 221-232.

Canto-García, A., J. S. Goldstein, E. Sosa-Cordero y L. Carrillo. 2016. Distribution and abundance of *Panulirus* spp. Phyllosomas off the Mexican Caribbean coast. *Bulletin of Marine Science* 92(2): 207-227.

Carta Nacional Pesquera, 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 268 p.

Colinas-Sánchez, F. y P. Briones-Fourzán. 1990. Alimentación de las langostas *Panulirus guttatus* y *P. argus* (Latreille 1804) en el Caribe Mexicano. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 17: 89–106.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), 2007. *Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna Isla de Cozumel, Quintana Roo, México*. México, 130 p.

Cruz, R. 2002. *Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa*. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de la Habana, Cuba. 50 p.

FAO y SAGARPA, 2012. Documento Metodológico para la Obtención de los Indicadores de Sustentabilidad Biológica de las Principales Pesquerías Marinas de México. 57 p.

FAO, 2018. MARPLESCA-Plan Regional de Manejo de la Pesquera de Langosta Espinosa del Caribe (*Panulirus argus*). Comisión de Pesca para el Atlántico Centro-Occidental, Bridgetown, Barbados. 71 p.

García, R. y Domínguez J. 1999. *Curso de educación ambiental para instructores de buceo y tripulación*. Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, SEMARNAT. Quintana Roo, México.

González-Cano J., V. Ríos-Lara, C. Zetina-Moguel, A. Ramírez-Estévez, P. Arceo-Briceño, D. Aguilar-Cardozo, K. Cervera-Cervera, J. Bello-Pineda, J. Dios-Martínez, D. Anda-Fuentes y M. Coba-Ríos. 2001. Langosta espinosa del Caribe. En: M. A.

Cisneros-Mata, L. F. Beléndez-Moreno, E. Zárate-Becerra, M. T. Gaspar-Dillanes, L. López-González, C. Saucedo-Ruíz y J. Tovar-Ávila (Eds.). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo*. (pp. 633-654). México. Instituto Nacional de la Pesca (INP) SEMARNAP.

González-Río de la Loza, S. 2014. *Estructura de la población (distribución, biomasa y estructura de tallas) del pez león *Pterois volitans* (Linneo, 1758) en Isla Cozumel, Quintana Roo, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 42 p.

Gracia, A. y C. B. Kensler. 1980. Las Langostas de México: Su Biología y Pesquería. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología* 7: 111-128.

Lozano-Álvarez E. 1995. Requisitos para la introducción de refugios artificiales en pesquerías de langosta. *Investigación Pesquera* 19(2):21–26.

Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán y M.E, Ramos-Aguilar. 2003. Distribution, shelter fidelity, and movements of subadult spiny lobsters (*Panulirus argus*) in areas with artificial shelters. *Journal of Shellfish Research*, 22 ( 1): 533-548.

Marx J. y W. Herrnkind. 1986. *Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirements of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida) Spiny Lobster*. Florida, Estados Unidos. Fish and Wildlife Service and U.S. Army Corps of Engineers. 31 p.

Mena-Celis, G. E. 2009. *Evaluación de la biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda, Palinuridae) en la Bahía del Espíritu Santo, Quintana Roo, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Quintana Roo, Cozumel, México. 47 p.

NOM-006-PESC-1993. Diario Oficial de la Federación de la República Mexicana, 31 de diciembre de 1993

Padilla-Ramos S. y P. Briones-Fourzán. 1997. Características Biológicas de Langostas (*Panulirus spp.*) provenientes de la captura en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Ciencias Marinas* 23: 175-193.

Pilling G. M., J. R. Cotter y J. D. Metcalfe. 2007. *ICCAT Field Manual: Chapter 4. Data for Assessment and Research*. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. CEFAS, Lowestoft, UK. 133 p.

Rangel, J., P. Enríquez y J. Guzmán. 1993. Colonias de reproducción de aves costeras en Sian ka'an. En: S. I. Salazar-Vallejo y N. Emilia González (Eds.). *Biodiversidad Marina y costera de México* (pp. 833-840). Chetumal, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo.

Ríos-Lara V., C. Zetina-Moguel y P. Arceo-Briceño. 2000. Evaluación de la población de langosta de las costas de Yucatán y análisis del efecto de la reducción de la talla mínima sobre la biomasa y la captura. *Contribuciones de Investigación Pesquera* 8:16-26

Ríos-Lara V., S. Salas, J. Bello y I. Peniche. 2004. Identificación del hábitat preferencial para langosta *Panulirus argus* en el área natural protegida Arrecife Alacranes, México, a través de Kriging. En: S. Salas, R. Chuenpagdee, J. C. Seijo, A. Charles, J. Ramos y D. Quezada (Eds.). *Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones* (p. 32). Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán.

Ríos-Lara, V. y Salas S. 2009. Modelo Estructurado por Edades para la Evaluación de la Población de Langosta *P. argus* en la Plataforma de Yucatán, México. *Proceedings of the 61st, Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 451-560 p.

Ríos-Lara, V., C. Zetina-Moguel, A. Ramírez-Estévez y C. Aguilar-Cardoso. 2011. Evaluación de los Stock de Langosta (*Panulirus argus*) en Diferentes Zonas de Pesca de la Costa de Yucatán y Quintana Roo, México. *Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. 442-448 p.

Ríos-Lara, V., J. C. Espinoza-Méndez, C. Zetina-Moguel, C. Aguilar-Cardozo, A. Ramírez-Estévez. 2013. *La pesquería de langosta Panulirus argus en el Golfo de México y el mar Caribe mexicano*, Instituto Nacional de Pesca. 120 p.

Salas S., D. Aguilar, M. A. Cabrera y P. Arceo. 1996. Patrones de Asentamiento de Langosta (*Panulirus argus*). Proceedings of the 44th Gulf Caribbean Fisheries Institute. 536-552 p.

Sosa-Cordero, E., A. Medina-Quej, A. Ramírez-González, M. Domínguez-Vivero y W. Aguilar-Dávila. 1993. Invertebrados marinos explotados en Quintana Roo. En: S. Salazar y N. González (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México* (pp. 709 - 734). Chetumal, México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO) y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO).

Sosa-Cordero, E., A. Ramírez-González y M. Domínguez-Viveros. 1999. La explotación de la Langosta *Panulirus argus* en Bahía Espíritu Santo, Quintana Roo, México: Un estudio descriptivo. Proceedings of the 45th and Caribbean Fisheries Institute. 820-839 p.

Sosa-Cordero, E., A. Ramírez-González, A. M. Arce-Ibarra, G. Poot-López, A. Cervantes-Martínez, A. Nah-Chan y M. Pereira-Flora. 2002. Monitoreo de la abundancia de juveniles de langosta *Panulirus argus* como índice de reclutamiento inminente en Sian Ka'an (Reserva de la Biosfera). Informe final del proyecto L218. México. 73 p

Sosa-Cordero, E. 2003. Trends and Dynamics of the spiny lobster, *Panulirus argus*, resource in Banco Chinchorro, México. *Marine Science*, 73(1): 203-217.

Sosa-Cordero, E., M. A., Liceaga-Correa y J. C., Seijo. 2008. The Punta Allen lobster fishery: status and recent trends. En: Townsend R., Shotton R. and Uchida H. (Eds.). *Case studies in fisheries self-governance*. (pp. 149-162). FAO Fisheries Technical Paper. No. 514. Rome FAO. 451 p

Velázquez-Abunader, J. I. (2005). *Biología reproductiva de la langosta azul Panulirus inflatus (BOUVIER, 1895) en el parque nacional "Bahía de Loreto", Golfo de California.*

Monitoreo de biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda: Palinuridae), de las temporadas langosteras 2015-2018 en la Rada de Isla Cozumel, Quintana Roo, México

---

Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Baja California Sur, México.  
90 p.

Velázquez-Molina R. C. 2014. *Evaluación de biomasa de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Decapoda: Palinuridae), en la Rada de Isla Cozumel.* Tesis de Licenciatura, Universidad de Quintana Roo, México. 57 p.

Zetina-Moguel, C. E. y Ríos-Lara, V. 1998. Estimación del Tamaño de la Población de la Langosta *Panulirus argus* en las Costas de Yucatán, Usando Diferentes Modelos de Evaluación. *Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute.* 162-175 p.