



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E  
INVESTIGACIÓN, CAMPUS SISAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS FLOTAS  
PESQUERAS OPERANDO EN LA COSTA DE YUCATÁN  
Y SUS IMPLICACIONES EN EL MANEJO

T E S I S

QUE PARA OBTENER TÍTULO DE:

LICENCIADO EN MANEJO SUSTENTABLE DE  
ZONAS COSTERAS

P R E S E N T A:

RODRIGO LÓPEZ SALAZAR

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. EDGAR TORRES IRINEO

Sisal, Yucatán, México 2018





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos

### 1. Datos del alumno

Rodrigo López Salazar  
Tel. +52 5534089932  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación,  
Campus Sisal  
Manejo Sustentable de Zonas Costeras  
09633609-6

### 2. Datos del Jurado

Director de Tesis Secretario	Dr. Edgar Torres Irineo Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e investigación, Campus Sisal, UNAM
Presidente	Dr. Jorge Alberto López Rocha Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e investigación, Campus Sisal, UNAM
Vocal	Dra. Laura Elena Vidal Hernandez Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e investigación, Campus Sisal, UNAM
Suplente	M en C Eva Virginia Coronado Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida
Suplente	Dra. Silvia Salas Márquez Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida

### 3. Datos del trabajo

Análisis comparativo de dos flotas pesqueras operando en la costa de Yucatán y sus implicaciones en el manejo.

52 p

2018

“El ser humano al transformar la naturaleza se ha transformado así mismo” (Carlos Marx).

Quiero dedicar este trabajo

A mis padres Héctor y María del Carmen, por siempre estar ahí acompañándome en este loco camino que es la vida. Son los pilares de mi vida, este trabajo es para ustedes.

A mis hermanos, Ricardo y Montserrat, por su apoyo y consejo cada que lo he necesitado. Son mi inspiración en muchos momentos de mi vida.

A mi familia por su preocupación bendiciones y constante interés en mi desarrollo. Es gracias a todos ustedes que sigo luchando por tratar de ser una gran persona.

Gracias, los amo.

## Agradecimientos Personales

Primero quiero agradecer a esa voz interior que me ha orientado a lo largo de mi vida, a la cual yo le llamo Dios, ya que este planeta que voy descubriendo paso a paso me deja maravillado ante tanta complejidad y belleza con la que ha sido formado y que gracias a esta carrera he logrado descubrir y comprender un poco más.

Quiero agradecerle a Diana mi amada, gracias por tus consejos, apoyos y risas, siempre fomentaste en mí las energías para seguir adelante. A través de tu particular forma de ser me has hecho sentir donde quiero estar.

A mis amigos Francisco, Otho, Hugo, Tuche, Diego, Rodrigo Magaña, Ladxi, Majo gracias a su apoyo y consejo ustedes me ayudaron a tomar la decisión que me llevaron a terminar mi carrera. Pero particularmente quiero agradecer a Julio, porque sin ti este camino sin duda hubiera sido más largo, gracias por tomar la estafeta de La Saeta y darme la energía suficiente para concluir mi carrera en buen término.

A mis compañeros de licenciatura que me acompañaron durante la maravillosa experiencia que fue vivir en Yucatán, dentro de ellos el Dream team estará en un espacio dentro de mi corazón: Diego, Omar, Rodrigo Trejo, Daniel. También quiero agradecer a Cesar, Javi, Arturo, Jeanine, Scarlett, Valeria. Gracias por los incontables momentos de alegría y de crecimiento que vivimos a lo largo de la carrera. Su vitalidad me contagio para seguir adelante.

## Agradecimientos

A mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo que me ha dado al formarme desde la preparatoria, siempre llevare en mi corazón su lema "*Por mi raza hablara el espíritu*".

Al Dr. Edgar Torres Irineo, por su valiosa dedicación al orientarme y mostrarme su forma de ver el mundo, para poder realizar este trabajo, pero más aún por la gran apoyo y amistad que me mostró permitiéndome encontrar a un gran ser humano. Gracias.

Al proyecto "*Caracterización de la pesca artesanal en la península de Yucatán: Identificando unidades de manejo*", clave Conacyt, 252215, particularmente al Dr. Edgar Torres por abrirme las puertas para participar en este proyecto que me permitió descubrir lo increíble que es la pesca. A la Dra. Silvia Salas, por compartir con tanta pasión y sin reparo su conocimiento, permitiéndome sentirme parte del laboratorio de pesquerías del Cinvestav; así como al M. en C. Miguel Ángel Cabrera por su gran disposición para compartir conmigo su amplia experiencia en el trabajo de las pesquerías.

A todo mi comité de tesis por el tiempo prestado en la revisión y recomendaciones para que este trabajo se encuentre mejor estructurado: Dra. Silvia Salas, Dr. Jorge López, Dra. Laura Vidal y M. en C. Eva Coronado, además de ser parte de mi formación dentro de la carrera

A la Dra. Maite Mascaró por la pasión y entrega con la que se muestra en sus clases, logrando contagiar en sus alumnos su pasión por la estadística y la ciencia. Al Dr. Daniel Arceo, por su asesoría y apoyo, brindándome su amistad a lo largo de la carrera y después de ella, Al M. en C. Héctor Cisneros por su sensibilidad y compromiso con la licenciatura.

Y a todos los profesores de la UMDI-Sisal que participaron a lo largo de la carrera con mi formación académica, mostrándome a través de sus ojos lo intrigante y maravilloso que es la zona costera.

## Índice de Figuras

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PUERTO DE DZILAM DE BRAVO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, LA LÍNEA ROJA REPRESENTA LA PROFUNDIDAD DE 20M EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL. ....	7
FIGURA 2. DEL LADO IZQUIERDO O. MAYA Y DE LADO DERECHO O. VULGARIS. (IMÁGENES DEL DR. CARLOS ROSAS, PROGRAMA PULPO, UMDI SISAL) .....	9
FIGURA 4. EJEMPLOS DE LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTINTAS EMBARCACIONES PRESENTES EN DZILAM DE BRAVO: A) FLOTA MEDIANA, B) FLOTA MEDIANA CON ALIJOS, C) FLOTA MENOR Y D) ALIJOS. FOTOS: RODRIGO L. ....	12
FIGURA 5. DESPLIEGUE DE LAS JIMBAS PARA DISTRIBUIR LAS CARNADAS A LO LARGO DE LA EMBARCACIÓN 1) JIMBAS; 2) LÍNEA CON CARNADA; 3) TIRANTE. FIGURA: CREACIÓN RODRIGO L. ....	13
FIGURA 6. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTRA GARETE 1) LONA DE 3x3; 2) LASTRES. FIGURA: CREACIÓN RODRIGO L. ....	14
FIGURA 7. GRÁFICAS DE LAS CUATRO VARIABLES DEL MEJOR MODELO CONTRA LA CPUE PARA LA FLOTA MENOR, A) DISTANCIA, B) NÚMERO DE TRIPULANTES, C) COSTO DE AVITUALLAMIENTO Y D) MESES EN QUE SE CAPTURA. ....	26
FIGURA 8. COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA FLOTA MENOR, A) COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA DISTANCIA, B) COMPARACIÓN DE LA DISTANCIA RECORRIDA CADA MES, C) COMPARACIÓN ENTRE NÚMERO DE TRIPULANTES Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO, D) COMPARACIÓN DE NÚMERO DE TRIPULANTES PARA CADA MES, E) COMPARACIÓN ENTRE LA DISTANCIA RECORRIDA Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO Y F) COSTO DE AVITUALLAMIENTO INVERTIDO DURANTE CADA MES. ....	28
FIGURA 9. GRÁFICAS DE LAS VARIABLES QUE MEJOR EXPLICAN EL MODELO DE LA FLOTA MEDIANA CONTRA LA CPUE, A) PROFUNDIDAD DE PESCA Y CPUE, B) NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA CPUE, C) COSTO DE AVITUALLAMIENTO Y CPUE Y D) CON MESES Y CPUE. ....	30
FIGURA 10. COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA FLOTA MEDIANA, A) COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA PROFUNDIDAD, B) COMPARACIÓN DE LA PROFUNDIDAD SELECCIONADA CADA MES, C) COMPARACIÓN ENTRE NÚMERO DE TRIPULANTES Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO, D) COMPARACIÓN DE NÚMERO DE TRIPULANTES PARA CADA MES, E) COMPARACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD SELECCIONADA Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO Y F) COSTO DE AVITUALLAMIENTO INVERTIDO DURANTE CADA MES. ....	31
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN DE LAS CR POR VIAJE DE PESCA PARA AMBAS FLOTAS, A) FLOTA MENOR, B) FLOTA MEDIANA. ....	32

## Índice de Tablas

TABLA 1. AGRUPACIÓN DE VARIABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO, EN LA SELECCIÓN DE VARIABLES SE MUESTRAN LAS VARIABLES DE TIEMPO MES (M), LA PROFUNDIDAD (P), LA DISTANCIA DEL PUERTO AL SITIO DE PESCA (D), TAMAÑO DE ESLORA (E) Y COSTOS TOTALES DE AVITUALLAMIENTO (C). ....	22
TABLA 2. VALOR DE AIC PARA CADA MODELO CONSIDERADO .....	24
TABLA 3. ANOVA CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GLM PARA LAS FLOTAS MEDIANA Y MENOR. ....	25
TABLA 4. ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES PARA LA FLOTA MENOR Y MEDIANA POR MEDIO DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS .....	25



# Índice

Introducción .....	2
Marco contextual .....	5
Caracterización ambiental .....	6
Especies objeto de estudio .....	8
<i>Octopus maya</i> .....	8
<i>Octopus vulgaris</i> .....	9
Cronología de la actividad pesquera en Yucatán .....	9
Flota pesquera .....	11
Flota menor .....	11
Flota Mediana .....	12
Método de Pesca de pulpo .....	12
Normativa .....	14
Marco Teórico .....	15
Visión holística de la pesca.....	15
Función de producción.....	17
Modelación .....	17
Selección de variables .....	19
Validación de los supuestos .....	19
Justificación .....	20
Hipótesis.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos particulares .....	20
Metodología .....	21
Fuentes de información .....	21
Construcción del modelo .....	21
Cuasi-renta.....	22
Resultados .....	24

Variables de influencia para cada flota .....	24
Flota Menor.....	26
Distancia.....	27
Costos de avituallamiento .....	27
Número tripulantes.....	29
Mes de pesca .....	29
Flota Mediana .....	29
Profundidad .....	29
Número de tripulantes.....	30
Valor de las cuasi-rentas .....	32
Discusión .....	34
Caracterización de las dos flotas.....	34
Operación de la flota menor.....	35
Operación de la flota mediana.....	36
Operación de ambas flotas .....	37
Implicaciones en el manejo.....	37
Conclusiones.....	41
Bibliografía .....	42
Anexo I.....	48

## Resumen

En el Estado de Yucatán, la pesquería de pulpo es oficialmente desarrollada por la flota artesanal (localizada a lo largo de toda la costa del Estado) y la flota semi-industrial (localizada en Puerto Progreso). Sin embargo, en la composición de la flota artesanal existen embarcaciones que difieren en tamaño, autonomía de navegación y capacidad de carga, lo que les permite operar de forma distinta, por lo que se le conoce como flota mediana. Por tal razón, el presente trabajo de investigación caracteriza y analiza cómo las tasas de captura se ven influenciadas por las operaciones de pesca en la flota menor y la flota mediana, cuya especie objetivo es *O. maya*.

Los datos para este estudio fueron recolectados durante los años de 2007 al 2010 en el Puerto de Dzilam de Bravo, Yucatán durante la temporada de pesca de pulpo (agosto a diciembre), con un total de 239 entrevistas de las cuales 155 son de la flota menor y 84 de la flota mediana. Para determinar que variables se diferencian entre las distintas embarcaciones se realizó un estudio sobre la dinámica de la flota a través del uso de modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés), ocupando como variable de respuesta a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) con la distribución gamma como distribución probabilística; para definir a las variables explicativas se consideró obtener información sobre el tipo de flota, equipamiento, comportamiento del pescador y factores económicos; y como función vínculo el logaritmo.

Los resultados obtenidos mostraron que las variables de mayor importancia para la flota menor fueron: la distancia a la que operan las embarcaciones, el mes en que pescan, los costos de avituallamiento y el número de tripulantes que van durante el viaje; mientras en la flota mediana las variables relevantes son: el mes en el que pescan, el número de tripulantes que van durante un viaje de pesca, el costo de avituallamiento y la profundidad a la cual van a pescar. De este modo, se pudo contrastar el comportamiento entre las variables, por lo tanto se pudo ver que entre ambas flotas menor y mediana

Por último se realizaron propuestas para el plan de manejo de pulpo *O. maya*, entre las que se incluyen: a) adaptación de la existencia de la flota mediana para el manejo de la pesquería, b) incluir el análisis de la flota en las evaluaciones para las pesquerías, c) monitoreo constante sobre las respuestas adaptativas de las flotas, d) inclusión de los pescadores en el muestreo de datos a través del correcto llenado de los avisos de arribo, e) debido al distinto comportamiento de las flotas, se recomienda el uso de cuotas individuales transferibles de captura (ITQ por sus siglas en inglés).

## Introducción

La actividad pesquera en el mar surge con la presencia del hombre en las zonas litorales, donde se establece una relación de tipo cacería hacia los organismos acuáticos que ahí habitan (Blancas 2014). Con el desarrollo de dicha actividad se han obtenido productos que representan una fuente importante de alimentación para las comunidades y que son ocupadas en el intercambio por otros insumos requeridos para la sobrevivencia (Fraga 2004). Los productos obtenidos aportan alimento de alto contenido proteico, con lo que la pesca puede contribuir a una disminución en los niveles de desnutrición, así como para lograr los objetivos de estrategias de salud y en la mitigación de la pobreza (FAO 2014).

Encontrar las respuestas a las problemáticas que enfrenta la actividad pesquera no es tarea sencilla y representa grandes retos, que involucra conocimiento de factores ambientales, disponibilidad de los recursos, infraestructura tecnificada para desarrollar la actividad, tendencias de los mercados así como un contexto de legislaciones internacionales, federales, estatales y municipales que delimitan el proceder de dicha actividad (Andrew *et al.* 2007). A su vez existen factores inmersos en la dinámica de la pesca, como los artes de pesca utilizados, el comportamiento de los pescadores, el tamaño de la flota pesquera, el poder de pesca, entre otros. Estos elementos formulan contextos únicos, donde se delimitan necesidades específicas para el desarrollo de la actividad pesquera en una comunidad (Hilborn & Walters 1992; Andrew *et al.* 2007).

Las problemáticas de la pesca han sido abordadas en diversos foros internacionales, donde instituciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) busca fomentar el “crecimiento azul” para generar una ordenación sostenible, integrada y sensible a los aspectos socioeconómicos de la gente que depende de los océanos, presentando especial interés en la pesca, la acuicultura, los servicios ecosistémicos, el comercio y la protección social de las comunidades costeras (FAO 2014). Como parte de las acciones de la FAO, se publicó el documento “Las directrices voluntarias para alcanzar la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala”, primer instrumento acordado en el plano internacional para el sector de pesca a pequeña escala, con el cual se busca erradicar la pobreza y garantizar la seguridad alimentaria de dicho sector (FAO 2015a).

México cuenta con 11,592 km de litoral, y es el décimo productor pesquero a nivel mundial con cerca de 1 millón de toneladas anuales, hasta 2014 se reportaban alrededor de 215,000 pescadores (CONAPESCA 2014) y 75,000 embarcaciones pesqueras de éstas, el 97% son de pequeña escala o artesanales (Salas *et al.* 2011; FAO 2016). Por lo anterior resulta importante la

elaborar estrategias de manejo y de evaluación pesquera que consideren el comportamiento de los pescadores y permitan regular la explotación de los recursos marinos, para que su disponibilidad perdure para las siguientes generaciones.

La características de la pesca artesanal o de pequeña escala son diversas pero de manera general está compuesta por embarcaciones que miden entre 5.5 y 12.0 m de eslora donde llevan a bordo de dos a cuatro pescadores; cuentan con limitada autonomía de viaje y poca capacidad de carga (una Tonelada); generalmente realizan viajes de ida y vuelta en el mismo día; los productos obtenidos dependiendo de su demanda pueden ser comercializados localmente o ser exportados; operan con un bajo nivel de inversión económica (FAO 2014); llevan a cabo una labor intensiva de trabajo; capturan una gran diversidad de especies objetivo; la elección sobre la captura de una especie se encuentra asociada a la disponibilidad y a la temporada del año valiéndose de distintos artes de pesca o tipos de embarcación; pueden arribar en numerosos puntos a lo largo de la costa; los pescadores suelen realizar otras actividades (e.g. agricultura, turismo) que complementan sus ingresos o cuando no es posible salir a pescar; presenta una fuerte dependencia de intermediarios para la comercialización de sus productos, así como de subsidios por parte del gobierno (Salas 2000).

El proceso de captura comienza cuando el arte de pesca ingresa al agua y termina cuando es recogido fuera de ésta, esto puede suceder desde tierra o la cubierta de una embarcación pesquera (FAO 2005). Entre los artes de pesca usados en el estado de Yucatán por la flota artesanal se encuentran la línea de mano, el palangre, las redes, las trampas y el buceo (Salas *et al.* 2006), aunque existen una gran variedad de artes con distintas especializaciones que presentan diferencias tanto en los dispositivos como en la técnica con la que se aplican, esto debido al comportamiento de cada especie (Salas *et al.* 2011). Según con lo expuesto en el Código de Conducta para la Pesca Responsable, los artes y métodos de pesca, en medida de lo posible, deben ser los suficientemente selectivos para reducir al mínimo la captura incidental de otras especies asociadas o distintas a la talla de captura permitida para cada especie (FAO 1995). Las especies capturadas incidentalmente pueden ser regresadas al mar o ser retenidas para su consumo particular, sin embargo, dichas capturas no suelen ser registradas en los desembarques (Amandè *et al.* 2011).

La complejidad en el sistema pesquero requiere de evaluaciones recurrentes sobre los procesos inmersos en la actividad pesquera que permitan elaborar estrategias de manejo más certeras y efectivas para un uso sostenible de los recursos. Por ejemplo un aspecto de particular interés es entender con mayor detalle cómo el pescador ejerce su esfuerzo sobre el recurso pesquero con

un arte de pesca determinado (Salas *et al.* 2004; Salas & Gaertner 2004), o que se aporte información sobre la forma en que se explotan sus recursos.

En este sentido, en pesquerías compuestas por flotas de diferente tamaño, la forma en la que éstas explotan los recursos puede variar, incluso generando externalidades entre ellas (Seijo *et al.* 1998). Los estudios comparativos de multi-flotas permiten un mejor entendimiento de los procesos de asignación de los esfuerzos de pesca y/o de explotación de los recursos (Burgos & Defeo 2004; Guillen *et al.* 2013).

En el estado de Yucatán opera una flota artesanal presente en toda la costa, una flota semi-industrial que descarga en Progreso pero que opera a lo largo de la plataforma continental de la península de Yucatán. En el caso de Dzilam de Bravo, además de la flota artesanal opera una flota mediana. Con este trabajo se pretende identificar aquellos factores involucrados durante la pesca de pulpo por parte de las dos flotas pesqueras operando en el puerto de Dzilam de Bravo, con ello se contribuirá a identificar unidades de manejo que permitan mejorar el análisis de la actividad pesquera.

## Marco contextual

En el país una gran parte de la población costera vive de la pesca, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en el año 2009 la actividad pesquera en México generaba 177,180 empleos de los cuales el 92% son hombres y el 8% mujeres. Dicha actividad se realiza en ambos litorales del país (en el Océano Pacífico y en el Golfo de México y Mar Caribe). Del total de las capturas nacionales, las pesquerías en el Pacífico aportan el 77%, el Golfo de México y el Mar Caribe el 23%. Aunque el porcentaje parece bajo, la pesca en el Golfo de México y el Mar Caribe tiene un rol importante debido a la generación de empleos y por el valor económico de las capturas (Fernández *et al.* 2011). En esta región los principales recursos pesqueros capturados son tanto en volumen como en valor: almeja, camarón café, camarón rojo, camarón de roca, camarón rosado, camarón siete barbas, cangrejos, caracoles, jaibas, langosta, langostino, ostión, pepino de mar, peces marinos de escama, pulpos, tiburones y túnidos (SAGARPA 2012).

En el estado de Yucatán la actividad pesquera ocurre en una extensa plataforma continental que forma parte del Banco de Campeche con un área total de 6,468 km<sup>2</sup> (Gobierno de Yucatán 2014). Los principales puertos son Celestún, Sisal, Progreso, Telchac Puerto, Dzilam de Bravo, San Felipe, Río Lagartos y el Cuyo, en ellos se estima hay entre 11,000 y 16,000 pescadores (FAO 2015b). El puerto de Dzilam de Bravo (sitio del presente estudio), se encuentra ubicado en la zona centro del estado, en este municipio habitan 2,463 personas (Gobierno del Estado de Yucatán, 2010). Aquí se desarrollan principalmente las pesquerías de pulpo (*Octopus maya* y *O. vulgaris*), langosta (*Panulirus argus*), escama marina, incluyendo mero rojo (*Epinephelus morio*), y rubia (*Lutjanus synagris*) (Mungia Gil, 2011) y recientemente pepino de mar (*Isostichopus badionotus* y *Holothuria floridiana*) (SAGARPA 2012). La flota artesanal se distingue por capturar múltiples especies a lo largo del año (Salas et al. 2011); las temporadas de pesca de la escama, el pulpo y la langosta ocurren paralelamente durante la época de agosto a diciembre. Los pescadores suelen intercambiar entre distintos artes de pesca, dependiendo de la disponibilidad de las especies y el precio en el mercado (SAGARPA 2014; FAO 2015b).

Los peces marinos de escama están compuestos principalmente por organismos demersales tales como los meros (*Epinephelus flavolimbatus*, *E. morio*, *E. itajara*, *E. adscensionis*, *E. drummondhayi*, *E. nigritus*, *Mycteroperca bonaci*, *M. microlepis*, *M. venenosa*, *M. nterstitialis*); los pargos (*Lutjanus bucanella*, *L. vivanus*, *L. synagris*, *L. analis*, *L. griseus*, *L. jocu*, *Ocyurus chrysurus*, *Rhomboplites aurorubens*), el besugo (*Calamus bajonado*); el chac-chi (*Haemulon plumieri*); coronado (*Seriola zonata*); gallito (*Lachnolaimus maximus*) (Coronado Castro *et al.* 2013) y su

captura se realiza durante todo el año con excepción de los meses de febrero y marzo, meses durante los cuales se establece la veda para esta pesquería

La captura de pulpo está compuesta de *O. maya* y *O. vulgaris*. Debido a su alto valor económico esta pesquería ocupa el quinto lugar a nivel comercial en el país, sólo superada por las pesquerías de camarón, atún, mojarra y sardina (SAGARPA 2012). En esta pesquería participan alrededor de 3330 embarcaciones de pequeña escala en el estado de Yucatán (SAGARPA 2009). Yucatán es el estado con mayor captura del recurso pulpo, seguido de Campeche y Quintana Roo. En el periodo de 2005-2014 la captura de pulpo en Yucatán representó el 70% de la producción nacional anual de este recurso. (CONAPESCA 2014).

En la pesquería de langosta en Yucatán participan 322 embarcaciones de la flota artesanal y su captura es permitida sólo para las cooperativas pesqueras. La tendencia de la pesca de langosta ha experimentado variaciones, por una combinación de factores tales como los cambios en el esfuerzo pesquero, el impacto de fenómenos naturales, la tasa de explotación se ha incrementado y en los últimos años se observa una disminución de la biomasa (SAGARPA 2012).

La pesquería de pepino de mar inició comercialmente en 2010. Estos organismos tienen un alto valor económico y se captura de forma manual a través del buceo con compresor, los permisos para su captura no tienen una periodicidad fija ni en tiempo ni duración (Poot-salazar *et al.* 2015; Hernández-Flores *et al.* 2018).

Por el contexto en el que se desarrolla la pesca en Yucatán los pescadores se pueden considerar generalistas o especialistas (Salas *et al.* 2006; Saldaña *et al.* 2016). Los generalistas suelen intercambiar entre distintos artes de pesca para obtener distintas especies a lo largo del año (pulpo, escama, langosta y pepino de mar) o incluso cambiar de actividades como la agricultura o labores de albañilería y otras (Salas & Gaertner 2004; Saldaña *et al.* 2016). Los pescadores considerados especialistas suelen trabajar en un área y se especializan en el uso de artes de pesca específicos para capturar la especie objetivo.

### Caracterización ambiental

La costa norte de la península de Yucatán tiene una extensión de 373 km de litoral, forma parte de una extensa plataforma conocida como el Banco de Campeche la cual mide 250 km de ancho (Salas *et al.* 2006), entre los puertos que se encuentran en este estado se encuentra el de Dzilam de Bravo que se localiza en la región litoral centro de Yucatán, su límite al norte es a los 21°23'42"N y al sur en los 21°23'6"N. Mientras que su límite extremo izquierdo es a los 88°54'18"W y a su derecha a los 88°53'06W (Figura 1).



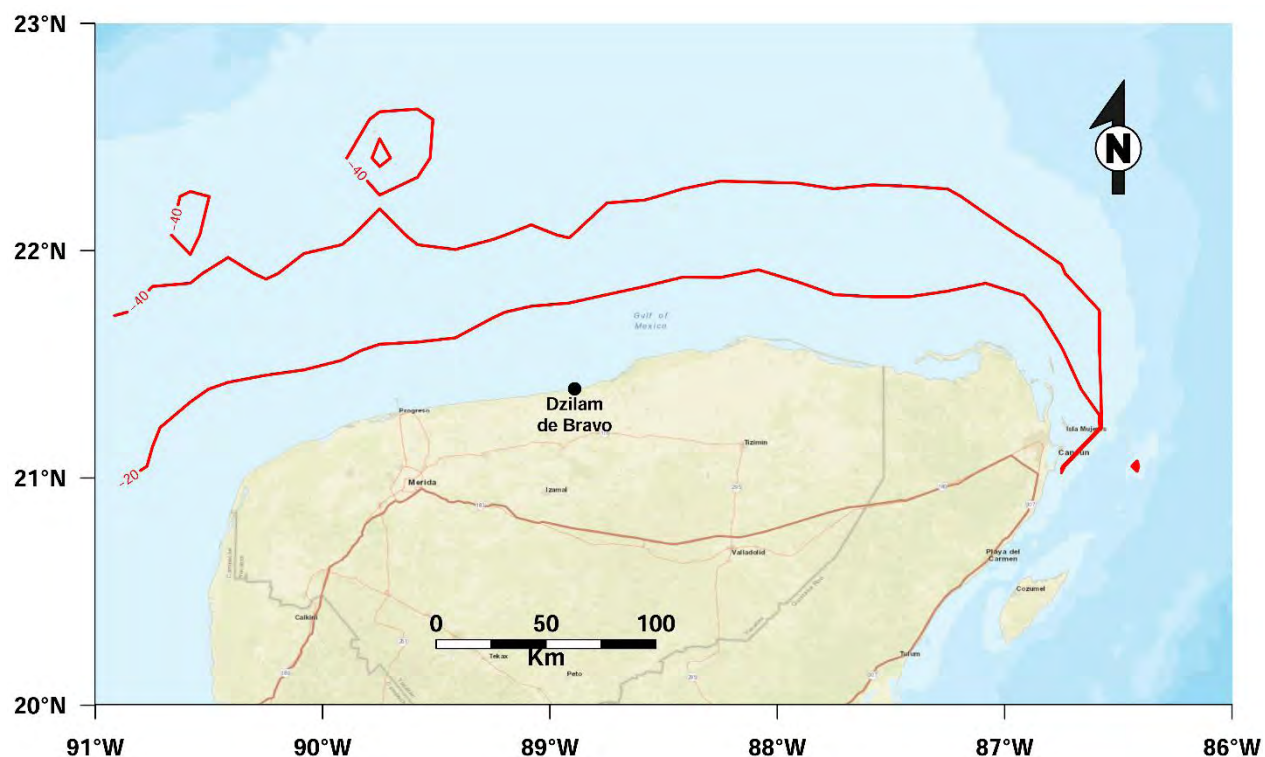


FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PUERTO DE DZILAM DE BRAVO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, LA LÍNEA ROJA REPRESENTA LA PROFUNDIDAD DE 20M EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL.

En la península de Yucatán se presentan tres estaciones climatológicas definidas como la época de secas que se presenta de marzo a mayo; la de lluvias de junio a octubre y nortes de noviembre a febrero (Vazquez-Lule et al. 2009). Durante la temporada de pulpo se presentan las estaciones de lluvias y nortes (Salas et al. 2006; Avila-Poveda et al. 2016).

La costa de Yucatán se distingue por contar con una topografía cárstica, en la que normalmente se encuentran lagunas costeras. Al interior de éstas se producen interrelaciones entre varios ecosistemas (manglar, petén, mar) por lo que suelen ser zonas de crianza para diversas especies, debido al refugio y alimento que proveen (Herrera *et al.* 2010). La costa de Yucatán se encuentra influenciada por el Golfo de México y el Mar Caribe, donde estos son comunicados a través del canal de Yucatán. Las masas de agua provenientes del Mar Caribe contienen gran cantidad de nutrientes, lo que es determinante en el crecimiento, distribución y dispersión de la mayor parte de los organismos presentes en la costa de Yucatán (Pech-Pool *et al.* 2010).

Uno de los principales riesgos que afectan a las pesquerías en la costa del estado es la contaminación proveniente de los aportes de aguas subterráneas del continente y que llegan enriquecidos de nutrientes y materia orgánica (Salas *et al.* 2006; Herrera-Silveira *et al.* 2010). Este

fenómeno favorece las condiciones necesarias para la formación de mareas rojas (crecimiento explosivo de productores primarios -diatomeas, dinoflagelados, cianofitas-) que tienden a ser nocivos o tóxicos para la flora y fauna marina (Herrera-Silveira *et al.* 2010). Estos eventos han incrementado su frecuencia y cobertura espacial, su duración llega a ser de varias semanas, provocando mortandad de fauna (peces, crustáceos, moluscos) e impactando las pesquerías, así como el turismo por reducción de la calidad del agua de las playas. En cada uno de los eventos de 2001, 2003 y 2008 se estimaron pérdidas de más de 100 millones de pesos (Herrera-Silveira *et al.* 2010).

Un ejemplo de dichos aportes de aguas subterráneas se presenta en el municipio de Dzilam de Bravo, que cuenta con un clima cálido subhúmedo, la temperatura media anual es alrededor de 22°C, el cual forma parte del “anillo de cenotes”, que se define como un sistema hidrológico formado por un semicírculo de al menos 150 km de diámetro. Este anillo concentra y conduce las descargas de agua subterránea vía manantiales hacia el litoral de Celestún y Dzilam de Bravo (Gobierno del Estado de Yucatán 2010).

### Especies objeto de estudio

El pulpo es un molusco cefalópodo que se alimenta principalmente de invertebrados como crustáceos, aunque también consume peces y otros cefalópodos (Méndez Aguilar *et al.* 2014). A su vez es depredado por morenas, cabrillas y pargos siendo importantes para su dieta (SAGARPA 2014).

El tipo de alimento que consumen los pulpos no difiere en su composición, pero si en el volumen de organismos que consumen, disminuyendo el consumo de cangrejos e incrementando el número de peces y moluscos

Son organismos que se mimetizan rápidamente cambiando de forma, textura y color de la piel, como estrategia de supervivencia suelen expulsar una nube de tinta que les permite escapar de sus depredadores (SAGARPA 2014).

### *Octopus maya*

El pulpo rojo (Figura 2a) es una especie endémica que habita la plataforma continental de la Península de Yucatán. Habita en los fondos de aguas someras hasta profundidades de 27 m, en praderas de pastos marinos de *Thalassia testudinum*, ocupando conchas vacías de moluscos gasterópodos y cuevas existentes en la loza cárstica del fondo, o entre las manchas de cobertura coralina (Avila-Poveda *et al.* 2016). Estos organismos tienen un periodo de vida de 18 meses y desovan entre noviembre y diciembre (Arreguin-Sanchez *et al.* 2000; Salas *et al.* 2006; Avila-Poveda *et al.* 2016; Angeles-Gonzalez *et al.* 2017).

### *Octopus vulgaris*

El pulpo patón (Figura 2b) se distribuye en todo el Golfo de México, desde la costa hasta los 400 m de profundidad. Sus mayores niveles de abundancia se encuentran por debajo de los 100 m disminuyendo a medida que aumenta la profundidad. Habita fondos rocosos, pero también se le encuentra en fondos arenosos y en camas de pastos marinos. Prefieren vivir en conchas de moluscos, grietas u otros artefactos que puedan servir de refugio según su tamaño (Avila-Poveda *et al.* 2016). El periodo de vida que tienen estos organismos es de dos años y desovan a lo largo de todo el año aunque se tiene registrado un pico reproductivo de noviembre a diciembre (Boyle 1980; Angeles-Gonzalez *et al.* 2017).

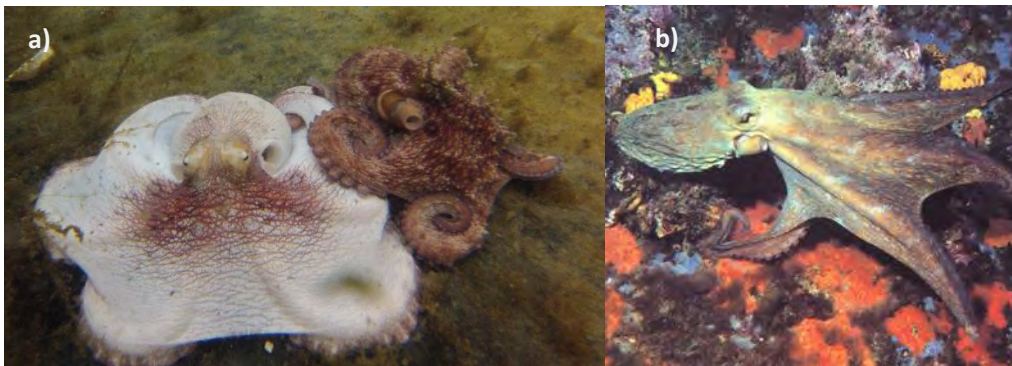


FIGURA 2. DEL LADO IZQUIERDO O. MAYA Y DE LADO DERECHO O. VULGARIS. (IMÁGENES DEL DR. CARLOS ROSAS, PROGRAMA PULPO, UMDI SISAL)

### Cronología de la actividad pesquera en Yucatán

A nivel internacional, en la década de los 1950s comenzó un alto desarrollo tecnológico en las pesquerías que permitió el aumento de las capturas. Para el caso de México, esta actividad empezó a ser impulsada durante la década de los 1970s. En esta década, las primeras investigaciones fueron realizadas por el entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico–Pesqueras (actualmente INAPESCA). Este instituto se fundó con el objetivo de estudiar y dar a conocer los asuntos concernientes con la biología marina pesquera en el país, logrando la formación de estrategias con las que impulsó la actividad pesquera (Rodríguez de la Cruz, *et al.*, 2014).

En esa época, la costa yucateca comenzaba a presentar flujos migratorios de personal que trabajaba en el sector henequenero, el cual se encontraba en decadencia. Esta población comenzó a formar parte de la actividad pesquera, como una alternativa para tener ingresos, llegando a representar hasta un 70% de la población dedicada a la pesca y distribuyéndose en los puertos de Celestún, Sisal, Progreso, San Felipe y Río Lagartos (Fraga 2004).

En consecuencia, la actividad pesquera comenzó a intensificarse en Yucatán, aumentando la extracción de los recursos pesqueros. De igual manera, se fue desarrollando la tecnificación de las actividades y comenzaron a cambiar los artes de pesca fabricados con derivados del henequén y de la palma, por redes de nylon, plásticos sintéticos, compresores, aletas y visores; los barcos impulsados por velas cambiaron a motores fuera de borda (Fraga 2004; Salas *et al.* 2006).

Las transformaciones que sufrió la actividad pesquera, promovieron que el pescador se agrupara y se adaptara a su entorno (Fraga 2004). Después de la década de 1970s debido a la política federal denominada “La Marcha al Mar” aparecen las cooperativas y sociedades pesqueras, que promueven la organización de la actividad accediendo a concesiones otorgadas por el gobierno para la explotación de recursos pesqueros sobre especies económicamente importantes (Salas *et al.* 2006; Silva 2014). Aunado a lo anterior, los pescadores cuentan con un conjunto tecnológico (GPS, ecosonda) que les permite operar con mayor facilidad, contribuyendo a mejorar su capacidad para capturar los recursos pesqueros (Fraga 2004).

Otro elemento que ha contribuido al incremento de la presión pesquera sobre los recursos pesqueros fue el uso de mejores técnicas de refrigeración. Lo anterior, permitió almacenar y transportar los productos pesqueros durante más tiempo sin descomponerse, haciendo surgir una red de comercialización más eficiente y de mayor alcance entre los puertos y los mercados regionales e internacionales (Fraga 2004). La certificación de varias plantas para procesos de exportación mejoró las opciones de comercialización (Pedroza & Salas 2011).

La captura del pulpo rojo (*O. maya*) se había desarrollado principalmente por embarcaciones de la flota artesanal. Sin embargo, en 1982 se comenzó a capturar *O. vulgaris* (pulpo común) que vive en zonas más profundas que el *O. maya*. La captura de pulpo se ha mantenido estable de 1980 a 1988 con capturas de 5,000 a 8,000 t, con un ligero aumento en 1989 de 10,801 t (Salas *et al.* 2006). Algunos eventos económicos han propiciado el incremento en las capturas de pulpo, por ejemplo, durante el año de 1996 los mercados en Marruecos sufrieron complicaciones en la pesquería de pulpo que se desarrolla en el mar Mediterráneo, lo que generó una oportunidad para que el mercado yucateco pudiera ingresar al mercado europeo incrementando las capturas en México casi al doble (Salas & Brulé 2008).

Esta serie de eventos durante las décadas de 1980s y 1990s contribuyeron a un crecimiento de la actividad pesquera ya que se duplicó el esfuerzo pesquero tanto en embarcaciones como en recursos humanos (Salas *et al.* 2006). Esto trajo consigo mayor presión sobre algunas especies de

escama, así como sobre el camarón rosado (Aguilar-Perera *et al.* 2009; Arreguín-Sánchez & Arcos-Huitrón 2011). La alta demanda de productos del mar aunado a la alta dependencia de los recursos pesqueros por las comunidades costeras ha resultado en la intensificación de la pesca en la región. Además, la falta de suficiente información, sobre la actividad pesquera ha dificultado el manejo de dicha actividad.

Como respuesta al desarrollo acelerado de la pesca, surge la necesidad de implementar estrategias que permitieran la conservación de especies marinas (Rodríguez de la Cruz, *et al.*, 2014). A partir del año 2001 a la fecha inicio una etapa conocida como “Descentralización con enfoque productivo, sustentable y social” durante la cual se buscó atender los problemas relacionados al estancamiento de la productividad pesquera y acuícola, buscando resolver problemas de sustentabilidad de los recursos pesqueros con el fin de mejorar los ingresos de los pescadores y acuicultores (SAGARPA 2017).

### Flota pesquera

En Dzilam de Bravo, sitio de estudio, se han observado diferentes características en las embarcaciones que operan en el área, ya que muchos de los permisionario y socios de cooperativa han realizado modificaciones específicas en éstas (motores diésel y a gasolina, distinta potencia del motor, diferencia en eslora y manga, número de tripulantes, profundidad donde operan, duración del viaje) (Coronado Castro *et al.* 2013). Oficialmente en Yucatán operan la flota semi-industrial y la artesanal, sin embargo dentro de la flota artesanal se han identificado diferencias de las características de las embarcaciones principalmente por la capacidad de almacenamiento y la autonomía de sus viajes de pesca, algunos autores han clasificado a estos dos grupos de embarcaciones cataloguen como flota mediana y menor, de producto (Coronado Castro *et al.* 2013; FAO 2015a). La flota mediana puede permanecer hasta seis días fuera de puerto y almacenar hasta dos toneladas a diferencia de las embarcaciones de la flota menor que suelen realizar viajes de un solo día y almacenan sólo media tonelada.

### Flota menor

La embarcación menor (Figura 4c) tiene un tamaño de eslora de 7 m a 8.2 m de largo, la mayoría cuentan con motores a gasolina fuera de borda de 60 hp, algunos cuentan con motores ecológicos (sin uso de aceite) y otros con uso de aceite. Opcionalmente cada capitán puede elegir transportar hasta dos alijos, los viajes comienzan por la mañana y regresan a puerto por la tarde (SAGARPA 2014).

## Flota Mediana

Estas embarcaciones llegan a medir de eslora desde 7.6 m a 12 m (Figura 3a y 3b) por lo regular sus motores son a Diésel, aunque también existen aquellos que operan con gasolina y la potencia de estos va de 20 hp a 70 hp. El capitán puede llegar a transportar de uno a seis alijos en las embarcaciones, estas embarcaciones llegan a tener mayor autonomía por lo que pueden hacer viajes de ida y vuelta o durar hasta seis días en altamar (SAGARPA 2014).



FIGURA 3. EJEMPLOS DE LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTINTAS EMBARCACIONES PRESENTES EN DZILAM DE BRAVO: A) FLOTA MEDIANA, B) FLOTA MEDIANA CON ALIJOS, C) FLOTA MENOR Y D) ALIJOS. FOTOS: RODRIGO L.

## Método de Pesca de pulpo

El arte de pesca autorizado para la pesca de pulpo en la península de Yucatán es la jimba a través del método de gareteo (Figura 4). Este método consiste en dejar la embarcación a la deriva arrastrando líneas de multi-filamento o cordeles que sujetan la carnada (jaiba -*Callinectes sapidus*, cangrejo moro -*Menippe mercenaria*, maxquil -*Libinia dubia*, o'kol -*Ucides cordatus* y cabezas de langosta-*Panulirus argus*), la cual es arrastrada por el fondo marino.

En cada embarcación se colocan 2 jimbos (varas de bambú de 10 m de largo) ubicadas en los costados de proa y popa, esto con el fin de ampliar la extensión de las embarcaciones. A lo largo

de las jimbos se colocan los tirantes (cordeles de multifilamento) con los cuales se distribuyen las líneas con carnada, el número de tirantes varía según las preferencias y capacidades del pescador. Las embarcaciones pueden ir solas o fungir como nodrizas transportando alijos (embarcaciones de 3 m de eslora no motorizadas) en los que también suelen instalarse jimbos de menor tamaño (6 m). El número de líneas, jimbos y alijos se diferencia en cada viaje debido a las capacidades de cada embarcación y a la elección del capitán.

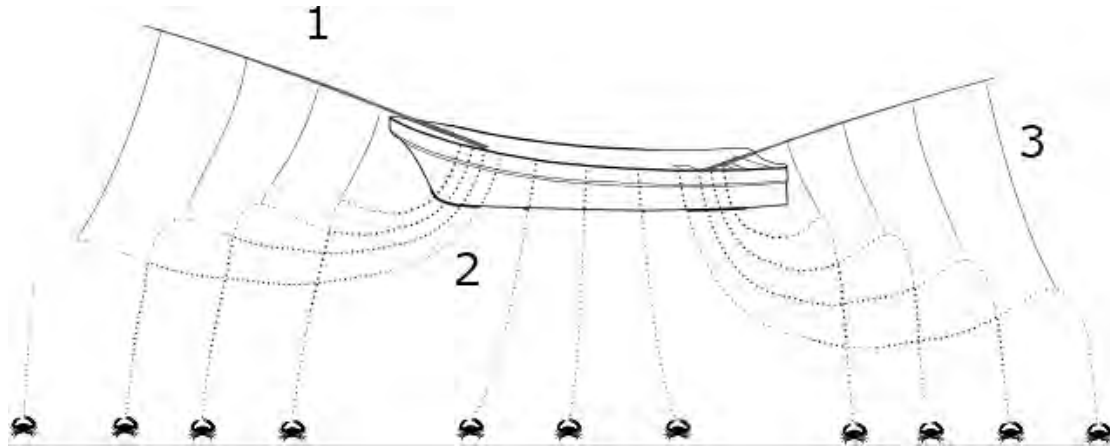


FIGURA 4. DESPLIEGUE DE LAS JIMBAS PARA DISTRIBUIR LAS CARNADAS A LO LARGO DE LA EMBARCACIÓN 1) JIMBAS; 2) LÍNEA CON CARNADA; 3) TIRANTE.  
FIGURA: CREACIÓN RODRIGO L.

Durante la operación de pesca, el pescador despliega una lona colgada con dos lastres por la borda (contragarete) con el objetivo de modular la velocidad con la cual es arrastrada la embarcación para mantener una velocidad de una milla por hora (Figura 5). Si la velocidad es mayor a dos millas por hora se lanzan un lastre extra para disminuir la velocidad, si no es reducida entonces el método no servirá para pescar. Si la velocidad es bien modulada, el pescador calibra el largo de cada línea. Dependiendo de la profundidad a la que se encuentra. Al final de la línea se coloca la carnada con la plomada para permitir que la carnada se arrastre por el fondo marino simulando un desplazamiento natural que pueda captar la atención del pulpo.

Este método de pesca al ser exclusivo para la captura de pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) así como por sus características, lo hace altamente selectivo, reduciendo la pesca incidental de otras especies. Así mismo se considera que las hembras que se encuentran incubando huevos, no se alimentan ni salen de sus refugios y, por lo tanto, no son capturadas (Blancas-García *et al.* 2011).

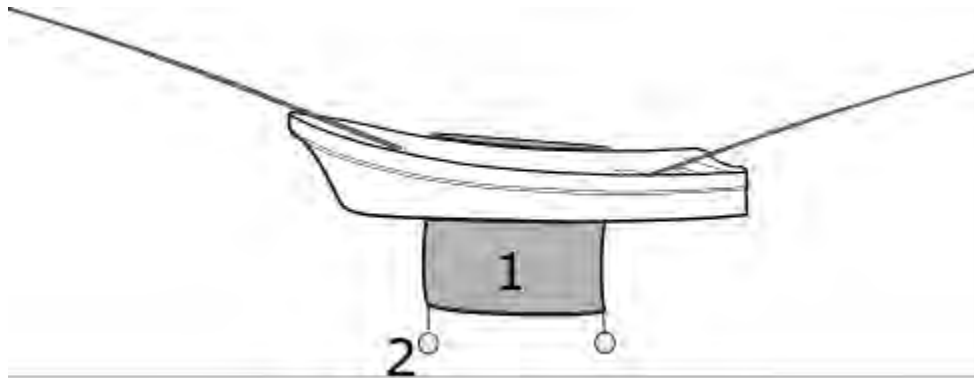


FIGURA 5. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTRA GARETE 1) LONA DE 3x3; 2) LASTRES. FIGURA: CREACIÓN RODRIGO L.

### Normativa

Esta pesquería se encuentra regulada a través de la NOM-008-PESC-1993 (DOF 21/12/93) que establece una talla mínima de captura de 110 mm de longitud de manto para ambas especies en la Península de Yucatán. Asimismo, se prohíbe el empleo de ganchos, figas y arpones.

De acuerdo a la NOM-009-PESC-1993 (DOF 04/03/94) el Instituto Nacional de Pesca proporcionará los resultados de las investigaciones biológicas pesqueras que se realicen, para el establecimiento del periodo de veda, que para el pulpo en la Península de Yucatán abarca de diciembre a julio de cada año, excepto en años que se modifica por razones de orden técnico e interés público. Para *O. maya* a partir del 2001 se asigna cuota de captura, de acuerdo a una evaluación anual de la abundancia realizado por el INAPESCA. La cuota ha variado entre 10,200 t y 13,000 t en la última década (SAGARPA 2014).



## Marco Teórico

### Visión holística de la pesca.

Si se observa a las pesquerías en su composición más esencial, éstas se encuentran constituidas por organismos acuáticos habitando los ecosistemas marinos y los pescadores que capturan estos recursos. En esta interacción, las restricciones y regulaciones en la actividad han tenido por objetivo controlar el esfuerzo de pesca y difícilmente a los organismos y su hábitat (Hilborn & Walters 1992; Branch *et al.* 2006). Para ello se requiere de la dinámica de poblaciones, a fin de poder conocer el estado del recurso y establecer regulaciones de pesca. Sin embargo, estas evaluaciones asumen que el esfuerzo de pesca se mantiene constante (Rothschild 1972). A medida que se desarrollan las pesquerías, los pescadores suelen responder ante las limitantes impuestas de diversas formas, como modificar sus artes de pesca, operar en diferentes áreas o pueden cambiar entre distintos grupos de la población (Hilborn & Walters 1992), utilizando tecnologías como el sonar o GPS para identificar zonas de pesca más precisas (Gaertner *et al.* 1999; Pelletier & Ferraris 2000; Salas & Gaertner 2004; Branch *et al.* 2006; Torres-irineo *et al.* 2014; Saldaña *et al.* 2016).

Actualmente se sabe que la mayoría de las pesquerías se encuentran sobreexplotadas o plenamente explotadas (~90% de las pesquerías), esto muestra que el manejo de esta actividad debe adoptar un enfoque integral (FAO 2015a; FAO 2016). Tradicionalmente se ha ocupado un enfoque de manejo uniespecífico, donde se evalúa la biología de la especie objetivo a fin de maximizar la producción del recurso (Browman *et al.* 2004). Es importante elaborar más estudios sobre las múltiples afectaciones humanas que deterioran el hábitat, la calidad ambiental, la red trófica, así como del área bio-económica y social de la pesca, donde se analice el impacto que genera el componente humano, esencial para la sostenibilidad, Es decir, bajo un enfoque ecosistémico (Browman *et al.* 2004; Salas *et al.* 2007; Hilborn 2007; Cochrane & Garcia 2009; Salas *et al.* 2011; FAO 2013).

El enfoque ecosistémico tiene como objetivo abordar las pesquerías como un sistema complejo, donde se analice el ecosistema y se gestione un funcionamiento óptimo de todos sus componentes , incluyendo al humano (Garcia & Cochrane 2005)De acuerdo con Charles (2001), el enfoque ecosistémico reconoce que los peces están dentro de un ambiente biofísico donde interactúan con otras especies, pero también se tiene en cuenta que los pescadores pertenecen a una comunidad y responden a un ambiente socioeconómico, donde enfrentan dificultades impuestas por el medio natural y las dinámicas inmersas en la pesca que cambian a medida que esta se desarrolla (Garcia *et al.* 2015).

Bajo el enfoque ecosistémico, se han realizado estudios que abordan la dinámica de la flota desde diversas áreas del conocimiento como la economía, ecología, sociología, antropología y las matemáticas (Branch *et al.* 2006; Hilborn 2007). El estudio de la dinámica de la flota, entre otras cosas, permite identificar qué características de las implementaciones tecnológicas y modificaciones en las artes de pesca contribuyen a la eficiencia de las embarcaciones (Hilborn & Walters 1992). Aunado a lo anterior, el entendimiento de las operaciones de las flotas pesqueras permite conocer el qué, dónde, cómo y cuándo pescar así como las respuestas adaptativas de los pescadores ante la aplicación de regulaciones (Hilborn & Walters 1992; Branch *et al.* 2006).

En el desarrollo de una pesquería los pescadores suelen efectuar inversiones en sus embarcaciones y adaptaciones en sus artes de pesca con la finalidad de facilitar sus operaciones de pesca. El hecho de que los recursos pesqueros sean de acceso abierto contribuye a la “carrera por el recurso” (Branch *et al.* 2006), donde cada pescador enfrentará y resolverá retos para obtener la mayor cantidad de organismos posible antes de que el tamaño del stock disminuya al grado que vuelva incosteable su captura, dejando al stock sobreexplotado y a la flota pesquera sobrecapitalizada (Hilborn & Walters 1992). Para enfrentar este problema las instituciones encargadas del manejo de las pesquerías suelen incrementar el grado de restricción de sus regulaciones (vedas más largas, disminución en el volumen de capturas, limitaciones sobre el número de embarcaciones), las cuales buscan controlar el esfuerzo pesquero. En consecuencia se producen distintas respuestas por parte del pescador, generando una mayor competencia por el recurso y un aumento en la inversión (tecnológica y/o embarcaciones) por parte de la flota pesquera (Branch *et al.* 2006; Salas & Gaertner 2004).

Estudios dirigidos a entender la dinámica de la flota y del pescador han cobrado más relevancia en la última década. Por ejemplo, Torres-Irribe *et al.* (2011) evaluaron en distintos periodos de tiempo el establecimiento de dos áreas protegidas para garantizar la protección de juveniles del atún ojudo (*Thunnus obesus*) sujeto a extracción por parte de flotas europeas en el Océano Atlántico utilizando indicadores de la dinámica de la flota. El área propuesta por armadores europeos cumplió con el objetivo de proteger a los juveniles y los pescadores disminuyeron sus operaciones de pesca al interior de la zona. Sin embargo, cuando la medida se amplió a otras flotas falló, debido a que no todas respetaron la restricción, teniendo como resultado la falta de cumplimiento por parte de las flotas europeas, por lo tanto, la medida propició el incremento en la captura de los bancos de atún asociados a objetos flotantes y de juveniles en lugar de disminuirla. Por su parte Branch *et al.* (2006) ejemplifican varios casos donde el pescador reacciona de distintas formas ante la implementación de varias regulaciones, como al restringir el número de embarcaciones y el arte de pesca, los pescadores suelen realizar mayores

inversiones con la finalidad de incrementar el tamaño de la embarcación o mejorar la potencia del motor para poder capturar más organismos con una embarcación en menos tiempo (carrera por el recurso). Aunque no siempre sea efectivo, esto puede generar sobre-capitalización de la flota que junto con el alcance del máximo rendimiento sostenible del stock, se llevaría hacia la sobreexplotación de dicha pesquería. En un estudio realizado en la costa norte de Yucatán por Saldaña *et al.* (2016), evaluaron las respuestas adaptativas por la flota artesanal en dos décadas y observaron que los pescadores incrementaron tanto la distancia a sus áreas de pesca como el tiempo de sus viajes de pesca entre periodos de tiempo.

En estos ejemplos observamos que tanto individuos como flotas pesqueras actúan de forma racional para maximizar su bienestar individual, diseñando las tácticas y estrategias para enfrentar los retos e incertidumbres que les son impuestos por el ambiente y las regulaciones (Gaertner *et al.* 1999; Salas & Gaertner 2004; Saldaña *et al.* 2016). Las tácticas son respuestas de corto plazo, mientras las estrategias requieren de una planeación para ejecutarlas en un momento y tiempo determinado (Gaertner *et al.* 1999). Una manera de evaluar las tácticas es identificando los factores que determinan la respuesta del pescador de forma individual y/o que están involucrados en las operaciones de pesca y qué determinan la captura de una especie (Gaertner *et al.* 1999).

### Función de producción

Para analizar los factores que intervienen en las operaciones de pesca podemos basarnos en la teoría económica. En dicha teoría se establece que el trabajo es el factor dominante de la producción y para ello se analiza la función de producción que explica cómo se distribuyen los recursos limitados con los que se cuenta para obtener el máximo provecho a su producción a corto y largo plazo, optimizando los factores de producción (recursos naturales, trabajo, capital y organización) (Samuelson & Nordhaus 1992). Para evaluar los factores de producción de una embarcación Hilborn & Walters (1992) proponen el uso de Modelos Lineales Generalizados (GLM por sus siglas en inglés) como una alternativa para ir más allá en la clasificación de una embarcación, analizándola a través de las características particulares en cuanto a su capacidad, equipo tecnológico, artes de pesca, etc.

### Modelación

En la naturaleza existe un sinnúmero de fenómenos que tienen un comportamiento no-lineal. En este sentido la modelación busca explicar el funcionamiento de un fenómeno determinado a través de la descripción de un rango de variables que aportan estímulos para explicar en parte o en su totalidad el suceso (Venables & Dichmont 2004). En el análisis de pesquerías frecuentemente se

utilizan técnicas de regresión lineal múltiple, que asumen términos del error distribuidos normalmente y observaciones independientes que para el análisis de las pesquerías resultan restrictivos debido a su naturaleza no-lineal (Maunder & Punt 2004). En la modelación de pesquerías se utilizan métodos estadísticos que permiten resolver estas limitaciones a través de la implementación de GLM.

La elaboración de un GLM consiste en tres pasos: 1) identificar el tipo de distribución probabilística de la variable de respuesta, 2) especificar un componente sistemático de variables explicativas y 3) una función vínculo que relacione la media de la variable de respuesta y la parte sistemática (Zuur *et al.* 2009). Las posibles distribuciones probabilísticas que se pueden utilizar pertenecen a la familia exponencial y son: normal, Poisson, binomial negativa, geométrica, gamma, Bernoulli, binomial (Zuur *et al.* 2009). La elección de la distribución dependerá de la naturaleza de los datos que se pretende analizar.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se ha considerado como una variable de respuesta más adecuada para desarrollar evaluaciones del stock, sin embargo la CPUE puede ser influenciada por otros factores como ambientales, métodos de pesca, equipamiento, comportamiento del pescador, regulaciones y factores económicos (Maunder & Punt 2004; Maunder & Langley 2004), por lo que en este trabajo se busca identificar a las variables explicativas de las características físicas de los barcos, su equipo de pesca y costos de viaje entre otros (Gaertner *et al.* 1999). Para efectos del análisis, la función se describe como sigue:

$$CPUE = \sum x_j \beta_j + \varepsilon = \eta + \varepsilon, \quad \text{donde } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

La variación asociada a la CPUE es descrita por un conjunto variables explicativas (componente sistemático), denominado predictor lineal:  $\eta = \sum_{j=1}^p x_j \beta_j$ , donde para cada  $x_j$  representa funciones conocidas de las variables explicativas, las  $\beta_j$  son el valor de la pendiente de cada variable explicativa (coeficientes de regresión) y los  $\varepsilon_j$  expresan los errores del modelo o todo aquello que no es explicado por el mismo (W. N. Venables & Dichmont 2004; Torres-irineo *et al.* 2009).

Aunque la función vínculo es en algún sentido similar a transformar una variable, sólo establece una conexión matemática entre parámetros. La transformación generalmente es utilizada para estabilizar la varianza (Venables & Dichmont 2004; Torres-irineo *et al.* 2009).

De acuerdo a lo reportado en Mahévas *et al.* 2004 y en Torres-irineo *et al.* 2009 la distribución Gamma junto con la función vínculo logaritmo, es una opción adecuada para el análisis de la CPUE, ya que es continua y con valores únicamente positivos (Zuur *et al.* 2009).

### Selección de variables

La construcción del modelo es importante para determinar qué atributos de una embarcación contribuyen o influyen en las capturas (Hilborn & Walters 1992). Por lo tanto, este modelo debe contener las suficientes variables para brindar una estimación robusta y no quedar sub-parametrizado, pero no tantas variables que sobre-parametricen el modelo y de esta manera no pueda cumplir con los principios de parsimonia (Gaertner *et al.* 1999).

El proceso de selección de variables para el óptimo ajuste del modelo comienza con un análisis descriptivo de los datos, donde se evalúa si existe correlación entre las variables. Enseguida se puede seleccionar el número de variables adecuadas utilizando un modelo simple al que se agregan variables significativas (selección directa) o, por el contrario, a partir de un modelo completamente parametrizado donde se excluyen los factores no significativos (eliminación hacia atrás) (Gaertner *et al.* 1999). Esta estrategia para la selección de variables presenta algunas desventajas tales como: a) el costo en el tiempo de cálculo para los coeficientes de todas las variables (estén incluidas o no en el modelo), b) ambos enfoques no convergen necesariamente al mismo modelo final (Lebreton *et al.* 1992). Debido a estas complicaciones, se sugiere el uso del criterio de información de Akaike (AIC por sus siglas en inglés; Akaike 1981) para reducir la construcción de modelos en contextos a un problema de optimización unidimensional que enfatiza la parsimonia:  $AIC = -2(\log\text{-verosimilitud}) + 2K$ , donde K es el número de parámetros del modelo (Gaertner *et al.* 1999). El modelo con el AIC más pequeño se define como el modelo más parsimonioso.

### Validación de los supuestos

Una vez seleccionado el modelo más parsimonioso se evalúa que éste cumpla con los supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia. Para poder evaluar que dichos supuestos se cumplen es necesario hacer una evaluación sobre los valores residuales del modelo  $\varepsilon$ , (Venables & Ripley 2002); se realizan gráficas de los valores ajustados contra los residuales del modelo donde se evalúa los criterios de homogeneidad de varianzas; a su vez, la normalidad se verifica visualmente con el uso de gráficas q-q donde se evalúa si los residuales se distribuyen a lo largo de una línea 1:1; una gráfica de puntos donde se evalúa la bondad de ajuste y que no existan patrones para comprobar la homogeneidad de varianzas (Zuur *et al.* 2009).

## Justificación

El estudio de la dinámica de la flota ha sido poco considerado en el manejo de las pesquerías, sin embargo la información derivada de dichos estudios es complementaria para una mejor regulación del sector (Branch *et al.* 2006; Fulton *et al.* 2011). En este contexto, las pesquerías que se desarrollan en Yucatán, donde diversas flotas inciden en distintos recursos, resulta necesario analizar cómo diversos factores asociados a las operaciones de pesca afectan las capturas de pulpo por tipo de flota. Este estudio contribuirá al entendimiento de la dinámica de las flotas operando en el estado de Yucatán.

## Hipótesis

Las variables que determinen las tasas de captura de pulpo serán diferentes entre la flota menor y la flota mediana, de acuerdo a la dinámica de las operaciones de pesca de cada flota.

## Objetivo general

Comparar las operaciones de pesca de las flotas mediana y menor en el puerto de Dzilam de Bravo, Yucatán, identificando aquellas variables que estén relacionadas con sus capturas por unidad de esfuerzo, para así comparar patrones de pesca que permitan comprender la dinámica de las flotas, aportando información relevante sobre el caso específico de la pesquería de pulpo.

## Objetivos particulares

Encontrar la combinación de variables que mejor expliquen las tasas de captura de las flotas mediana y menor en Dzilam de Bravo, Yucatán.

Caracterizar las operaciones de pesca de las flotas mediana y menor en Dzilam de Bravo, Yucatán, con base en las variables de influencia seleccionadas por los modelos.

Describir los ingresos derivados de las capturas de pulpo por flota

## Metodología

### Fuentes de información

Los datos fueron proporcionados por el Laboratorio de Pesquerías, del Cinvestav-IPN Unidad Mérida. El grupo de trabajo de ese laboratorio obtuvo la información mediante un muestreo realizado en el puerto de Dzilam de Bravo. Se realizaron entre los años del 2007 al 2010, durante los meses de la temporada de pesca del pulpo (agosto a diciembre), 239 entrevistas a los capitanes de embarcaciones de la flota mediana y de la flota menor al momento de la descarga en el puerto, fueron 155 a la flota menor y 84 a la flota mediana. La información obtenida comprendió registros por viaje de pesca de: distancia al área de pesca (km); edad y experiencia del capitán (años); tiempo de duración del viaje de pesca (h); número de tripulantes; profundidad del área de pesca (m); eslora de la embarcación (pies); potencia del motor (hp); número de alijos; número de jimbos; número de líneas; costos de avituallamiento (\$) (alimentos, carnada, combustible, aceite), volumen de la captura (kg); valor de la captura a precio de playa (\$). A partir de la captura y el tiempo de duración del viaje se obtuvo la CPUE (kg/h) para cada viaje de pesca como se muestra en la función 2.

$$CPUE = \frac{kg}{h} \quad (2)$$

### Construcción del modelo

Se realizó una función de producción para cada flota a través de la implementación de GLM. En la selección de las variables, para la construcción del componente sistemático, primero se separaron las entrevistas entre flota menor y mediana. Después se realizó un análisis de correlación entre las variables, con lo que se identificaron aquellas variables que presentaban mayor correlación (número de jimbos, número de alijos y número de tripulantes). Para evitar un efecto de multicolinealidad en el ajuste de los modelos se optó por construir un modelo para cada una de las variables correlacionadas junto con las demás variables tales como: mes de captura (M) correspondiente a los meses de agosto a diciembre; la profundidad de pesca (P); la distancia recorrida del puerto al sitio de pesca (D); el tiempo empleado durante su viaje de pesca (T); eslora de la embarcación (E); costos de avituallamiento (C), formando 6 modelos. Los modelos construidos se muestran en la Tabla 1 y la selección del mejor modelo fue con base al criterio de información de Akaike (AIC) siendo aquel que presentó el menor valor de AIC.

De manera complementaria, se realizaron gráficos de las variables seleccionadas por el GLM de cada flota para comprender e interpretar la importancia de cada variable respecto a la CPUE. Así

mismo se validaron para todos los modelos obtenidos los supuestos de Normalidad, heterogeneidad e independencia de los datos.

TABLA 1. AGRUPACIÓN DE VARIABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO, EN LA SELECCIÓN DE VARIABLES SE MUESTRAN LAS VARIABLES DE TIEMPO MES (M), LA PROFUNDIDAD (P), LA DISTANCIA DEL PUERTO AL SITIO DE PESCA (D), TAMAÑO DE ESLORA (E) Y COSTOS TOTALES DE AVITUALLAMIENTO (C).

Variable de respuesta	Tipo de flota	Variables explicativas correlacionadas	Variables explicativas					Modelo
			M	P	D	E	C	
CPUE	Mediana	Alijo	M	P	D	E	C	MedAli
		Tripulación	M	P	D	E	C	MedTri
		Jimbas	M	P	D	E	C	MedJim
	Menor	Alijo	M	P	D	E	C	MenAli
		Tripulación	M	P	D	E	C	MenTri
		Jimbas	M	P	D	E	C	MenJim

Para obtener estos valores, se realizó una transformación en la escala de las variables de respuesta, aplicando el antilogaritmo (exp) ya que los valores arrojados por el GLM se encuentran en la escala de la función vínculo (log). En el caso particular de la variable Mes, agosto se toma como punto de referencia para comparar a los demás meses; es decir, los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre mostraron un valor de cambio con respecto al mes de agosto.

El procesamiento de los datos y gráficos fue realizado con el software R (R Core Team 2017) apoyado por la librería MASS (Venables & Ripley 2002).

### Cuasi-renta

Para conocer las ganancias obtenidas por viaje de pesca para cada una de las flotas se estimó el valor de la cuasi-renta (CR), este se obtuvo con los ingresos totales (IT) a los que se les resto el valor de los costos variables (CV), obteniendo la ganancia neta obtenida por viaje de pesca, tal como se muestra en la fórmula 3.

$$CR = (IT - CV) \quad (3)$$

En la asignación del precio de la captura fue empleado el precio de playa, el cual es fijado por las cooperativas y empresas donde el producto es descargado, este se multiplicó por el volumen de la captura y se obtuvo el IT. Para obtener los CV se sumaron los gastos realizados por alimentación de los tripulantes, consumo de gasolina multiplicado por el costo del litro de gasolina magna o



diésel en el puerto, según fuera el caso, el consumo de aceite multiplicado por el precio en el mercado local, inversión del hielo, volumen de carnada multiplicado por el costo de la misma.

## Resultados

### Variables de influencia para cada flota

En la Tabla 2 se muestran los modelos con menor valor de AIC para la flota mediana y menor. Los valores de AIC obtenidos mostraron que se incluye la tripulación como variable explicativa se obtiene el modelo más parsimonioso. La combinación de variables explicativas para la flota menor fue:  $CPUE = \text{Tripulación} + \text{Mes} + \text{Distancia} + \text{Costo}$ , con un valor de AIC de 528.74; mientras que para la flota mediana fue:  $CPUE = \text{Tripulación} + \text{Mes} + \text{Profundidad} + \text{Tamaño} + \text{Costo}$ , con un valor de AIC de 312.17. Para el modelo que mejor evalúa a la flota menor fueron desestimadas las variables de profundidad y tamaño de la embarcación, y para la flota mediana se desestimó la variable de distancia y tamaño de la embarcación. En el Anexo I se muestran las figuras del análisis de residuales de cada modelo.

TABLA 2. VALOR DE AIC PARA CADA MODELO CONSIDERADO

Flota	Modelo	Variables seleccionadas	AIC
Menor	MenTri	$CPUE = \text{Tripulación} + \text{Mes} + \text{Distancia} + \text{Costo}$	528.74
	MenJim	$CPUE = \text{Mes} + \text{Distancia} + \text{Costo}$	528.78
	MenAli	$CPUE = \text{Alijos} + \text{Mes} + \text{Distancia} + \text{Costo}$	536.16
Mediana	MedTri	$CPUE = \text{Tripulación} + \text{Mes} + \text{Profundidad} + \text{Costo}$	312.17
	MedJim	$CPUE = \text{Jimba} + \text{Mes} + \text{Profundidad} + \text{Costo}$	312.83
	MedAli	$CPUE = \text{Alijo} + \text{Mes} + \text{Profundidad} + \text{Tamaño} + \text{Costo}$	317.11

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos del análisis de GLM, los cuales arrojaron que para la flota menor todas las variables del modelo con el menor AIC mostraron valores de significancia de  $P < 0.001$ . Mientras que para las variables explicativas de la flota mediana, el mes y el tamaño de tripulación también obtuvieron un valor de  $P < 0.001$ . Por otro lado, las variables de profundidad y costo de avituallamiento obtuvieron valores de  $P < 0.05$ . En todos los casos se observó que dichas variables fueron significativas para el análisis.

El porcentaje de explicación (Tabla 3) que ofrece el modelo para la flota menor es de 40.16 %, siendo la variable más importante la distancia que se alejan del puerto y la menos importante el número de tripulantes, mientras que el modelo realizado para la flota mediana es del 39.79 %, y la variable más importante es el mes en que se pesca y la menos importante la profundidad a la que se pesca.

TABLA 3. ANOVA CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GLM PARA LAS FLOTAS MEDIANA Y MENOR.

Flota	Variable	Grados libertad	Desviación ( <i>deviance</i> )	G.L. Residuales	Desviación Residuales	Prueba de F	Pr(>F)	% de explicación
Menor	Nulo			142	92.408			
	Mes	4	11.5807	138	80.827	8.7535	<0.0001	12.53
	Distancia	1	14.0307	137	66.797	42.4217	<0.0001	15.18
	Tripulación	1	4.7469	136	62.05	14.3521	<0.0001	5.13
	Costo de avituallamiento	1	6.7562	135	55.293	20.4274	<0.0001	7.31
Mediana	Nulo			66	44.979			
	Mes	4	7.9359	62	37.043	5.752	<0.0001	17.64
	Profundidad	1	1.398	61	35.645	4.0531	<0.05	3.1
	Tripulación	1	6.6781	60	28.967	19.3611	<0.0001	14.84
	Costo de avituallamiento	1	1.8892	59	27.078	5.4771	<0.05	4.2

En la Tabla 4 se aprecian los valores de los coeficientes obtenidos por el modelo para cada una de las flotas. Con estos valores se puede conocer la unidad de cambio en la CPUE (kg/h) para cada una de las variables. Si el valor es negativo la pendiente de la línea de tendencia en la CPUE será decreciente y si es positivo la pendiente será creciente.

TABLA 4. ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES PARA LA FLOTA MENOR Y MEDIANA POR MEDIO DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Flota	Variable	Coefficientes	Error estándar	Valor t	Pr(> t )
Menor	Intercepto	1.410769	0.182837	1.882	<0.06
	Septiembre	0.724978	0.173277	-1.856	<0.06
	Octubre	1.125988	0.184139	0.644	0.52
	Noviembre	1.051813	0.177668	0.284	0.77
	Diciembre	0.38552	0.215583	-4.421	<0.0001
	Distancia	1.011571	0.00449	2.563	<0.01
	Número de tripulantes	1.076988	0.045739	1.622	<0.10
	Costo de avituallamiento	1.000848	0.00018	4.699	<0.0001
Mediana	Intercepto	0.653701	3.19E-01	-1.332	0.18
	Septiembre	1.354061	3.30E-01	0.918	0.36
	Octubre	2.133079	1.98E-01	3.819	<0.0001
	Noviembre	2.303216	2.22E-01	3.759	<0.0001
	Diciembre	0.82758	2.65E-01	-0.713	0.47
	Profundidad	1.030662	1.40E-02	2.158	<0.05
	Numero de tripulantes	1.348604	5.69E-02	5.259	<0.0001
	Costo de avituallamiento	0.999866	5.45E-05	-2.452	<0.05

## Flota Menor

En la Figura 6 se contrastaron las variables seleccionadas (distancia, número de tripulantes, costos de avituallamiento y mes en el que se pesca) del GLM contra la CPUE, mostrando cómo cambia la variable respuesta en función de cada variable explicativa.

Por otra parte, en la Figura 7 se contrastan las variables mencionadas anteriormente entre sí, permitiendo observar las estrategias que realiza el pescador a lo largo de la temporada.

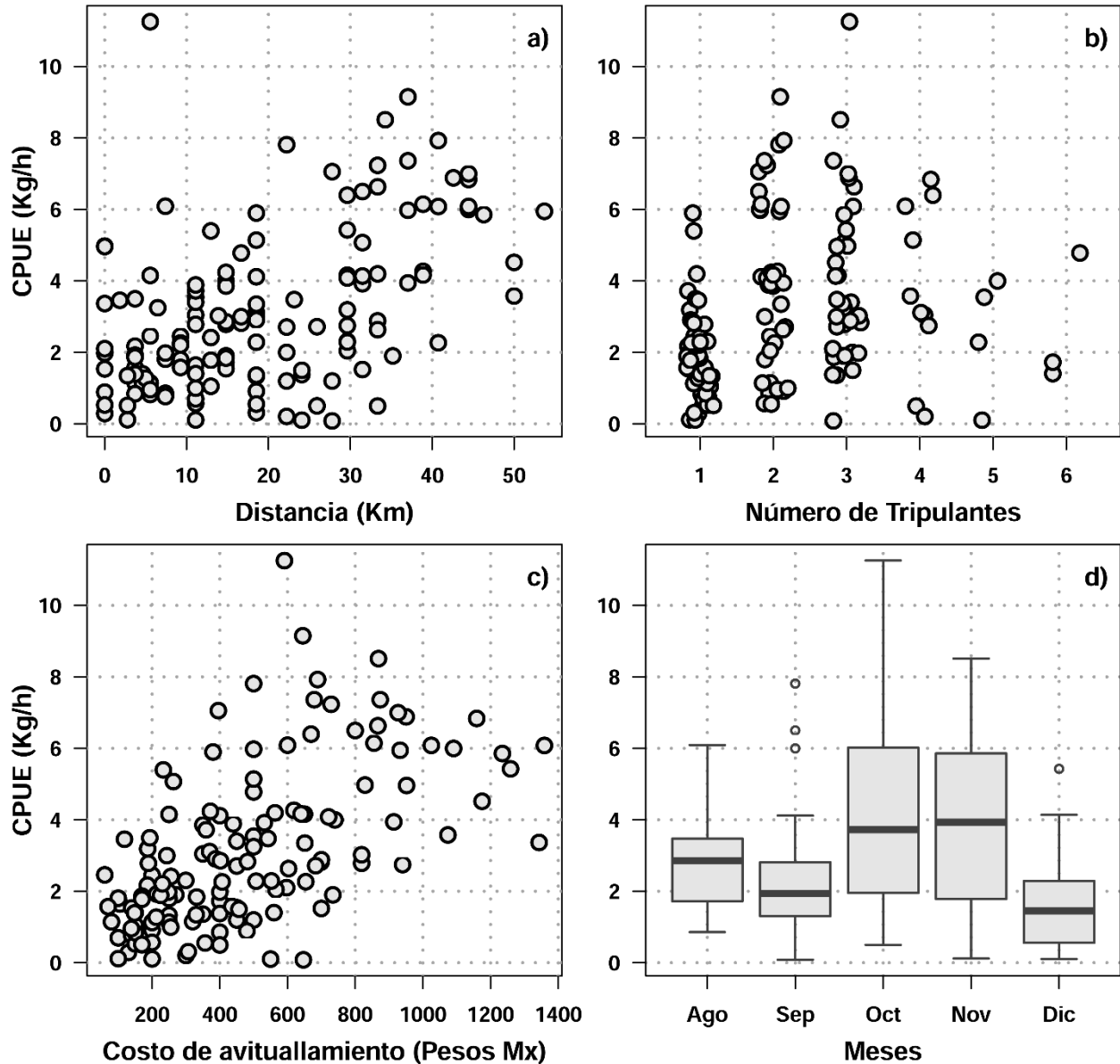


FIGURA 6. GRÁFICAS DE LAS CUATRO VARIABLES DEL MEJOR MODELO CONTRA LA CPUE PARA LA FLOTA MENOR, A) DISTANCIA, B) NÚMERO DE TRIPULANTES, C) COSTO DE AVITUALLAMIENTO Y D) MESES EN QUE SE CAPTURA.

### Distancia

La CPUE en la flota menor muestra un cambio positivo con respecto al incremento de la distancia. Por lo tanto, aquellos casos donde los viajes de la flota menor se alejaban de la costa, sus posibilidades de obtener capturas por hora empleada fueron mayores (Figura 6a, tabla 4), la CPUE incrementa en promedio 1.012 kg/h.

En la Figura 6a se aprecia que el límite de distancia registrado para la flota menor fue de ~60km. Además, se observa que las mayores capturas obtenidas para dicha flota se obtienen entre los 30 y 45 km de distancia, obteniendo una tasa de captura superior a los 6 kg/h.

En la Figura 7a se puede observar que el número de tripulantes y la distancia pueden seguir incrementando hasta cuatro tripulantes, siendo aquellas embarcaciones de 2 a 4 tripulantes las que se alejan hasta ~50 km de distancia; sin embargo, al exceder más de 5 tripulantes no se alejan más de 30 km de la costa. En la Figura 7b se observa que, al comenzar la temporada de pesca, la dispersión de los viajes se realizó entre 8 y 22 km con respecto al puerto, ampliando dicha dispersión en la distancia conforme avanzó la temporada. En este caso, al inicio de la temporada en el mes de agosto, la mediana de la distancia al puerto fue de 11.11 km. Mientras que para el fin de la temporada en diciembre la mediana de la distancia al puerto fue de 22.22 km, reportándose viajes a más de 50 km. Además, se observó que en estos tres últimos meses, se presentó mayor variación en la distancia de operación con respecto al puerto base.

En el mes de septiembre disminuyó de manera considerable la tasa de captura, lo que se vio reflejado en las ganancias obtenidas durante dicho mes; sin embargo, algunos viajes se realizaron más lejanos de la costa. Para los meses de octubre y noviembre se registraron las mejores tasas de captura.

### Costos de avituallamiento

En los costos de avituallamiento (Figura 6c, tabla 4) se observa un cambio positivo, el cual indica que, a mayor inversión en los viajes, la flota tiene más posibilidades de incrementar su CPUE en promedio 1 kg/h, y por lo general, las embarcaciones menores no gastan más de \$1,400.00.

Cuando se comparan los costos con el número de tripulantes (Figura 7c), se observa que los viajes que llevaron de dos a tres tripulantes son aquellos que más gasto realizaron y conforme incrementaron en número de tripulantes, sus costos de avituallamiento disminuyeron. Al momento de comparar la distancia con el costo de avituallamiento (Figura 7e), se observa que los

costos incrementaron al momento de que la flota se alejó de la costa. Los costos de avituallamiento se encuentran en su mayoría explicado por el consumo de gasolina.

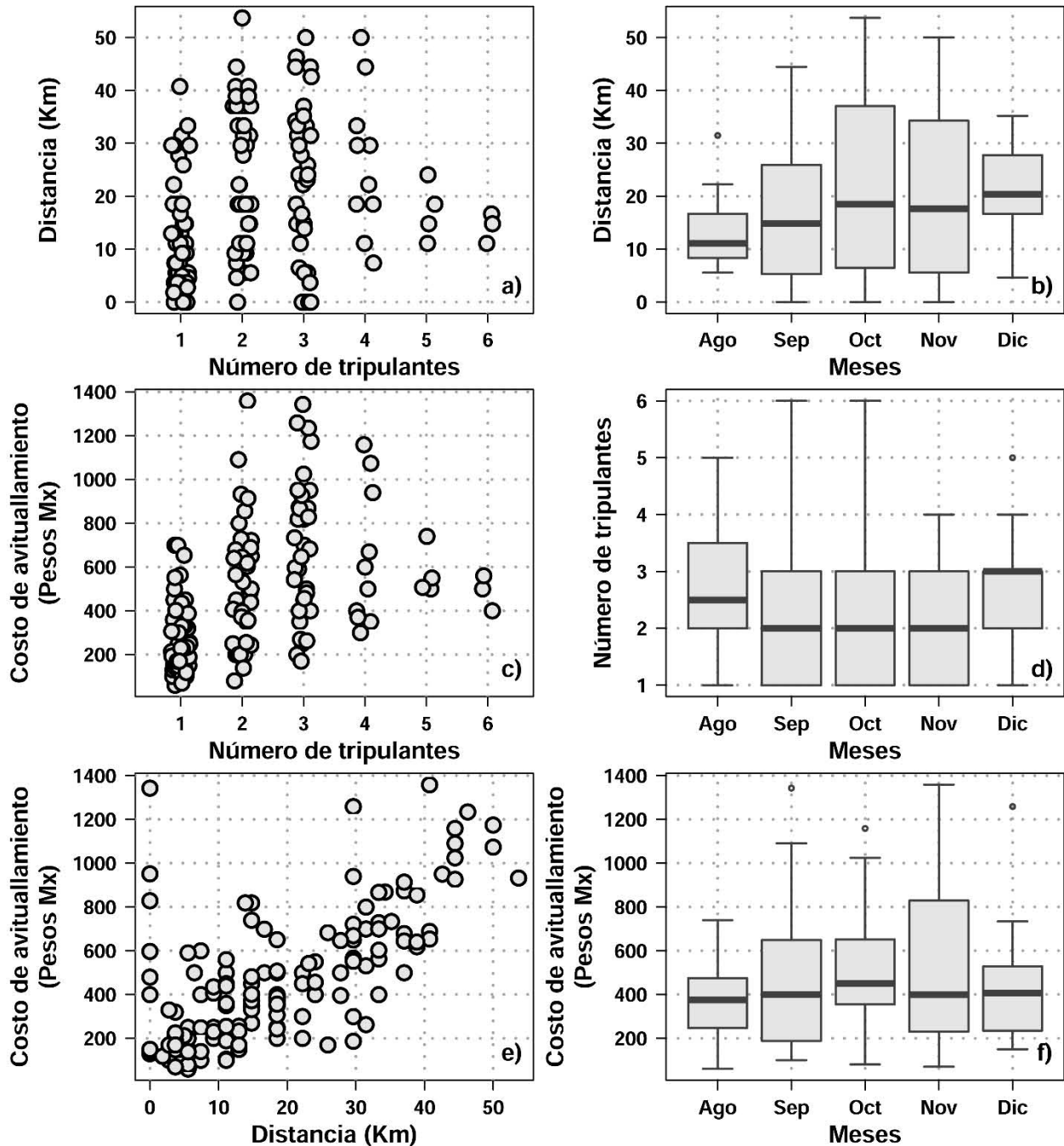


FIGURA 7. COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA FLOTA MENOR, A) COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA DISTANCIA, B) COMPARACIÓN DE LA DISTANCIA RECORRIDA CADA MES, C) COMPARACIÓN ENTRE NÚMERO DE TRIPULANTES Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO, D) COMPARACIÓN DE NÚMERO DE TRIPULANTES PARA CADA MES, E) COMPARACIÓN ENTRE LA DISTANCIA RECORRIDA Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO Y F) COSTO DE AVITUALLAMIENTO INVERTIDO DURANTE CADA MES.

### Número tripulantes

En la Figura 6b se muestra que, en comparación con la CPUE, el número de tripulantes que se emplearon durante la jornada mostró una asociación positiva con un cambio promedio de 1.077 kg/h (Tabla 4) por cada tripulante adicional.

### Mes de pesca

En la Figura 6d se aprecia que los meses muestran diferencias entre sí, ya que durante los meses de octubre y noviembre hubo mayores posibilidades de capturar pulpo, mientras que en los meses de septiembre y diciembre, la pesca de dicho organismo fue menor. Como se mencionó anteriormente, para el análisis de los meses se tomó al mes de agosto como el valor de referencia. Por lo tanto, como se observó en la Tabla 4, el mes de septiembre cambió en promedio en comparación con el mes de agosto 0.725kg/h. Así mismo, con respecto al mes de agosto, el mes de octubre incrementó 1.26 kg/h, mientras que el mes de noviembre aumentó en 1.05kg/h. No obstante, el mes de diciembre descendió a 0.38 kg/h, siendo el mes con las menores capturas de pulpo. Al momento de analizar cómo la flota distribuye sus gastos a lo largo de la temporada (Figura 7f), se observa que durante los 5 meses (agosto-diciembre) suelen gastar en promedio ~\$400.00 por viaje, aunque en el mes de noviembre dicha cantidad tuvo un leve incremento.

## Flota Mediana

Para analizar a la flota mediana, el GLM con menor AIC seleccionó las variables profundidad, número de tripulantes, costos de avituallamiento y meses en que se pesca (Figura 8). También se realizó un análisis comparativo entre las variables del modelo (Figura 9) con el objetivo de comprender el comportamiento de esta flota.

### Profundidad

Para esta variable, la dispersión de los datos fue alta (Figura 8a). A pesar de esto, el cambio en la CPUE respecto a la profundidad fue positiva, teniendo un aumento promedio de 1.03kg/h (Tabla 4). Por lo tanto, se puede esperar que, a mayor profundidad la CPUE sea más alta. Por otra parte, la profundidad no presentó ninguna relación con el número de tripulantes (Figura 9a), a diferencia de con los meses (Figura 9b). Se puede apreciar que en agosto la flota operó a una profundidad promedio de 16 m con rangos de 5 a 25 metros. Para el mes de septiembre, la dispersión de los viajes se redujo, pero la flota operó en promedio a 18 m de profundidad; mientras que para los siguientes meses la profundidad de los viajes de la flota fue disminuyendo, hasta llegar a operar en profundidades menores a 10 m durante el mes de diciembre.

### Número de tripulantes

En la Figura 8b se observa que las embarcaciones con mayor cantidad de tripulantes suelen tener mayor CPUE, donde su incremento en promedio de acuerdo al GLM fue de 1.35 kg/h (Tabla 4). En dichas embarcaciones se observó que sólo en tres viajes de pesca la tripulación estuvo compuesta por más de seis pescadores.

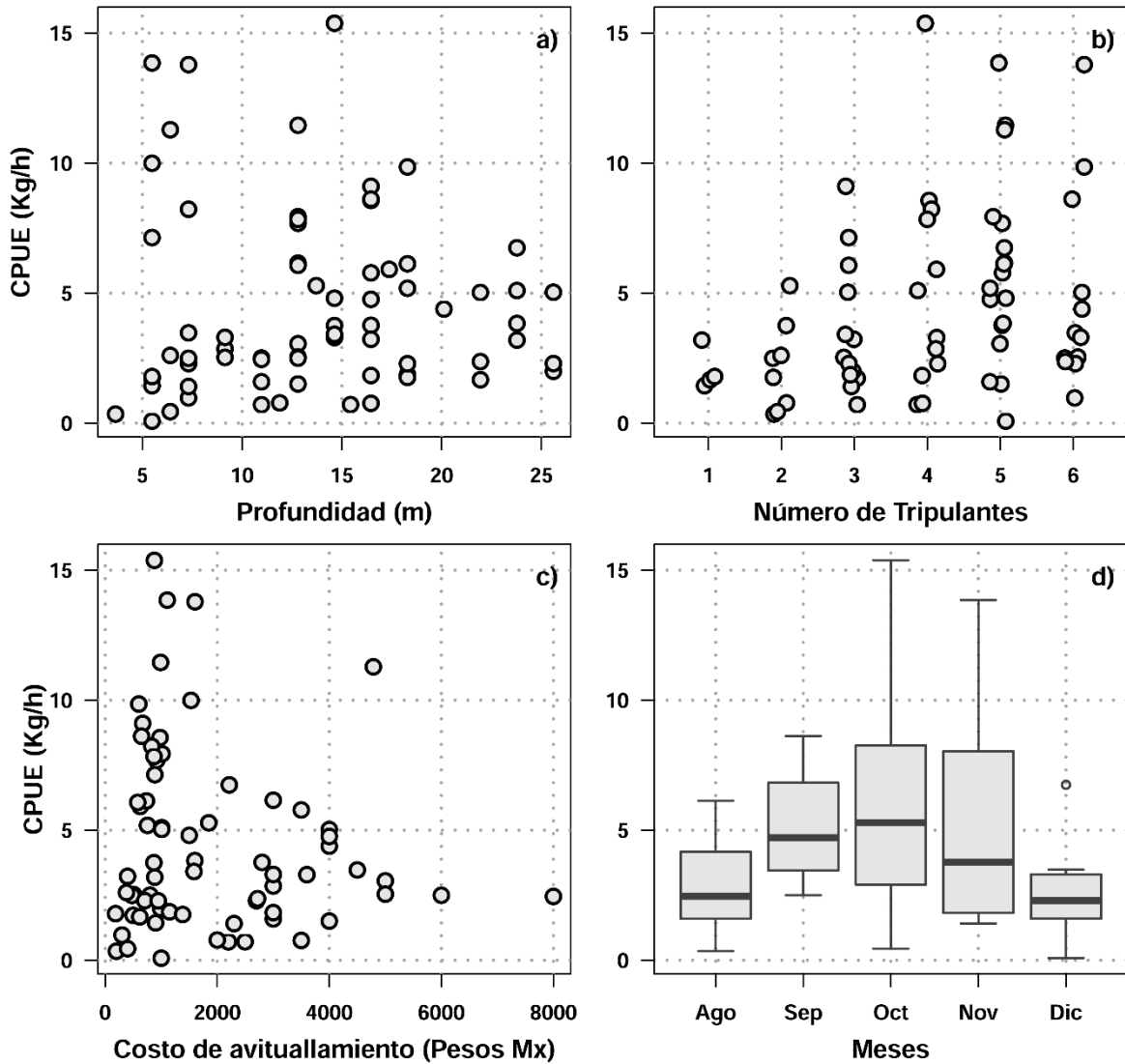


FIGURA 8. GRÁFICAS DE LAS VARIABLES QUE MEJOR EXPLICAN EL MODELO DE LA FLOTA MEDIANA CONTRA LA CPUE, A) PROFUNDIDAD DE PESCA Y CPUE, B) NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA CPUE, C) COSTO DE AVITUALLAMIENTO Y CPUE Y D) CON MESES Y CPUE.

Al comparar la cantidad de tripulantes con los costos de avituallamiento (Figura 9c), se observa que los gastos pueden incrementar a medida que el número de tripulantes también aumenta. Al



observar la Figura 9d se aprecia que entre agosto y noviembre, la tripulación estuvo compuesta alrededor de cuatro tripulantes, mientras que en diciembre la mayoría de los viajes se hicieron con cinco o seis tripulantes.

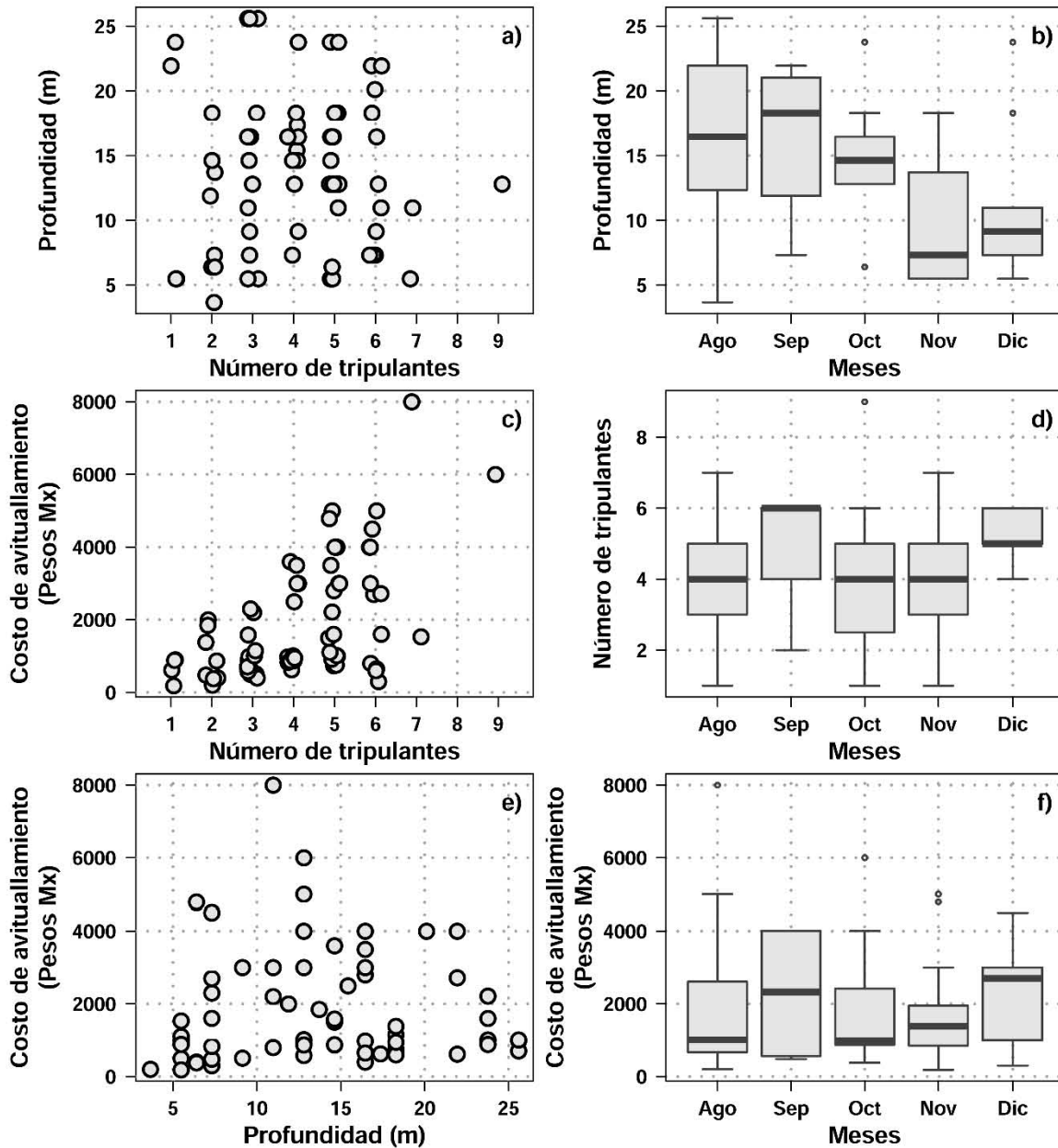


FIGURA 9. COMPARACIÓN ENTRE VARIABLES DE LA FLOTA MEDIANA, A) COMPARACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE TRIPULANTES Y LA PROFUNDIDAD, B) COMPARACIÓN DE LA PROFUNDIDAD SELECCIONADA CADA MES, C) COMPARACIÓN ENTRE NÚMERO DE TRIPULANTES Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO, D) COMPARACIÓN DE NÚMERO DE TRIPULANTES PARA CADA MES, E) COMPARACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD SELECCIONADA Y LOS COSTOS DE AVITUALLAMIENTO Y F) COSTO DE AVITUALLAMIENTO INVERTIDO DURANTE CADA MES.

Al observar la CPUE a nivel mensual se comparó el cambio en los meses septiembre-diciembre con respecto al mes de agosto (Figura 8d). Dicha grafica confirma los datos obtenidos en la Tabla 4, indicando que durante el mes de septiembre aumentó la CPUE en 1.354 kg/h, mientras que para el mes de octubre dicha capacidad volvió a aumentar a 2.133 kg/h respecto a agosto. Para el mes de noviembre, la CPUE llegó a su máximo, ahora en un 2.303kg/h además se reportaron zonas de operación donde disminuye considerablemente la profundidad de las zonas de pesca, mientras que en diciembre la mayoría de los viajes se realizaron a sitios con profundidades menores a 12 m.; sin embargo, en este mes se presentó un descenso de 0.82758 kg/h. Por otra parte, en la Figura 9f se observa que los costos de avituallamiento fueron más elevados durante el mes de septiembre y diciembre, mientras que en los meses de agosto, octubre y noviembre los costos promedio se mantuvieron muy similares.

### Valor de las cuasi-rentas

El valor mensual de la CR nos permite observar las ganancias obtenidas por cada viaje de pesca. Estos valores pueden estar influenciados por la diferencia en el precio de playa existente en la cooperativa para cada mes y año.

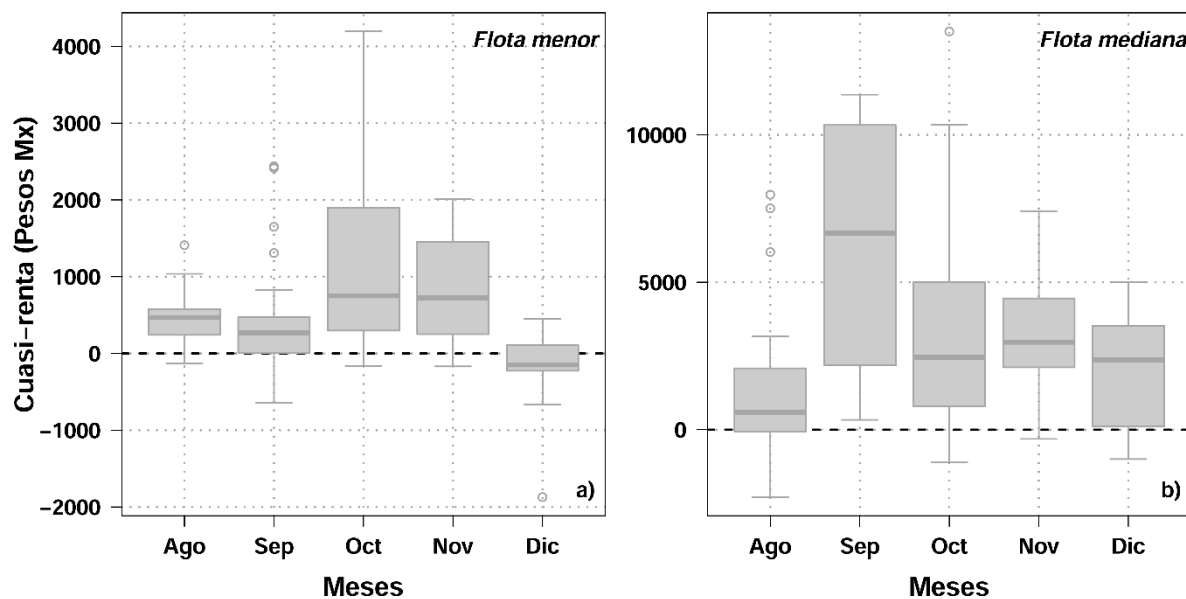


FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DE LAS CR POR VIAJE DE PESCA PARA AMBAS FLOTAS, A) FLOTA MENOR, B) FLOTA MEDIANA.

Para la flota menor (Figura 10a) podemos observar que los meses de octubre y noviembre muestran los viajes con mayores ganancias de la temporada, donde la mitad de los viajes tuvo ganancias por encima de \$800.00, mientras que el mes de diciembre fue el mes de la temporada

en el cual se reportó el menor valor de cuasi-renta, e incluso viajes donde se registraron cuasi-renta negativa.

Para la flota mediana (Figura 10b), septiembre fue el mes con mayores ingresos por viaje, en más del 50% de los viajes se obtuvieron ganancias por encima de los \$5,000.00 por viaje de pesca. En cambio, en el mes de agosto fue el menos redituable, habiendo viajes que presentaron pérdidas y las ganancias obtenidas no superaron los \$4,000.00 pesos.

## Discusión

La actividad pesquera responde a diversos incentivos como son la demanda del producto, el precio, las condiciones climáticas o meteorológicas, la competencia, etc. Estas presiones promueven respuestas adaptativas por parte del pescador, de manera que éste implementa técnicas y estrategias para emplear sus artes de pesca y equipo tecnológico que le permiten enfrentar los retos impuestos por su actividad (Hilborn & Walters 1992; Gaertner *et al.* 1999; Branch *et al.* 2006; Salas & Gaertner 2004; Saldaña *et al.* 2016). Por tal razón, el presente trabajo de investigación, caracteriza y analiza cómo las tasas de captura se ven influenciadas por las operaciones de pesca en dos flotas pesqueras cuya especie objetivo es *O. maya* de tal manera que se aporten elementos para su evaluación y manejo.

Según lo expuesto por Torres Irineo *et al.* (2009), el estudio de las funciones de producción en las pesquerías por métodos tradicionales (Regresión Lineal Múltiple -RLM-) no es del todo adecuado, ya que puede dejar de lado variables importantes en la explicación de la varianza asociada a la CPUE debido a la falta de linealidad de la variable de respuesta. Además, raras veces se cumplen con los supuestos de la RLM (normalidad, homogeneidad e independencia). Al analizar las funciones de producción a través de los GLM se puede ocupar la información obtenida con respecto a las operaciones de pesca por el pescador. Derivado de esta información se pueden identificar aquellas variables que intervienen en el proceso y que ayudan a entender la variación asociada a la CPUE. (Hilborn & Walters 1992; Maunder & Punt 2004; Torres-irineo *et al.* 2009).

### Caracterización de las dos flotas

En este estudio se pudo observar que los GLM que incorporaron el número de tripulantes como variable presentaron los valores de AIC más bajos a diferencia de los GLM que incluyeron el número de jimbos o alijos. Esto podría ser el resultado de la importancia que tiene el conocimiento y habilidades del pescador durante el desarrollo de la actividad. Tal como lo observado por Salas & Charles (2007), sugirieron que el componente humano influye en las tasas de captura debido a que modifica la eficiencia del pescador. Aunado a lo anterior, el hecho de que el número de tripulantes sea mayor, se podría esperar una mayor captura. Sin embargo, nuestros resultados sugieren la existencia de un umbral, donde una tripulación mayor a cuatro pescadores no resulta en mayores capturas (Salas *et al.* 2006; Torres-irineo *et al.* 2009; Coronado & Salas 2011). Por otro lado, el viento tiene un papel importante para que el método de gareteo, afectando el tiempo que tarda en barrer un área dada.

Este trabajo encontró dos variables que diferencian a la flota menor (la distancia) y la flota mediana (la profundidad). Estas diferencias también fueron observadas en los trabajos realizados por Torres-irineo *et al.* (2009) y Coronado & Salas (2011), donde explican que esta diferencia es producto de la autonomía de navegación que posee la flota mediana, lo cual le permite seleccionar con mayor facilidad el sitio de pesca, siendo la profundidad la que mejor explica la CPUE. En el caso de la flota menor, la poca autonomía que presentan al tener que regresar a puerto les obliga a realizar un viaje que incremente lo más posible sus probabilidades de éxito, donde la mayor limitante será la distancia.

#### Operación de la flota menor

Debido a las características de las embarcaciones menores, los resultados de este estudio sugieren que la distancia recorrida por las embarcaciones determinó en mayor parte la CPUE. Se ha reportado que actualmente los pescadores ribereños viajan mayores distancias para realizar sus operaciones de pesca respecto a la década de los 1990s (Saldaña *et al.* 2016). Si bien, durante el presente estudio no se realizó una comparación interanual, los resultados confirman de alguna manera dicho patrón, es decir, a mayor distancia se obtuvieron mayores CPUE.

Durante todos los meses se registraron viajes a distintas distancias de la costa debido a que la selección del sitio de pesca dependerá altamente de las expectativas del capitán de la embarcación y su experiencia en la pesca (Gaertner *et al.* 1999; Branch *et al.* 2006). Debido a que la pesca de pulpo es relativamente sencilla, existe una migración importante de personas de origen rural, que se emplean en esta actividad (Salas *et al.* 2006). El pescador suele elegir las zonas donde pesca y el tiempo que emplea, debido a su experiencia y sus capacidades; por lo tanto, selecciona el sitio que le ofrece mayores ganancias esperadas (Sampson 1991; Salas & Gaertner 2004; Salas & Charles 2007; Anderson & Seijo 2011).

En este estudio, el patrón de comportamiento de las embarcaciones, cambió conforme avanzaba la temporada. Al empezar la temporada en el mes de agosto, las embarcaciones se ubicaron entre los 9 y los 18 km, y conforme avanzaba la temporada, la ubicación de las embarcaciones fue más dispersa, alejándose más de la costa, lo cual nos muestra que el esfuerzo de pesca se redistribuye en el tiempo estacionalmente. Saldaña *et al.* (2016), observaron este patrón de movimiento de las embarcaciones, en el que los pescadores incrementan la distancia del viaje al área de pesca, así como el tiempo invertido para desarrollar la actividad, conforme se va agotando los recursos en los sitios más cercanos al paso de la temporada de pesca.

El contrastes de capturas registrado durante los meses puede estar relacionado con la temporada de ciclones y nortes (Salas & Gaertner 2004; Salas *et al.* 2006; Vazquez-Lule *et al.* 2009), lo cual

expone a los pescadores a fuertes corrientes de viento que limitan su actividad pesquera. Ante este escenario, las embarcaciones menores no ofrecen una estructura suficientemente resistente como para enfrentar las condiciones climáticas adversas, lo cual les impide operar debido al cierre de puertos. A pesar de esto, en algunos estudios se ha reportado que los pescadores manifiestan que después de algún fenómeno climatológico, la disponibilidad de organismos en el ambiente es favorable (Torres-irineo *et al.* 2009), capturando pulpos de mayor tamaño (Salas *et al.* 2008; Velázquez *et al.* 2013).

Durante el mes de diciembre comenzaron a disminuir las tasas de captura y en consecuencia las ganancias, probablemente por una disminución en los stocks en la temporada de pesca y por el pico reproductivo de la especie (Arreguin-Sanchez *et al.* 2000; Salas *et al.* 2006), lo cual provocó un agotamiento del recurso en la zona de pesca hasta el arribo de nuevos reclutas, asociado al segundo pico reproductivo (Avila-Poveda *et al.* 2016).

Respecto a los costos de avituallamiento, se observó que aquellos pescadores que incrementaron sus costos presentaron mayores CPUE. Esto posiblemente se deba a un mayor consumo de combustible, ya que a mayor distancia recorrida también habrá un mayor gasto de gasolina.

### Operación de la flota mediana

El factor del mes de captura fue la variable más importante para la flota mediana, durante el mes de agosto se registraron los beneficios económicos más bajos de la actividad de toda la temporada, a pesar de que su tasa de captura fue superior al mes de diciembre. Estos registros pueden estar relacionados con los cambios observados en las profundidades de operación de la flota mediana y los beneficios reportados entre meses debido al menor tamaño de los organismos disponibles para la captura al inicio de la temporada (Velázquez *et al.* 2013).

Se observó que el mes con los valores de CR más alto no es el mismo que el mes con la mayor tasa de captura. Para el mes de septiembre se registró el rendimiento económico más alto de la temporada. Se ha reportado que durante este mes, los organismos capturados registran mayor tamaño del manto, este patrón ya ha sido reportado por otros autores (Salas *et al.* 2008; Velázquez *et al.* 2013). Se ha observado que organismos de talla pequeña reciben menor precio de compra al momento del desembarco. Al inicio de la temporada las actividades de pesca se realizaron en áreas con mayores profundidades y conforme a la temporada avanzaba, dicha flota disminuyó la profundidad en la que operó. La decisión de realizar la actividad en profundidades más bajas puede encontrarse determinada por la temporada de nortes que comienza en noviembre, disminuyendo así el riesgo de la flota (Vazquez-Lule *et al.* 2009). La disminución de las tasas de captura también puede ser explicada por una disminución del stock, basándose en el

concepto de “barrido de área”, es decir el recurso se va agotando en ciertas zonas (Sampson 1991), además de coincidir con el pico reproductivo de las hembras, lo cual provoca que éstas dejen de ser atraídas por el arte de pesca (Arreguin-Sanchez *et al.* 2000; Salas *et al.* 2006; Avila-Poveda *et al.* 2016).

En el caso de las embarcaciones de la flota mediana, se suelen realizar viajes con uno a seis tripulantes, esto debido al riesgo que representa llevar más tripulantes por la capacidad de la embarcación, incrementando además sus costos de avituallamiento.

Las embarcaciones medianas cuentan con mayor autonomía de navegación, por lo cual, la profundidad a la que pescan contribuye a explicar la variación asociada a la CPUE, aunque esta información no sea algo que excluya a las profundidades más someras. Esta variable puede estar asociada a condiciones ambientales de la zona, como fondos rocosos y pastos marinos que brindan complejidad topográfica, lo que genera espacios de refugio para el organismo (Chittaro 2004). Por lo tanto, gracias a la autonomía que caracteriza a la flota mediana, se puede permanecer más tiempo en estas áreas, logrando obtener una mejor CPUE en la mayoría de sus viajes. Sin embargo, estas condiciones ambientales no fueron analizadas en este estudio.

### Operación de ambas flotas

La forma en la que la CPUE y cada variable explicativa a nivel mensual se comportaron sugiere que cada flota presenta una dinámica distinta durante la temporada de pesca de pulpo. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se observa que la flota menor viaja a distancias cercanas al puerto (zonas someras) al inicio de la temporada y se aleja conforme avanza ésta, mientras que la flota mediana comienza en profundidades mayores (zonas lejanas a la costa) y al avanzar la temporada se ubica en áreas someras.

En términos de la cuasi-renta, para la flota menor el mes de diciembre presentó las menores ganancias, mientras que para la flota mediana lo fue el mes de agosto. Llama la atención que para ambas flotas agosto no presentó las mejores tasas de captura, quizá esto se pueda deber a lo reportado por (Velázquez *et al.* 2013), ya que las tallas de los organismos al inicio de la temporada de pesca suelen ser de menor tamaño a las obtenidas en octubre. Ambas flotas obtuvieron las mayores tasas de captura durante los meses de octubre y noviembre.

### Implicaciones en el manejo.

Como reportan (Salas & Gaertner 2004), generalmente la tendencia en el manejo pesquero ha sido sustentada en la dinámica de las poblaciones de los recursos. El estudio de las poblaciones a través de la evaluación del stock (*stock assessment*) permite conocer el estado actual de los

recursos pesqueros (Branch *et al.* 2006). A su vez, el manejo pesquero trata de controlar el esfuerzo de pesca a través de la implementación de regulaciones como las vedas temporales o características técnicas de las embarcaciones como capacidad de tonelaje de la embarcación, los equipos de pesca, el tamaño de la tripulación (Hilborn & Walters 2002; Branch *et al.* 2006). Desafortunadamente, estas medidas de control no siempre han alcanzado sus objetivos. Un factor importante en la falta de cumplimiento de las regulaciones pesqueras, ha sido que la dinámica de la flota o el comportamiento de los pescadores no suelen ser incluidas dentro de las pautas de manejo (Hilborn 2007). Los pescadores que operan las diferentes flotas pesqueras realizan respuestas adaptativas de acuerdo al entorno social, cultural, ambiental y económico en el que se encuentran de tal manera de que puedan seguir operando (Salas & Gaertner 2004; Naranjo-Madrigal 2015; Torres *et al.* 2017).

En este contexto, incluir información sobre la dinámica de la flota en los planes de manejo contribuye a identificar variables que determinen el comportamiento de cada flota. A su vez permitirá el monitoreo de las respuestas adaptativas de los pescadores a través del tiempo ante regulaciones, limitantes ambientales y de mercado a los que se enfrentan, permitiendo prever las posibles reacciones que podrían manifestar.

Durante el presente estudio se identificaron patrones diferentes en las tasas de captura de pulpo a lo largo de la temporada dependiendo del tipo de embarcación (flota menor o mediana) con la que operan los pescadores. Asimismo, las variables que explican dichos patrones variaron entre las flotas estudiadas, así como en el nivel de importancia. Por lo tanto, es recomendable tener presente la diferenciación de estas flotas para incorporar al Plan de manejo pesquero del recurso pulpo (*O. maya* y *O. vulgaris*) del Golfo de México y Mar Caribe, ya que existen diferencias importantes en la forma de operar, lo cual requiere que ambas flotas sean manejadas de manera individual. La flota mediana que fue analizada en este estudio desembarca únicamente en el puerto de Dzilam de Bravo, sin embargo, su área de operación es mayor.

Una limitante que existe para obtener el tipo de información analizada en el presente estudio es que el análisis de la dinámica de la flota resulta costoso. Ante esto, es necesario que los pescadores formen parte de los procesos de monitoreo, evaluación y manejo de los recursos (Salas *et al.* 2007). En este sentido, sería recomendable incluir este tipo de información en las boletas de arribo que deben entregar los pescadores al momento del desembarco. Además de esto, es necesario llevar a cabo labores de concientización a todos los actores involucrados en la pesca sobre la importancia del tipo de información que ellos proporcionen, ya que se puede correr el riesgo de obtener información poco confiable. Este tipo de interacción entre los usuarios



e investigadores ha sido sugerido en pesquerías artesanales en otras regiones del mundo (Eriksson *et al.* 2016).

Los resultados del presente estudio pueden ser relacionados con dos regulaciones de la pesquería del pulpo. La primera refiere a la cuota de captura que se ha establecido desde 2002 para el recurso pulpo en la región cada temporada. Esta medida es particularmente importante porque la mayor parte de las temporadas de pesca los volúmenes de captura han estado por encima de ésta (Salas *et al.* 2009). En este sentido, Branch *et al.* (2006) realizaron una revisión bibliográfica sobre la dinámica de las flotas ante diferentes medidas de regulación. Estos autores mencionan que las cuotas de captura suelen exacerbar la “carrera por los recursos”. Lo que significa que este punto de referencia límite parece ser interpretado como un punto de referencia objetivo (Salas *et al.* 2009). La segunda regulación es la temporada de veda, la cual tiene por objetivo la protección de adultos reproductores. Sin embargo, esta medida de regulación ha mostrado ser insuficiente para controlar o reducir el esfuerzo de pesca total, sobretodo en pesquerías rentables (Branch *et al.* 2006; Torres-Irineo *et al.* 2017), como sería el caso del pulpo. En el presente estudio, el hecho de que la flota menor haya presentado valores menores de la cuasi-rentas en diciembre y la flota mediana en agosto, podría considerarse que la flota menor termine de operar en el mes de noviembre, mientras que la flota mediana podría comenzar a operar en el mes de septiembre. Este patrón en la flota menor ha sido reportado en el puerto de San Felipe, Yucatán por Saldaña *et al.* (2017). Sin embargo, Salas *et al.* (2009) mencionaron que ha habido años en los que el sector pesquero en Yucatán ha solicitado la extensión de la temporada de pesca cuando las capturas no han alcanzado la cuota. En este panorama, es necesario el acercamiento entre autoridades, investigadores y pescadores para poder establecer las reglas en las que se pueda cumplir con la conservación del recurso y que se sigan obteniendo ganancias por la explotación del pulpo.

Ante lo reportado por Saldaña *et al.* (2017) y los resultados respecto a la profundidad y distancia al puerto en este estudio, se sugiere dar atención a estas variables ya que son indicadores de la potencial expansión de las zonas pesqueras por parte de los usuarios. El hecho de que a mayores profundidades o mayor distancia a la costa se encuentren mayores tasas de captura puede incentivar a los usuarios a buscar una tecnificación de la flota, lo que podría llevar a exacerbar la explotación del recurso y/o a sobrecapitalizarse, tal como se ha observado en otras pesquerías (Branch *et al.* 2006; Eigaard & Munch-Petersen 2011; Torres-irineo *et al.* 2014).

En este contexto, las cuotas individuales transferibles de captura (ITQ por sus siglas en inglés) podrían ser consideradas como una medida de regulación viable para el manejo de este recurso. Las ITQ podrían permitir aprovechar los meses con mayores capturas (octubre y noviembre),

permitiendo que cada flota tenga la oportunidad de elegir el momento adecuado para explotar el recurso según más le convenga, sin rebasar la cantidad permitida de captura.

## Conclusiones

Plantear el manejo pesquero del pulpo en Yucatán desde el punto de vista del enfoque ecosistémico significaría incorporar conocimiento sobre la dinámica de sus flotas, usando la CPUE ya que demostró estar influenciada por otros factores como, tipo de flota, equipamiento, comportamiento del pescador y factores económicos.

A través del uso de Modelos Lineales Generalizados para la pesquería de pulpo fue posible el clasificar sus flotas analizándolas a través de las características particulares de sus embarcaciones en cuanto a su capacidad, equipo tecnológico, artes de pesca, etc.

Para la flota menor son variables relevantes: la distancia a la que operan las embarcaciones, el mes en que pescan, los costos de avituallamiento y el número de tripulantes que van durante el viaje; mientras en la flota mediana las variables relevantes son: el mes en el que pescan, el número de tripulantes que van durante un viaje de pesca, el costo de avituallamiento y la profundidad a la cual van a pescar.

Las diferencias entre las flotas analizadas sugiere que es posible considerarlas como flotas separadas; por lo tanto, las regulaciones para su control de esfuerzo deberán adaptarse a esta heterogeneidad de flota.

El análisis de las funciones de producción es importante para comprender la manera de operar de las flotas pesqueras, e identificar aquellas variables que ejercen una mayor influencia sobre la actividad pesquera

Entender las formas de operación de las flotas permite prever las posibles respuestas adaptativas ante cambios en la abundancia o implementación de restricciones.

## Bibliografía

- Aguilar-Perera, A. et al., 2009. Fishery of the Goliath Grouper (*Epinephelus itajara*) based on local ecological knowledge and fishery records in Yucatan, México.pdf. *Revista de Biología Tropical*, 57(September), pp.557–566.
- Akaike, H., 1981. Likelihood of a model and information criteria. *Journal of Econometrics*, 16(1), pp.3–14.
- Amandè, M.J. et al., 2011. Bycatch of the European purse seine tuna fishery in the Atlantic Ocean for the 2003 – 2007 period. *Aquatic Living Resources*, 362(2010), pp.353–362. Available at: [www.alr-journal.org](http://www.alr-journal.org).
- Anderson, L.G. & Seijo, J.C., 2011. *Bioeconomics of Fisheries Management*, Wiley. Available at: [https://books.google.com.mx/books?id=d4fIYon\\_JdoC](https://books.google.com.mx/books?id=d4fIYon_JdoC).
- Andrew, N.L. et al., 2007. Diagnosis and management of small-scale fisheries in developing countries. *Fish And Fisheries*, 8(227), pp.227–240.
- Angeles-Gonzalez, L.E. et al., 2017. Temperature modulates spatio-temporal variability of the functional reproductive maturation of *Octopus maya* (Cephalopoda) on the shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Molluscan Studies*, 83(3), pp.280–288.
- Arreguín-Sánchez, F. & Arcos-Huitrón, E., 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3), pp.431–462.
- Arreguin-Sanchez, F., Solis -Ramamirez, M.J. & de la Rosa, M.E., 2000. Population dynamics and stock assessment for *Octopus maya* (Cephalopoda:Octopodidae) fishery in the Campeche Bank, Gulf of Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 48, pp.323–331. Available at: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442000000200005&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442000000200005&nrm=iso).
- Avila-Poveda, O.H. et al., 2016. Reproductive traits of *Octopus maya* (Cephalopoda: Octopoda) with implications for fisheries management. *Molluscan Research*, 36(1), pp.29–44. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/13235818.2015.1072912>.
- Blancas-García, J.R., López-Rocha, J.A. & Castilla-Ventura, M.A., 2011. Análisis de la Pesquería del Pulpo Rojo (*Octopus maya*) Frente a la Costa de Sisal , Yucatán. *Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, pp.501–507.
- Blancas, J.R., 2014. *Pesqueria O.maya Sisal\_Jose ramon Blancas\_2015.pdf*.
- Boyle, P.R., 1980. Home occupancy by male *Octopus vulgaris* in a large seawater tank. *Animal Behaviour*, 28(4), pp.1123–1126.
- Branch, T.A. et al., 2006. Fleet dynamics and fishermen behavior: lessons for fisheries managers. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(7), pp.1647–1668. Available at: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/f06-072>.

- Browman, H.I. et al., 2004. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, 274, pp.269–303.
- Charles, A.T., 2011. *Sustainable Fishery Systems* Blackwell., Halifax, Canada: Blackwell Science. Available at: [www.blackwellpublishing.co](http://www.blackwellpublishing.co).
- Chittaro, P., 2004. Fish-habitat associations across multiple spatial scales. *Coral Reefs*, 23(2), pp.235–244. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00338-004-0376-z>.
- Cochrane, K.L. & Garcia, S., 2009. *A Fishery manager's Guidebook* Second Edi. K. L. Cochrane & S. M. Garcia, eds., ROME: FAO. Available at: <http://www.fao.org/docrep/015/i0053e/i0053e.pdf>.
- CONAPESCA, 2014. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*, Sinaloa: CONAPESCA. Available at: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Coronado Castro, E., Salas, S. & Brulé, T., 2013. Estimación de la Composición de las Capturas y la Cuasi - Renta de Diferentes Flotas Dirigidas a la Pesquería de Mero Rojo en Yucatán , México. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 65, pp.375–383.
- Coronado, E. & Salas, S., 2011. Características de Operación de Tres Flotas que Inciden sobre el Mero Rojo y Especies Asociadas en Yucatán , México : Potenciales Efectos de Externalidades Analysis of Operating Characteristics of Three Fleets that Affects the Red Grouper Resources and As. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 64, pp.258–268.
- Eigaard, O.R. & Munch-Petersen, S., 2011. Influence of fleet renewal and trawl development on landings per unit effort of the Danish northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 68(1), pp.26–31.
- Eriksson, H. et al., 2016. An ecosystem approach to small-scale fisheries through participatory diagnosis in four tropical countries. *Global Environmental Change*, 36, pp.56–66. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.11.005>.
- FAO, 1995. *Código de conducta para la pesca responsable*, Roma.
- FAO, 2015a. *Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala* FAO., ROME: FAO.
- FAO, 2014. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, ROME: FAO. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3720s/index.html%5Cnhttp://www.fao.org/3/7870db4d-2558-4714-9c56-0cf49f010f3e/i3720s.pdf%5Cnhttp://www.fao.org/fishery/sofia/es>.
- FAO, 2016. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*, Roma: FAO.
- FAO, 2005. *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación* Departamen. K. L. Cochrane, ed., Roma: FAO. Available at: <http://www.fao.org/docrep/008/y3427s/y3427s00.htm#Contents>.

- FAO, 2013. *La ordenación pesquera: Ordenación de la capacidad de pesca.*, Roma: FAO.
- FAO, 2015b. *Plan Rector para el Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura Sostenibles de Yucatán*,
- Fernández, J.I. et al., 2011. Coastal fisheries of Mexico. In S. Salas et al., eds. *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, pp. 231–284.
- Fraga, J., 2004. *Los habitantes de la zona costera de yucatan: entre la tradición y la modernidad* G. J. V. Z. Evelia Rivera Arriaga & I. A. A. y F. R. May, eds., Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- Gaertner, D., Pagavino, M. & Marcano, J., 1999. Influence of fishers' behaviour on the catchability of surface tuna schools in the Venezuelan purse-seiner fishery in the Caribbean Sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(3), pp.394–406.
- Garcia, S.M. et al., 2015. Balanced harvest in the real world. Scientific, policy and operational issues in an ecosystem approach to fisheries. *Report of an international scientific workshop of the IUCN Fisheries Expert Group (IUCN/CEM/FEG) organized in close cooperation with the Food and Agriculture Organization, Rome. 94pp.* Available at: <http://archimer.ifremer.fr/doc/00255/36575/%5Cnhttp://archimer.ifremer.fr/doc/00255/36575/35113.pdf>.
- Garcia, S.M. & Cochrane, K.L., 2005. Ecosystem approach to fisheries: A review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), pp.311–318.
- Gobierno de Yucatán, 2014. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCEY). *Diario Oficial del Estado de Yucatán*, 53(9), p.296.
- Gobierno del Estado de Yucatán, 2010. Decreto Reserva Estatal Ciénagas y Manglares de la Costa Norte de Yucatán. *Diario Oficial*, pp.4–19. Available at: [http://www.seduma.yucatan.gob.mx/areas-naturales/documentos/decreto\\_cienagas.pdf](http://www.seduma.yucatan.gob.mx/areas-naturales/documentos/decreto_cienagas.pdf).
- Hernández-Flores, A. et al., 2018. Bioeconomic modeling for a small-scale sea cucumber fishery in Yucatan, Mexico. *PLOS ONE*, 13(1), pp.1–17. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190857>.
- Herrera-Silveira, J. et al., 2010. Mareas rojas en las costas de Yucatán. In R. Garcia Durán & M. Méndez González, eds. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: CICY, pp. 320–321.
- Herrera, J., Sara, S. & Ojeda, M., 2010. Lagunas costeras. In R. Garcia Durán & M. Méndez González, eds. *Biodiversidad y Desarrollo Humano del Estado de Yucatán*. Mérida, Yucatán: CICY, pp. 24–26.
- Hilborn, R., 2007. Managing sheries is managing people: what has been learned? *Fish and Fisheries*, 8, pp.285–296.

- Hilborn, R. & Walters, C.J., 1992. *Quantitative stock assessment: choice, dynamics and uncertainty*, Springer-Science+Business Media, B.V.
- Lebreton, J.-D. et al., 1992. MODELING SURVIVAL AND TESTING BIOLOGICAL HYPOTHESES USING MARKED ANIMALS : A UNIFIED APPROACH WITH CASE STUDIES. *Ecological Monographs*, 62(1), pp.67–118.
- Mahévas, S., Sandon, Y. & Biseau, A., 2004. Quantification of annual variations in fishing power due to vessel characteristics: An application to the bottom-trawlers of South-Brittany targeting anglerfish (*Lophius budegassa* and *Lophius piscatorius*). *ICES Journal of Marine Science*, 61(1), pp.71–83.
- Maunder, M.N. & Langley, A.D., 2004. Integrating the standardization of catch-per-unit-of-effort into stock assessment models : testing a population dynamics model and using multiple data types. , 70, pp.389–395.
- Maunder, M.N. & Punt, A.E., 2004. Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70(2–3 SPEC. ISS.), pp.141–159.
- Méndez Aguilar, F.D. et al., 2014. Nutritive value of four by-product meals as potential protein sources in diets for *Octopus maya* Valor nutritivo de cuatro harinas de subproductos como fuentes potenciales de proteína en dietas para el pulpo *Octopus maya*. *Hidrobiológica*, 24(1), pp.69–77.
- Pech-Pool, D. et al., 2010. Ambientes marinos. In R. Garcia Durán & M. Méndez González, eds. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Mérida, Yucatán: CICY, pp. 21–23.
- Pedroza, C. & Salas, S., 2011. Responses of the fishing sector to transitional constraints: From reactive to proactive change, Yucatan fisheries in Mexico. *Marine Policy*, 35(1), pp.39–49. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2010.08.001>.
- Pelletier, D. & Ferraris, J., 2000. A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, pp.51–65.
- Poot-salazar, A., Hernandez Flores, A. & Ardisson, P.-L., 2015. Indicadores de sostenibilidad para la evaluación de las pesquerías de pepino de mar en la península de Yucatán , México. *Ciencia Pesquera*, 23(2), pp.11–24.
- R Core Team, 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Available at: <https://www.r-project.org/>.
- Rothschild, B.J., 1972. AN EXPOSITION ON THE DEFINITION OF FISHING EFFORT '. *Fishery Bulletin*, 70(April), pp.671–679.
- SAGARPA, 2012. Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, Segunda se, p.236.
- SAGARPA, 2017. *Grupo Funcional Desarrollo Económico*, Ciudad de México.

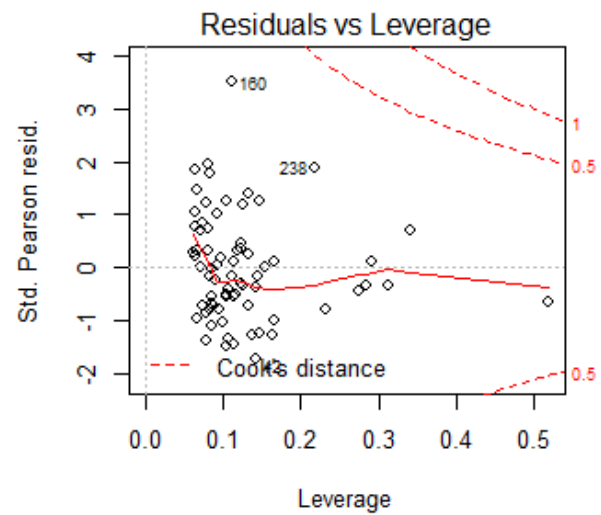
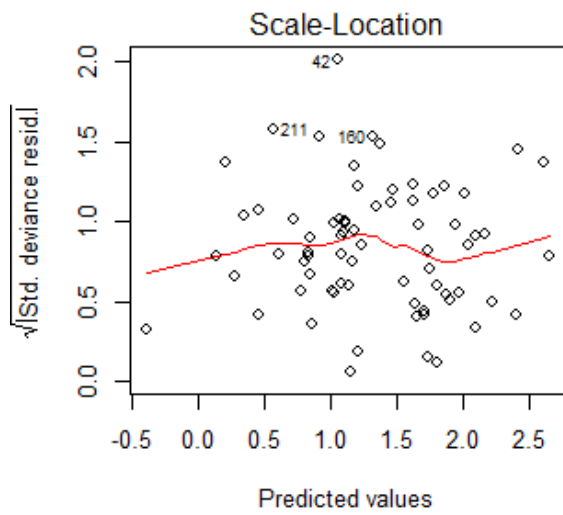
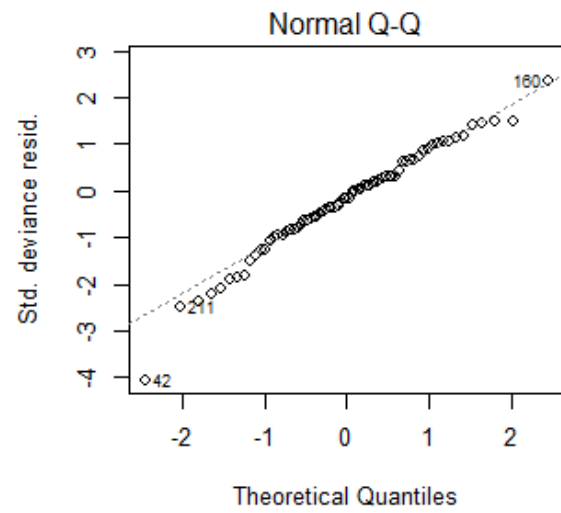
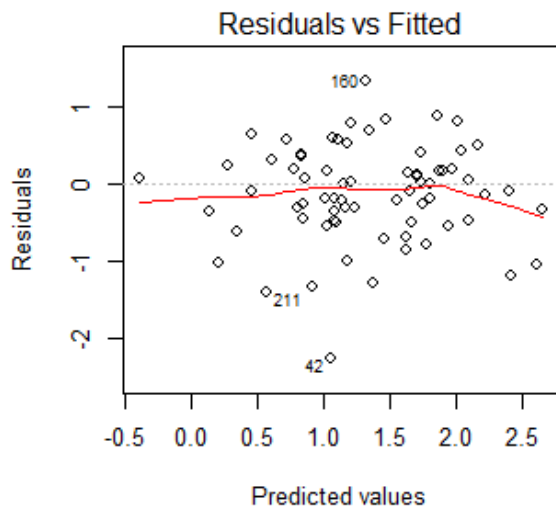
- SAGARPA, 2014. Plan de Manejo Pesquero de pulpo (O. Maya y O Vulgaris) del Golfo de México y Mar Caribe. *DOF*.
- SAGARPA, 2009. *Programa Maestro de Pulpo en el estado de Yucatán*,
- Salas, S. et al., 2007. Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries Research*, 87(1), pp.5–16. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165783607001555>.
- Salas, S. et al., 2011. *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean* FOOD AND A. S. Salas et al., eds., ROME: FAO. Available at: [http://www.icmyl.unam.mx/pdf/GRAMED/Assessments\\_Delivery-Item-1/New Assessments/New\\_Assessments\\_pdf\\_support information/Coastal fisheries of Latin America and.pdf](http://www.icmyl.unam.mx/pdf/GRAMED/Assessments_Delivery-Item-1/New_Assessments/New_Assessments_pdf_support%20information/Coastal%20fisheries%20of%20Latin%20America%20and.pdf).
- Salas, S., 2000. *FISHING STRATEGIES OF SMALL-SCALE FISHERS AND THEIR IMPLICATIONS FOR FISHERIES MANAGMENT*. THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA.
- Salas, S. et al., 2008. Uso de Indicadores para Evaluar Medidas de Regulación en la Pesquería del Pulpo en Yucatán dada la Interacción de Flotas. *Proc Gulf Carib Fish Inst*, 61, pp.111–121.
- Salas, S. & Brulé, T., 2008. *Plan de manejo y operación del comité de administración pesquera de escama y pulpo*, Mérida.
- Salas, S. & Charles, A., 2007. Are Small-scale Fishers Profit Maximizers?: Exploring Fishing Performance of Small-scale Fishers and Factors Determining Catch Rates. *Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute November*, pp.117–124.
- Salas, S. & Gaertner, D., 2004. The behavioural dynamics of shers: management implications. *Fish Fisheries*, 5, pp.153–167.
- Salas, S., Mexicano-Cítnora, G. & Cabrera, M.A., 2006. *¿ Hacia donde van las pesquerías en Yucatán ?* 1st ed., Mérida, Yucatán: Cinvestav.
- Saldaña, A. et al., 2016. Fishing operations and adaptive strategies of small-scale fi shers : insights for fi sheries management in data-poor situations. *Fisheries Managment and Ecology*, pp.1–14.
- Sampson, D.B., 1991. Fishing tactics and fish abundance, and their influence on catch rates. *ICES Journal of Marine Science*, 48(3), pp.291–301.
- Samuelson, P.A. & Nordhaus, W.D., 1992. *Economía* Decimoctav. V. G. Carrerón Rodriguez, ed., México: Mc Graaw Hill.
- Silva, E.A.R., 2014. *Sostenibilidad de la pesquería del camarón en la reserva de la biosfera Ria Celestún, Yucatán México*. UNAM.
- Torres-irineo, E. et al., 2014. Changes in fishing power and fishing strategies driven by new



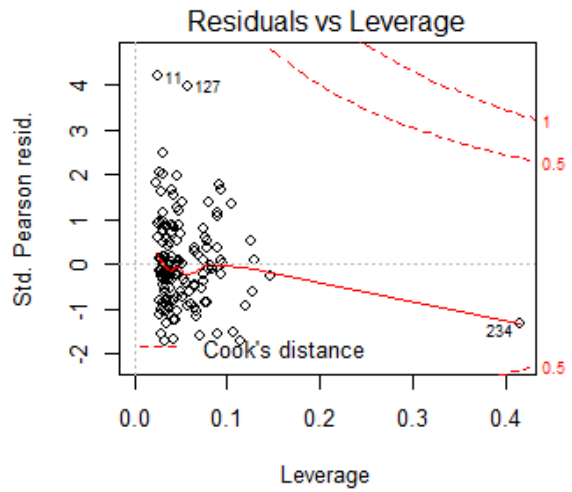
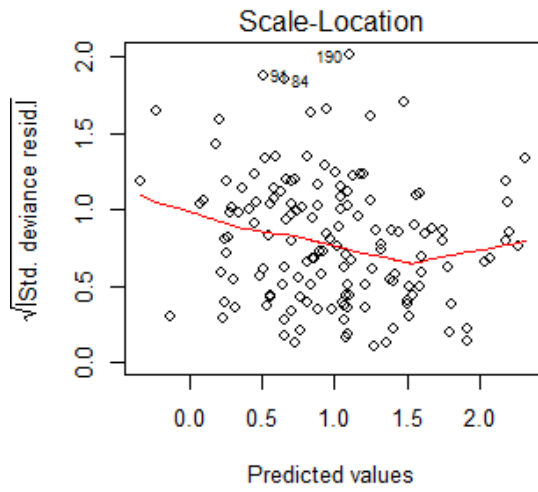
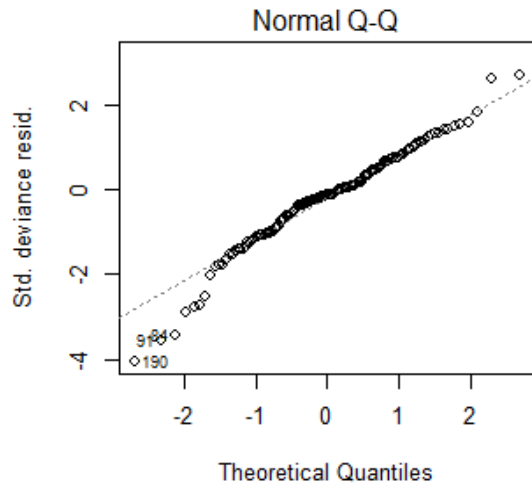
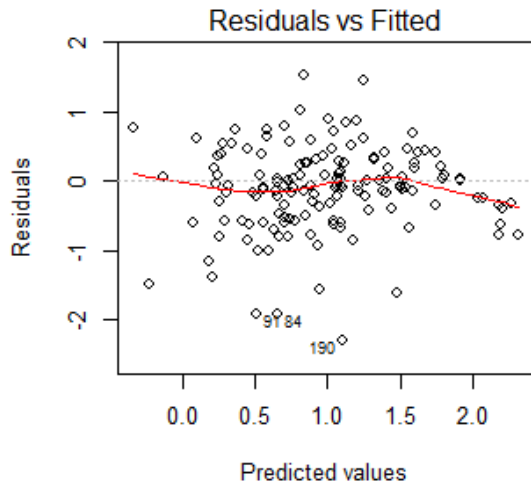
- technologies : The case of tropical tuna purse seiners in the eastern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 155, pp.10–19. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.02.017>.
- Torres-irineo, E. et al., 2009. Estimación de Funciones de Producción de Dos Flotas que Operan en la Pesquería del Pulpo Rojo ( Octopus maya ) en la Península de Yucatán , Mediante el Uso de Modelos Lineales Generalizados. *Fisheries Bethesda*, 61(m), pp.525–534.
- Torres-Irineo, E. et al., 2017. Adaptive responses of tropical tuna purse-seiners under temporal regulations. *Ambio*, 46(1), pp.88–97.
- Torres-Irineo, E. et al., 2011. Effects of time-area closure on tropical tuna purse-seine fleet dynamics through some fishery indicators. *Aquatic*, 350, pp.337–350. Available at: <http://www.alr-journal.org/>.
- Vazquez-Lule, A.D., Ríos-Sáis, G. & Adame, M.F., 2009. Caracterización del sitio de manglar Dzilam, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*, pp.1–18. Available at: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY60\\_Dzilam\\_caracterizacion.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY60_Dzilam_caracterizacion.pdf) [Accessed August 13, 2017].
- Velázquez, 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. *Journal of Shellfish Research*, 32(3), pp.845–854. Available at: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2983/035.032.0328>.
- Venables, W.N. & Dichmont, C.M., 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research*, 70(2–3), pp.319–337. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165783604001754>.
- Venables, W.N. & Dichmont, C.M., 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: An overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research*, 70(2–3 SPEC. ISS.), pp.319–337.
- Venables, W.N. & Ripley, B.D., 2002. Modern Applied Statistics with S. Available at: <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>.
- Zuur, A.F. et al., 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R* M. Gail et al., eds., Springer Science+Business Media. Available at: <http://www.mdpi.com/1996-1073/2/3/556/>.

## Anexo I.

Gráficos de residuales de los modelos lineales generalizados con menor valor del criterio de información de Akaike.



Análisis de residuales para la flota mediana



Análisis de residuales para la flota menor



**CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS**  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS DEL MAR

**Pesquería Pulpo**

FOLIO \_\_\_\_\_  
HOJA 

	de	
--	----	--

Puerto \_\_\_\_\_ Empresa/Cooperativa \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Nombre del barco \_\_\_\_\_ Nombre del capitán \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_  
 Área de pesca (Distancia) [Q] \_\_\_\_\_ Profundidad/Distancia a la costa \_\_\_\_\_ brazas/millas Tripulantes \_\_\_\_\_  
 Flota: ( ) Mayor ( ) Mediana ( ) Menor Esbora \_\_\_\_\_ pies #Alojos \_\_\_\_\_ #Jimbas \_\_\_\_\_ #Cordeles \_\_\_\_\_ ( ) Buceo  
 Fecha/Hora Salida \_\_\_\_\_ Regreso \_\_\_\_\_ Camada: Jaiba \_\_\_\_\_ Kg Okool \_\_\_\_\_ Kg Otra \_\_\_\_\_ Kg  
 Procedencia carnada: ( ) Local ( ) Foraneo Precio: Jaiba \$/Kg Okool \$/Kg Otra \_\_\_\_\_ Kg  
 Gasolina ☐ \_\_\_\_\_ lts utilizados Aceite \_\_\_\_\_ lts Gasto en alimentos \$ \_\_\_\_\_ COSTO TOTAL \$ \_\_\_\_\_  
 Diesel ☐ capacidad del barco \_\_\_\_\_ lts

**Desglose de la captura Total**

Especie	Captura (Kg)	Otras Especies	Captura (Kg)	Otras Especies	Captura (Kg)
Pulpo Maya					
Pulpo Vulgans					
Precio pulpo Kg					
<b>CAPTURA TOTAL</b>					<b>Kg</b>

**Registro de Información Biologica**

Especie	LM (cm)	Peso (g)	Sexo	Especie	LM (cm)	Peso (g)	Sexo

