



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“EVALUACIÓN DE LA PESCA DE NEGRILLO *Mycteroperca bonaci* EN YUCATÁN, MÉXICO”

TÉSIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN MANEJO SUSTENTABLE DE ZONAS  
COSTERAS

PRESENTA:  
BARUCH AGUILAR MENA

DIRECTORES DE TESIS:  
DR. JORGE ALBERTO LÓPEZ ROCHA  
DRA. JULIA RAMOS MIRANDA

YUCATÁN, MÉXICO

2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**Dedicatoria**

**Agradecimientos**

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT por el financiamiento otorgado para la realización de este estudio a través del proyecto “Caracterización de la pesca artesanal en la península Yucatán: identificando unidades de manejo” de la Convocatoria Ciencia Básica CB-2015-01 con clave 252215, y por la beca otorgada con número de registro 29387.

A la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca por la base de datos otorgada que sirvió para el análisis de captura que se presenta en este trabajo.

**ÍNDICE GENERAL**

<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>12</b>
Descripción de la especie .....	13
Crecimiento.....	15
Características reproductivas .....	15
Distribución.....	16
Medidas de manejo .....	17
Modelo de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS).....	17
<b>Modelos de crecimiento desde el enfoque del análisis de frecuencia de longitud.....</b>	<b>18</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>19</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>19</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
Análisis de capturas .....	21
Método de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (Martell y Froese, 2012) .....	22
Estimación de parámetros de crecimiento y análisis de progresión modal.....	24
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
Análisis de capturas.....	27
Método de Captura Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS).....	33
Estructura de tallas y análisis de progresión modal .....	35
Modelo de crecimiento.....	37
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Lista de las principales especies asociadas a la pesquería de mero americano del Banco de Campeche (CONAPESCA, 2014).	10
Tabla 2	Valores para biomasa (B) inicial y final recomendados por Martell y Froese (2013).	23
Tabla 3	Valores resiliencia propuestos por Martell y Froese (2013).	23
Tabla 4	Intervalo al 95% de confianza de los parámetros poblacionales obtenidos mediante el modelo de Martell y Froese (2012) para <i>M. bonaci</i> en el estado de Yucatán.	34
Tabla 5	Valores de longitud para cada grupo modal (cohorte) distinguida en la distribución de frecuencias de longitud de <i>M. bonaci</i> en Yucatán. D.E= desviación estándar, I.S= índice de separación.	36
Tabla 6	Valores de máximo rendimiento sustentable (MRS) estimados para <i>M. bonaci</i> y <i>E. morio</i> con el intervalo de confianza al 95%.	40
Tabla 7	Parámetros estimados del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para el negrillo ( <i>M. bonaci</i> ). Los valores entre paréntesis representan el error estándar.	41

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Porcentaje de captura de los principales recursos pesqueros de Yucatán desembarcados en la temporada 2017 (Fuente: SAGARPA,2018).	9
Figura 2	Tendencia de captura de la pesquería de mero en Yucatán. Tomada de la carta nacional pesquera 2018.	13
Figura 3.	<i>Mycteroperca bonaci</i> en estadio juvenil y adulto (modificado de Heemstra y Randall, 1993)	14
Figura 4	Mapa de distribución de <i>M. bonaci</i> en el océano atlántico.	16
Figura 5	Área de estudio. Banco de Campeche donde se desarrolla la pesquería de mero de la península de Yucatán. Se ubican los principales puertos de descarga de capturas: Celestún, Sisal, Progreso, Dzilam de Bravo, Telchac, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo.	20
Figura 6	Capturas totales en el periodo de estudio (2000-2019) para <i>E. morio</i> , <i>M. bonaci</i> y las demás especies asociadas.	27
Figura 7	Porcentaje de las capturas anuales de la pesquería de mero para los tres grupos realizados en el periodo estudiado 2000-2019	28
Figura 8	Distribución de los porcentajes de captura de <i>M. bonaci</i> por puerto en el estado de Yucatán en el periodo 2000-2019.	29
Figura 9	Composición de las capturas de la pesquería del mero en los principales puertos de Yucatán en el periodo de estudio 2000-2019.	30
Figura 10	Índice de captura de <i>M.bonaci</i> en la pesquería de mero en el estado de Yucatán en el periodo 2000-2019.	31
Figura 11	Índice de capturas del mero americano y de las especies asociadas a la pesquería en el periodo 2000-2019.	31
Figura 12	Índice de captura de <i>M. bonaci</i> en los diferentes puertos de Yucatán en los 20 años del periodo analizado (2000-2019).	32

Figura 13	Captura de negrillo en el estado de Yucatán y el estimado del C-MRS con el 95% de confianza durante 2000-2019.	33
Figura 14	Frecuencia de valores de $r$ , $k$ y $C_{mrs}$ resultado de las iteraciones del modelo de Martell y froese (2012).	34
Figura 15	Biomasa promedio de <i>Mycteroperca bonaci</i> estimada por año (línea punteada) con el intervalo al 95% de confianza (líneas negras), los puntos negros representan la biomasa estimada para cada año.	35
Figura 16	Grupos modales (cohortes) estimadas en la distribución de frecuencias de longitud de <i>M. bonaci</i> en Yucatán.	36
Figura 17	Modelo de crecimiento de von Bertalanffy (línea negra) ajustado a los valores de longitud observados de cada cohorte estimada (círculos negros) en la distribución de frecuencias de longitud de <i>M. bonaci</i> en Yucatán.	37

## RESUMEN

En la pesquería de mero de Yucatán, 20 especies acumulan el 40% de las capturas anuales. De éstas, el negrillo (*Mycteroperca bonaci*) ha cobrado cada vez más importancia dentro de la pesquería. Por lo anterior, es necesario revisar el estado de conocimiento del negrillo, determinar su aportación dentro de la pesquería de mero y evaluar aspectos clave de la dinámica poblacional, información fundamental para el manejo sustentable del recurso. El objetivo del trabajo fue determinar la importancia y desarrollo de la pesca del negrillo *M. bonaci* dentro de la pesquería de mero en Yucatán, así como estimar la biomasa, el máximo rendimiento sostenible (MRS) y los parámetros de crecimiento de la especie. Se analizaron las capturas anuales de las especies comprendidas en la pesquería de mero y negrillo de Yucatán, provistas por la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca de los años 2000 al 2019 y se calculó la variación anual y por puerto del porcentaje de negrillo en las capturas totales. Se estimó la biomasa y el MRS del negrillo mediante el modelo de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS) que se basa en datos de captura y resiliencia de las especies. Con información de la distribución de frecuencias de longitudes del negrillo recabada en muestreos realizados en Dzilam de Bravo, Yucatán, se estimaron los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy a través de un análisis de progresión modal. En el periodo de estudio (2000-2019) se capturaron en promedio 650 t de negrillo al año. El puerto de Progreso concentró el 85% de las capturas, Dzilam y Sisal le siguieron en importancia con 6% y 4% cada uno. El porcentaje de negrillo en las capturas aumentó en diferentes periodos: 5% en 2007–2009, 11% en 2012–2014 y 23% en 2016-2019. Se estimó el C-MRS en 1,035 t (574 - 1,867 intervalo de confianza al 95%). La resiliencia estimada fue de  $r = 0.7$  (0.349 - 1.45) y la capacidad de carga  $K = 5,827$  t (3,771 – 9,002). En los últimos dos años del periodo de estudio las capturas rebasaron el MRS estimado. El análisis de las longitudes señaló ocho cohortes: tres para julio, dos para agosto y tres para septiembre. Los parámetros de crecimiento estimados fueron:  $k = 0.14$  año<sup>-1</sup>,  $t_0 = -0.65$  años. Dado la creciente importancia del negrillo en la pesquería, se recomienda incrementar los estudios sobre el impacto de la pesca en esta especie.

## INTRODUCCIÓN

La pesquería de mero, es una actividad productiva de gran importancia social y económica en el Golfo de México y en el mar Caribe, la cual incluye un amplio número de especies, principalmente de lutjánidos y serránidos (DOF, 2014). Yucatán, es el estado de la república que más aportes da a la pesquería del mero (15% en la temporada 2017) y sus especies asociadas, la cual es la segunda más importante en el estado después de la pesquería del pulpo (Fig. 1). En el 2016 y 2017, se capturaron alrededor de 6,500 y 7,000 t de mero.

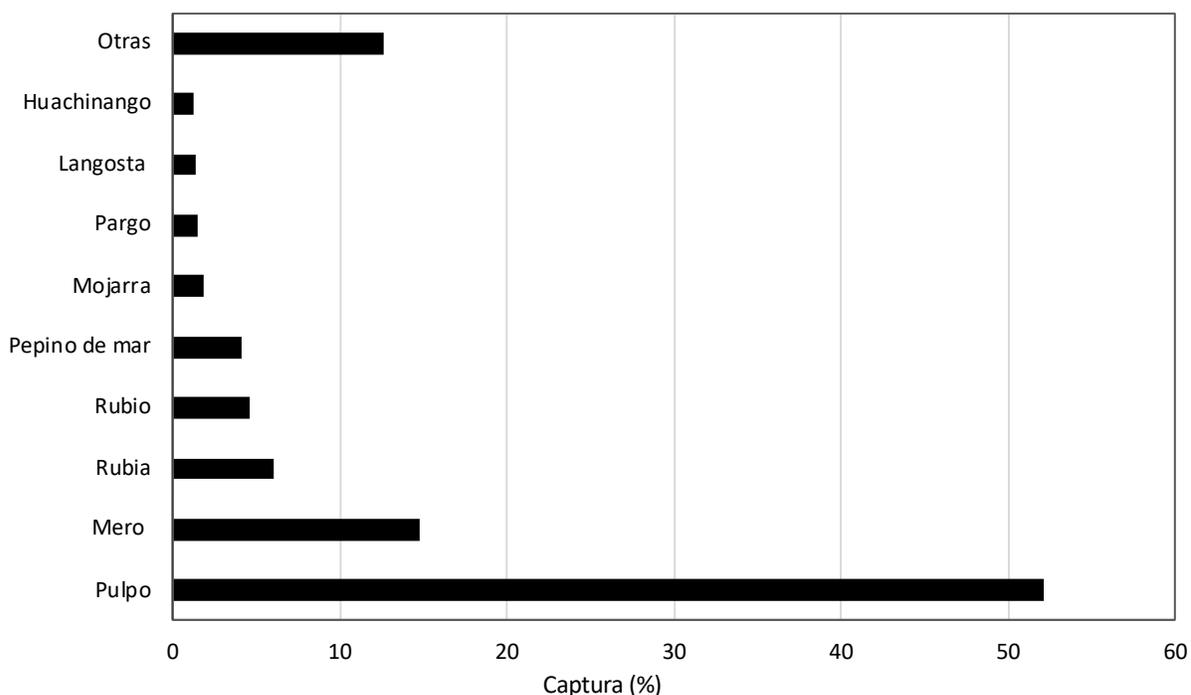


Figura 1. Porcentaje de captura de los principales recursos pesqueros de Yucatán desembarcados en la temporada 2017 (Fuente: SAGARPA, 2018).

La pesca de mero americano (*Epinephelus morio*) en Yucatán, está compuesta por dos flotas: una artesanal de aproximadamente 4,300 lanchas que operan en ocho puertos del estado (Fig 5): Celestún, Sisal, Progreso, Telchac, Dzilam de Bravo, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo. Dicha flota puede almacenar un máximo de una tonelada por viaje, realiza viajes diarios y puede en algunas ocasiones llevar uno o dos alijos (pequeñas embarcaciones de madera de 3 m de eslora, sin motor y operadas por un pescador) (DOF, 2014). La segunda flota, de mediana altura, esta compuesta por

embarcaciones de hasta 24 m de eslora. En Yucatán existen aproximadamente 500 embarcaciones con permiso vigente (DOF, 2014; Quijano *et al.*, 2018).

En la pesquería de mero americano inciden diferentes tipos de flotas y cada una captura diversos estadios del recurso, por ello se considera que opera bajo un marco de pesquería secuencial (Coronado y Salas, 2011). EL negrillo (*Mycteroperca bonaci*) es una especie asociada a la pesquería de mero americano y constituye el 40% de las capturas de la pesquería junto con otras más de 20 especies de las familias Lutjanidae, Serranidae, Carangidae, Malacanthidae Sparidae, Rachycentridae y Sphyraenidae (Brulé *et al.*, 2009; CONAPESCA, 2014) (Tabla 1). Después de que históricamente a esta pesquería se le ha denominado como la "pesquería de mero", es a partir del 2018 que la Carta Nacional Pesquera se refiere a ésta como la "pesquería de mero y negrillo", reconociendo la importancia del negrillo como especie objetivo en esta pesquería.

Tabla 1. Lista de las principales especies asociadas a la pesquería de mero americano del Banco de Campeche (CONAPESCA, 2014).

Familia	Nombre científico	Nombre común
Serranidae	<i>Epinephelus morio</i>	Mero americano, cherna
	<i>Epinephelus flavolimbatus</i>	Mero blanco, extraviado
	<i>Hyporthodus nigritus</i>	Fiat
	<i>Epinephelus niveatus</i>	Cherna pinta
	<i>Epinephelus adscensionis</i>	Payaso verde
	<i>Epinephelus guttatus</i>	Payaso rojo, cabrilla
	<i>Epinephelus drummondhayi</i>	Lenteja
	<i>Hyporthodus mystacinus</i>	
	<i>Mycteroperca bonaci</i>	Negrillo
	<i>Mycteroperca interstitialis</i>	Cabrilla
	<i>Mycteroperca phenax</i>	Gallina
	<i>Mycteroperca microlepis</i>	Abadejo
	<i>Mycteroperca venenosa</i>	Guacamayo
	<i>Mycteroperca tigris</i>	Vampiro
<i>Cephalopolis cruentata</i>	Cabrilla	

<b>Lutjanidae</b>	<i>Lutjanus campechanus</i>	Huachinango de castilla
	<i>Lutjanus analis</i>	Pargo criollo
	<i>Lutjanus griseus</i>	Pargo mulato
	<i>Lutjanus jocu</i>	Pargo perro
	<i>Lutjanus synagris</i>	Biajaiba, pargo biajaiba
	<i>Ocyurus chrysurus</i>	Rabirrubia, rubia
	<i>Rhomboplites aurorubens</i>	Besugo
<b>Malacanthidae</b>	<i>Lopholatilus chamaeleonticeps</i>	Corvinato
<b>Sparidae</b>	<i>Calamus spp.</i>	Mojarras
<b>Carangidae</b>	<i>Seriola zonata</i>	Coronado

La flota artesanal opera en el estado, utilizando como principal arte de pesca la línea de mano y el palangre de fondo, distribuyen su esfuerzo hacia la región oriente del Banco de Campeche en profundidades que pueden variar de entre 5 a 35 m (Salas *et al.*, 2006). La composición de las especies capturadas puede variar dependiendo del arte y el método de pesca que se utilice y el sitio de captura. La flota de mediana altura o semi-industrial, opera en el estado de Yucatán a una profundidad mayor a los 36 m. Se desplazan desde la zona Norte de Cayo Arcas (al poniente de la península de Yucatán) hasta el norte de Isla mujeres, Quintana Roo (DOF, 2014). Las embarcaciones de la flota mediana miden más de 12 m de eslora, utilizan motores estacionarios cuya potencia varía entre los 120 y los 500 HP (Salas *et al.*, 2006; Quijano *et al.*, 2018). La mayor parte de embarcaciones de esta flota, utiliza como principal arte de pesca el palangre de línea larga con 1,500 a 3,000 anzuelos de tipo “garra de águila” huachinanguero del número 6 o de mayor tamaño, la cual emplea un carrete de impulso hidráulico con una línea madre.

En general, las evaluaciones pesqueras se han centrado en *E. morio* y no toma en cuenta al resto de las especies asociadas en su captura, a pesar de la importancia ecológica y pesquera que estas representan, por lo que la toma de decisiones presenta información insuficiente que permita un manejo integral de la pesquería. Debido a esto, se requiere generar conocimiento sobre aspectos biológicos y pesqueros de las especies asociadas, con el fin de que estos conocimientos sean tomados en cuenta en la elaboración de las medidas de manejo de la pesquería.

En el presente trabajo se analizó el estado actual de la pesca del negrillo como una de las especies más importantes de la pesquería. En primera instancia se analizaron las capturas históricas y se determinó su importancia y desarrollo dentro de la pesquería de mero de Yucatán. Además, se provén parámetros poblacionales y puntos de referencia como las estimaciones de biomasa, el máximo rendimiento sostenible (MRS) y los parámetros de crecimiento de la especie, todo esto como conocimiento clave para el manejo sustentable de la especie.

## ANTECEDENTES

El negrillo forma parte del complejo mero-pargo, una pesquería multiespecífica, secuencial y compartida. Dichas características ponen a ésta y a las demás especies en una situación complicada por lo que la información acerca de las capturas debe ser analizada de manera detallada para llevar a cabo un manejo adecuado (CONAPESCA, 2014; Coronado y Salas, 2011).

Durante los últimos años, la pesquería de *E. morio* (mero americano) ha disminuido su aportación en la pesca de escama de la costa de Yucatán. Mientras que en los años setenta representaba un 95% de las capturas, hoy en día representa entre 50% y 60% en la flota de mediana altura. Las capturas de mero americano han presentado una tendencia de disminución y actualmente se le considera como sobreexplotado (INAPESCA, 2014) (Fig. 2). En muchas de las pesquerías del mundo, las especies asociadas a las capturas de la especie objetivo, las cuales en un principio son descartadas o infravaloradas debido a su precio en el mercado, terminan por complementar las capturas de la especie objetivo cuando la pesquería de ésta se encuentra en declive como es el caso de la pesquería de mero americano (Levesque 2010; Quijano com. Pers.). A pesar de ello, en los registros oficiales de la captura de especies de escama, no están desglosados por especie ni por flota, por ejemplo, en el anuario estadístico de pesca, todos los peces que pertenecen a la familia Serranidae están agrupados bajo el nombre de “meros y similares” (Brulé *et al.*, 2009). Por lo anterior, resulta complicado realizar un análisis exhaustivo de la pesquería y un plan de manejo integral que considere de manera particular cada una de las especies incluidas en este grupo.

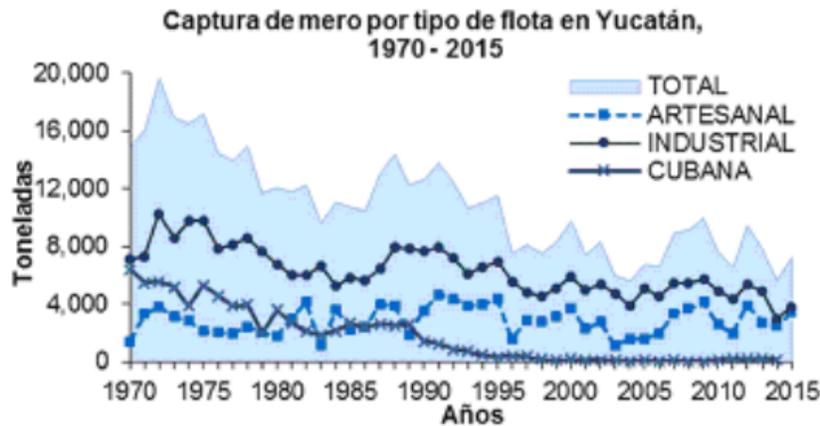


Figura 2. Tendencia de captura de la pesquería de mero en Yucatán. Tomada de la carta nacional pesquera 2018.

### Descripción de la especie

*Mycteroperca bonaci* es un pez marino que pertenece a la familia serranidae, llamados comúnmente meros o chernas. Fue descrita por Poey en 1860 y de acuerdo con el Registro Mundial de Especies Marinas, *M. bonaci* pertenece a:

**Reino:** Animalia

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Superclase:** Gnathostomata

**Clase:** Actinopteryggi

**Orden:** Perciformes

**Suborden:** Percoidei

**Familia:** Serranidae

**Subfamilia:** Epinephelinae

**Género:** *Mycteroperca*

**Especie:** *M. bonaci*

Nombre científico: *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860)

*Mycteroperca bonaci* tiene un cuerpo oblongo y comprimido, con una longitud estándar que es de 3.3 a 3.5 veces su profundidad. Posee un preopérculo uniformemente redondeado sin inscripciones ni lóbulos en su ángulo. Tiene XI espinas en la aleta dorsal y 15-17 radios blandos, la aleta anal tiene III espinas y 11-13 radios blandos, las dos aletas tienen márgenes redondeados. La aleta caudal es de truncada a emarginada sin embargo, puede ser convexa si se extiende ampliamente. *M. bonaci* cuenta con una "t" general de color gris oliva y está marcada con manchas oscuras y hexagonales de color bronce sobre la cabeza y los lados. Las aletas pectorales son marron oscuro y se desvanecen a naranja hacia el borde; la parte rallada suave de la aleta dorsal y la aleta anal, así como el borde delantero de la aleta pélvica tienen un borde oscuro (Fig. 3).

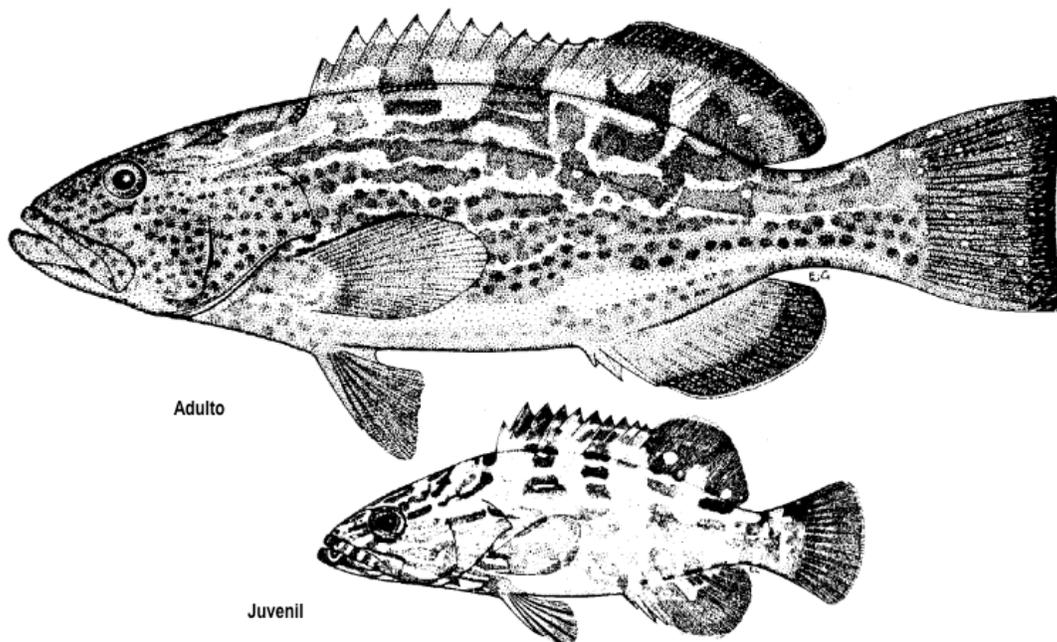


Figura 3: *Mycteroperca bonaci* en estadio juvenil y adulto (modificado de Heemstra y Randall, 1993)

La familia Serranidae está comprendida por 75 géneros y 556 especies, de las cuales 21 especies se distribuyen en el Sureste del Golfo de México sobre la plataforma continental de la Península de Yucatán y constituyen el componente principal de la pesca de escama en el estado de Yucatán (Brulé *et al.*, 2009; Fricke *et al.*, 2018). En Yucatán, dos especies de la familia Serranidae (*M. bonaci* y *E. morio*) son las más importantes en las capturas de escama de la entidad y actualmente, dicha pesquería está considerada como sobreexplotada (DOF 2014; SAGARPA, 2018).

### **Crecimiento**

En cuanto al crecimiento, el trabajo realizado por Crabtree y Bullock (1998) menciona que el negrillo presenta un rápido crecimiento hasta la edad de 10 años y a partir de esta edad, la tasa de crecimiento va disminuyendo. La mayoría de individuos muestreados en dicho trabajo, se encontraban en un rango de edad de entre 2 y 10 años y las clases de edades más abundante fue de 2-6 años y los individuos con mayor edad calculada fueron de 33 años.

Manooch y Mason (1987) obtuvieron que el negrillo tiene un crecimiento alométrico positivo con un valor de  $b=3.141$ , de igual manera, Bullock y Smith (1991) llegaron a la misma conclusión con un valor de  $b=3.210$ . Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy estimados por Manooch y Mason (1987) fueron:  $L_{\infty} = 135$  cm y un valor de  $k = 0.1156$ .

### **Características reproductivas**

En el trabajo de Brulé *et al.* (2003) realizado en el Banco de Campeche, se demostró que el negrillo es una especie hermafrodita protoginia, y que las hembras cambian de sexo entre los 85.5 y 125.0 cm de longitud y el tamaño medio de la inversión sexual fue de 103.3 cm. Cuando alcanzaron una longitud de 111.4 cm, la mitad de las hembras colectadas se habían transformado en machos. Del mismo modo, en cuanto a la temporada reproductiva, se encontró la mayor proporción de hembras en estado de madurez reproductiva en los meses de octubre, diciembre, enero y febrero y con tallas de entre 58.0 y 123.5 cm.

Algunas especies de serránidos crean agrupaciones de desove que generalmente están sincronizados con las fases lunares (Coleman *et al.*, 1996). Para el negrillo, un estudio realizado por Eklund *et al.* (2000), describió una agregación para desove en un área protegida de los Cayos de Florida, dicha área de agregación resultó ser espacialmente discreta (100 m<sup>2</sup>) en profundidades de entre 18 y 28 m. La agregación alcanzó el máximo de individuos en el mes de enero y principios de febrero. Otro estudio realizado en el noreste de Brasil por Ferreira *et al.* (2004), indicó que las temporadas de desove reportadas fueron de febrero a mayo, donde se colectaron gran cantidad de hembras en etapa de maduración temprana, y hembras maduras durante los periodos de abril-mayo y agosto-septiembre.

**Distribución**

El negrilla es una de las 20 principales especies de serránidos en la región tropical; en el Atlántico occidental desde las Bermudas y Massachusetts hasta la zona suroeste de Brasil, pasando por el sureste del Golfo de México, los Cayos de Florida y otras zonas del Caribe como Las Bahamas y Cuba (Heemstra y Randall, 1993) (Fig. 4). Esta especie prefiere tipos de fondo irregulares, repisas rocosas y arrecifes de coral en profundidades que van desde los 10 a los 100 metros (Brulé *et al.*, 2003).



Figura 4. Mapa de distribución de *M. bonaci* en el océano atlántico

### **Medidas de manejo**

Actualmente, la pesca del negrillo opera bajo lo establecido en el Plan de Manejo Pesquero de mero (*Epinephelus morio*) y especies asociadas en la Península de Yucatán (DOF, 2014). En dicho plan, el negrillo no cuenta con una talla mínima de captura al igual que las demás especies asociadas, únicamente se considera la talla mínima para *E. morio* que es de 36.3 cm (LT) (DOF, 2018). El periodo de veda es del 1 de febrero al 31 de marzo de cada año (DOF, 2017). Las artes de pesca y métodos de captura permitidos son: para embarcaciones mayores, no más de cuatro palangres con máximo 500 anzuelos cada uno o un palangre con máximo 2000 anzuelos, los anzuelos son de tipo garra de águila. Para las embarcaciones menores: un palangre no mayor a 750 m de línea madre con máximo 250 anzuelos. Para la flota de mediana altura no está permitido utilizar más de 10 alijos por embarcación de 10 toneladas de registro bruto, ni más de seis alijos por embarcación menor de 10 toneladas de registro bruto con motor estacionario. En embarcaciones menores no se permite el uso de mas de dos alijos para embarcaciones menores de una tonelada de registro bruto con motor fuera de borda. Cada alijo puede llevar máximo a un pescador con una línea de mano o palangre de 750 metros de línea madre con un máximo de 150 anzuelos (DOF, 2018).

Como se observa en el párrafo anterior, no existen medidas de manejo específicas para el negrillo y debido a que el negrillo tiene un crecimiento lento y una maduración tardía (Coleman *et al.*, 1999), se sitúa como una especie vulnerable a la sobrepesca.

### **Modelo de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS)**

En las décadas de 1960 y 1970, se consideraba una meta conseguir el máximo rendimiento sostenible (MRS) para el manejo de las pesquerías y todos los manejadores de recursos tenían como objetivo fijar y lograr el MRS como nivel ideal de captura o de determinar la tasa de mortalidad por pesca correspondiente al MRS ( $F_{MRS}$ ). Este modelo está basado en un concepto conocido como modelo de exceso de producción o modelo de biomasa dinámica, el cual asume que el crecimiento neto por año en la abundancia y la biomasa de una población aumenta conforme la biomasa de la población también aumenta hasta llegar a una cierta biomasa en la cual, dicho crecimiento neto o excedente de producción alcanza un punto máximo (el MRS). A dicha biomasa se le conoce como  $B_{MRS}$  y a la tasa de mortalidad por pesca que lograría el MRS se le conoce como  $F_{MRS}$  (Cochrane, 2005).

A pesar de lo anterior, la mayoría de las pesquerías explotadas en el mundo y principalmente en los países en vías de desarrollo, no cuentan con estimaciones de biomasa para las diferentes especies explotadas debido a la dificultad de obtener datos biológicos y pesqueros (Enciso, 2014; López-Rocha, Com. Pers.). Por ello, Martell y Froese (2013) propusieron un método que optimiza el modelo que estima el máximo rendimiento sostenible (C-MRS) utilizando únicamente datos de capturas anuales, mismas que están disponibles en la mayoría de las pesquerías.

### **Modelos de crecimiento desde el enfoque del análisis de frecuencia de longitud**

El estudio del crecimiento de los peces consiste básicamente en calcular el tamaño corporal en función de la edad, por ende, muchos métodos de evaluación de stocks funcionan principalmente con datos de composición por edades (Pauly, 1980). Generalmente, estos datos se obtienen mediante el conteo de los anillos de edad en estructuras duras como otolitos o escamas, sin embargo, en ambientes tropicales, resulta muy complicado además de costoso calcular la edad del individuo utilizando estos métodos. Actualmente existen métodos numéricos que sirven para convertir las frecuencias de tallas en composición por edades, dichos métodos resultan útiles al evaluar poblaciones de peces tropicales si se cuenta con un número considerable de datos de frecuencia de tallas (Pauly, 1980).

La base de los métodos que se utilizan para el estudio del crecimiento basados en el análisis de la distribución de frecuencias de tallas es el trabajo de Petersen (1892) (Pauly, 1980; Freyre *et al.*, 2005). El objetivo de este método es separar una distribución de frecuencias de tallas en cohortes (grupos de peces de la misma edad que pertenecen al mismo stock) y a cada una de estas asignarles una edad arbitraria y a partir de la talla media de cada cohorte y la edad asignada, obtener los parámetros de crecimiento de la especie. Una de las adaptaciones más importantes a este método, es el análisis de progresión de clases modales o análisis de progresión modal (Pauly, 1980; Freyre *et al.*, 2005). Éste se puede aplicar a distribuciones de frecuencia de tallas que corresponden a diferentes fechas de captura que se ordenan de manera secuencial y requiere de asumir ciertos supuestos para poder establecer cuáles modas se pueden conectar entre sí (Freyre *et al.*, 2005).

## JUSTIFICACIÓN

El negrillo es la segunda especie en importancia después de *E. morio* en la pesquería de escama en Yucatán. A pesar de ello, la normatividad pesquera vigente no considera sus características biológicas y ecológicas, lo cual puede resultar en que las medidas de manejo que se aplican a la pesquería no sean adecuadas para la población de negrillo, lo que puede provocar que su captura se realice de una manera no sustentable. Adicionalmente, debido a la declinación de la población de *E. Morio*, el negrillo ha recibido mayor atención de los pescadores, sometándolo a una intensa presión de pesca, por lo tanto, es necesario realizar evaluaciones de las tendencias de capturas para conocer el estado de la pesquería y poder determinar la importancia de las capturas de negrillo en la pesquería. A pesar de la creciente importancia de esta especie en las capturas, no existe información actualizada sobre el estado poblacional de *M. bonaci* y en qué medida está siendo afectada por la presión de pesca, por ello, es importante realizar estimaciones de biomasa y calcular puntos de referencia como el máximo rendimiento sustentable, así como parámetros clave de la población que puedan servir como base para posibles medidas de manejo a futuro.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado de la pesca de negrillo dentro de la pesquería de mero en Yucatán, con el fin de aportar conocimiento para el manejo sustentable de la especie.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el desarrollo del aporte en las capturas de *M. bonaci* en la pesquería de Mero de Yucatán.
- Determinar la biomasa y el máximo rendimiento sostenible de la población de *M. bonaci*.
- Estimar los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *M. bonaci*.

## ÁREA DE ESTUDIO

Yucatán está ubicado al sureste de México entre los 19° 31' N y 22° 35' N y los 87° 32' W y 90° 24' W con una extensión de 378 Km de litoral; su lado este hace frontera con Quintana Roo y su lado norte y oeste con el Golfo de México (Fig. 5). La mayor parte del territorio presenta un clima cálido sub

húmedo, se registra una temperatura media anual de 26° C y 1000 mm de precipitación media al año (INEGI, 2017).

La plataforma continental es extensa y es conocida como el Banco de Campeche. La superficie total del Banco es de aproximadamente 175,000 km<sup>2</sup> y se extiende hasta los 24° N, limita por fuera con la isobata de 200 m (Coronado y Salas, 2011). El Banco de Campeche, es la principal área de operación de la flota artesanal y semi-industrial de Yucatán, misma que incide en la pesquería del mero y que tienen como sitios de desembarco los ocho principales puertos del estado (Colás-Marrufo, 1998; DOF, 2014).

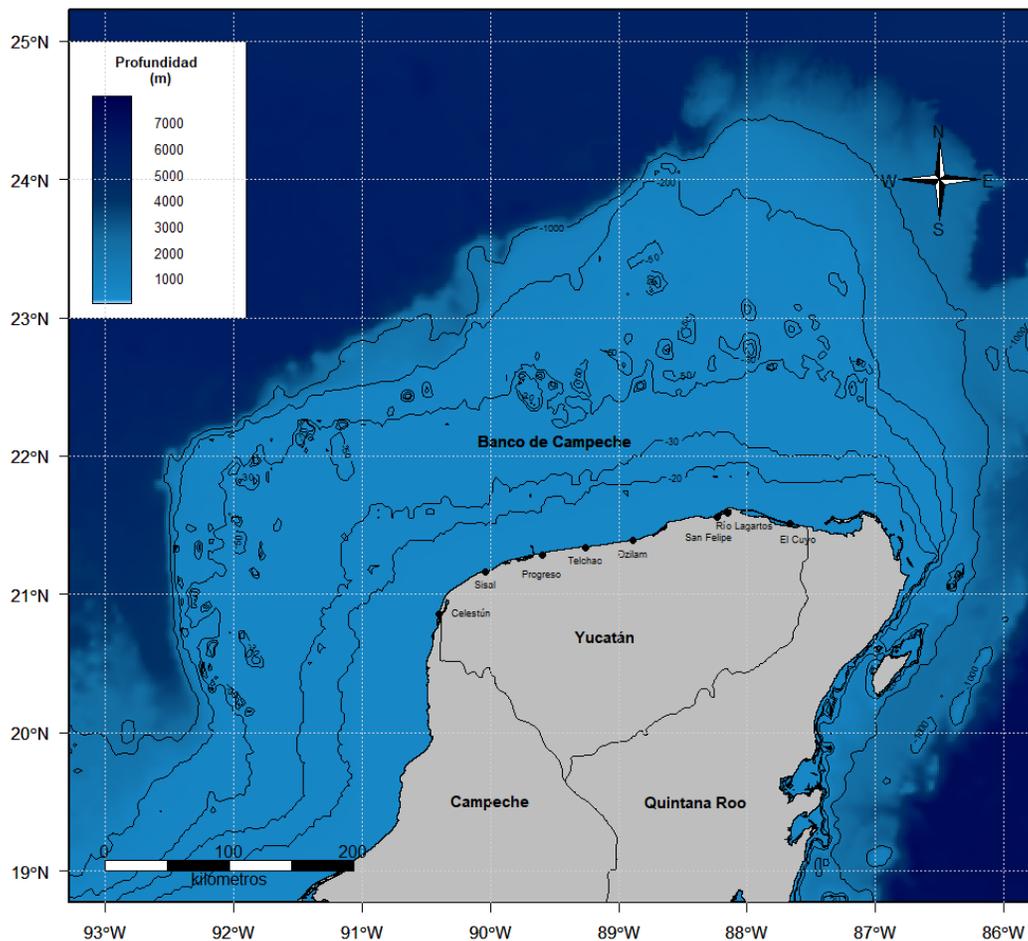


Figura 5: Área de estudio. Banco de Campeche donde se desarrolla la pesquería de mero de la península de Yucatán. Se ubican los principales puertos de descarga de capturas: Celestún, Sisal, Progreso, Dzilam de Bravo, Telchac, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo.

## METODOLOGÍA

### Análisis de capturas

Para determinar el porcentaje de captura que representa el negrillo dentro de la pesquería de mero, se analizaron los desembarques entre enero de 2000 y diciembre de 2019 en los principales puertos pesqueros de Yucatán: Celestún, Sisal, Progreso, Dzilam de Bravo, Telchac, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo (Fig. 5), utilizando la base de datos de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). La información de capturas se clasificó en tres grupos: mero; negrillo; y especies asociadas (Tabla 1). Se realizó un análisis de los porcentajes de cada uno de estos grupos tomando en cuenta el año, el mes y el puerto. Se elaboraron gráficas para visualizar el desarrollo de la composición de capturas.

Se analizaron las variaciones espacio-temporales de la captura de negrillo, con el fin de detectar posibles patrones o tendencias que pudieran revelar el desarrollo y condición actual de la pesca de negrillo en Yucatán. Se analizó la tendencia general de los últimos años de captura, así como las variaciones en las proporciones de captura entre puertos.

Para conocer la situación general de la pesca se realizó un análisis de las desviaciones de las capturas. Se utilizó el índice de capturas propuesto por Arreguín-Sánchez (2006), mismo que representa la tasa de cambio de las capturas como:

$$IC_a = Ln \left( \frac{C_a}{C_{\bar{a}}} \right) \quad (1)$$

Donde  $IC_a$  es el índice de capturas,  $C_a$  es la captura en el año  $a$  y  $C_{\bar{a}}$  es la captura promedio durante el periodo de estudio. Si el valor de  $IC$  es cero, quiere decir que no hay cambio de un año con respecto al promedio del periodo de estudio. Suponiendo que el esfuerzo ha aumentado en el tiempo y que el recurso está explotado en un nivel cercano al de máxima producción biológica, la tendencia del índice de capturas ( $IC$ ) puede servir como una referencia general de las tendencias de la biomasa y así tener un indicador grueso del estado de la población del negrillo.

Para conocer el índice de capturas por puerto pesquero, se realizó la siguiente modificación a la ecuación:

$$IC_z = Ln \left( \frac{C_z}{\bar{C}} \right) \quad (2)$$

Donde  $C_z$  es la captura en el puerto  $z$  y  $\bar{C}$  son las capturas promedio de los puertos. El índice  $IC_z$  servirá como referencia de la variabilidad espacial de las capturas.

### **Método de Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (Martell y Froese, 2012)**

La falta de información pesquera y biológica (principalmente estimaciones de biomasa) de varias de las especies de importancia en el mundo se debe a que dicha información resulta difícil de obtener debido a la gran cantidad de datos que se requieren para realizar una evaluación robusta y exhaustiva de cada una de las especies explotadas y al alto costo económico que implicaría obtener dichos datos (Enciso, 2014; Rodríguez-Domínguez *et al.*, 2014). Por lo tanto, Martell y Froese (2012) presentaron un método sencillo que tiene la ventaja de funcionar únicamente con datos de captura anuales denominado método Captura-Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS).

El método C-MRS requiere como datos de entrada una serie de tiempo de capturas ( $C_t$ ), intervalos de proporción de biomasa inicial ( $\lambda_{01}, \lambda_{02}$ ) y final ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) correspondiente a la serie de tiempo de capturas, capacidad de carga de la población ( $K$ ) y un grupo de valores de  $r$  (tasa de incremento poblacional o resiliencia), posteriormente utiliza el modelo de Schaefer (1954) para calcular la biomasa anual a través de 100,000 iteraciones variando estocásticamente con distribución uniforme los parámetros mencionados. Posteriormente se utiliza una distribución de Bernoulli como función de verosimilitud para aceptar cada par de valores  $r$ - $k$  estimados que dan como resultado estimaciones de biomasa que se encuentren dentro de los valores del intervalo de biomasa final ( $\lambda_{2,1}, \lambda_{2,2}$ ) es decir, que no signifiquen un colapso del stock o un exceso de la capacidad de carga estimada. Adicionalmente, se consideró un error de procesamiento de 0.05 ( $0, \sigma(v t)$ ) (Martell y Froese, 2012; Enciso, 2014).

La serie de tiempo de capturas ( $C_t$ ) se obtuvo de la base de datos de capturas del 2000 al 2019 para *M. bonaci* en el estado de Yucatán, obtenidos de los registros oficiales de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA).

Se utilizó un intervalo inicial de proporción de biomasa ( $\lambda_{01}, \lambda_{02}$ ) de 0.5 a 0.9, parámetros por defecto recomendados por Martell y Froese (2013). Esta proporción se obtiene dividiendo la captura inicial y final ( $C_i$ ) entre la captura máxima ( $C_{max}$ ) de la serie de datos del 2000-2019. A partir de esta proporción

Martell y Froese (2013) proponen intervalos de valores para estimar la biomasa inicial y final como una proporción de la capacidad de carga (K) (Tabla 2). La captura final del periodo dividida entre la máxima captura fue mayor a 0.5 por lo tanto, el intervalo de captura final ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) fue de  $\lambda_1 = 0.3, \lambda_2 = 0.7$ .

Tabla 2. Valores para biomasa (B) inicial y final recomendados por Martell y Froese (2013).

	Captura / máxima captura	B / K
Año inicial	< 0.5	0.5-0.9
	$\geq 0.5$	0.3-0.6
Año final	> 0.5	0.3-0.7
	$\leq 0.5$	0.01-0.4

Se utilizó un intervalo de r para especies de resiliencia media de 0.2 a 1.0 reportada en [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) para *M. bonaci*. Martell y Froese (2013) proponen una clasificación de resiliencia basados en valores de la tasa máxima de crecimiento poblacional (Tabla 3).

Tabla 3. Valores resiliencia propuestos por Martell y Froese (2013).

Resiliencia	Alta	Media	Baja	Muy baja
r (año <sup>-1</sup> )	0.6 -1.5	0.2-1	0.05-0.5	0.015-0.1

El intervalo de la capacidad de carga (K) se obtuvo de la siguiente manera: El intervalo inferior de K fue la máxima captura en la serie de tiempo analizada y el intervalo superior de K se obtuvo multiplicando por 100 la máxima captura registrada (Martell y Froese, 2013).

La biomasa inicial ( $B_0$ ) en la serie de tiempo se estimó con la fórmula:

$$B_0 = \lambda_0 K \times \exp(v t) \quad (3)$$

y para los siguientes años como (4):

$$B_{t+1} = [B_t + r B_t] * \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - Ct \times \exp(v t) \quad (4)$$

El procedimiento se realizó con el software de programación R (R Core Team, 2019) (versión 3.6.1) utilizando una función desarrollada específicamente para realizar el modelo de C-MRS. Con los valores de los pares r – K que cumplieron la prueba de verosimilitud, se calculó el máximo rendimiento

sustentable (MRS), la biomasa al máximo rendimiento sustentable ( $B_{MRS}$ ) y la mortalidad por pesca al máximo rendimiento sustentable ( $F_{MRS}$ ), como:

$$MRS = \frac{rK}{4} \quad (5)$$

$$B_{MRS} = \frac{K}{2} \quad (6)$$

$$F_{MRS} = r/2 \quad (7)$$

Se estimaron las medias geométricas de  $r$ ,  $K$ ,  $MRS$ ,  $B_{MRS}$  y la biomasa de cada año en el periodo estudiado también, se obtuvieron los cuartiles 5 y 95%. Lo anterior implica que en cada distribución lognormal, el 95% de las estimaciones de los parámetros, se encontrarán dentro del intervalo de confianza.

#### Estimación de parámetros de crecimiento y análisis de progresión modal

Durante la temporada 2017, se muestrearon 125 individuos de *M. bonaci* desembarcados por la flota artesanal de Dzilam de Bravo, Yucatán. Para llevar a cabo los procedimientos necesarios del estudio, dichos individuos fueron medidos (cm) con un ictiómetro de madera de 100 cm de largo y para los individuos de mayor longitud se utilizó una cinta métrica de costurera y pesados (Kg) con una báscula digital marca TorRey Modelo EQB-W 20/40 con capacidad máxima de 20 kg o 40 lbs ( $\pm 005$  kg).

La distribución de las longitudes de *M. bonaci* se representó gráficamente mediante un histograma de frecuencia utilizando un intervalo de frecuencia de 2 cm. Los grupos modales observados se ajustaron a un modelo multinomial que está definido por:

$$P\{x_i | n, P_1, P_2, \dots, P_k\} = n! \prod_{i=1}^k \frac{P_i^{x_i}}{x_i!} \quad (8)$$

Donde  $X_i$  es el número de veces que ocurre el evento  $i$  en un número de muestras,  $n$  es el tamaño de la muestra y  $P_i$  son las probabilidades separadas de cada posible evento  $k$  (Haddon, 2001; Velázquez-Abunader *et al.*, 2016). Para estimar los parámetros del modelo fue necesario transformar la ecuación anterior en una expresión de probabilidad, lo cual dio como resultado la siguiente ecuación:

$$-\ln L = \{x_i | n, P_1, P_2, \dots, P_k\} = \sum_{i=1}^n [x_i \ln(p_i)] \quad (9)$$

Para estimar los parámetros del modelo, se asumió que la distribución de longitudes de cada grupo modal está distribuida normalmente y que cada moda presente en la distribución de frecuencia de longitud representa una cohorte de la población (Haddon, 2001; Velázquez-Abunader *et al.*, 2016). Bajo dicha condición, las estimaciones de las proporciones relativas que se esperan de cada intervalo de longitud se describieron utilizando la función de densidad:

$$P_l = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(L-\mu_n)^2}{2\sigma^2}} \quad (10)$$

Donde  $\mu_n$  son la media y  $\sigma$  es la desviación estándar de la longitud para cada grupo modal. Las frecuencias esperadas se estimaron utilizando la función logarítmica de la distribución multinomial y los valores finales de los parámetros del modelo se determinaron mediante la comparación de las frecuencias observadas y esperadas (Haddon, 2001; Velázquez-Abunader *et al.*, 2016). La función objetivo para la estimación de parámetros se definió de acuerdo a:

$$-1nL\{L|\mu_i, \sigma_i\} = -\sum_{i=1}^n L_i \ln(\hat{P}_i) = -\sum_{i=1}^k \ln\left(\frac{\hat{L}_i}{\sum \hat{L}_i}\right) \quad (11)$$

Los valores semilla para la estimación de los parámetros (número de modas, longitud media de cada moda, desviación estándar y el índice de separación) se obtuvieron utilizando el método Bhattacharya (1967) en el programa FiSAT II, realizando una estimación para el mes de julio, una para agosto y una para septiembre, posteriormente fueron introducidas al lenguaje de programación R (R Core Team, 2019) (versión 3.6.1) utilizando la paquetería mixtools (Benaglia *et al.*, 2009). Los parámetros del modelo se estimaron cuando se minimizó la función de verosimilitud logarítmica negativa, para la cual se utilizó el algoritmo no lineal ajustado de Newton.

Para determinar la separación efectiva de los grupos modales, se utilizó el índice de separación (IS) propuesto por Sparre y Venema (1997):

$$IS = \frac{L_j - L_i}{\left(\frac{S_j^2 + S_i^2}{2}\right)} \geq 2 \quad (12)$$

Donde  $L_j$  y  $L_i$  son las longitudes medias de los grupos modales  $j$  e  $i$ ,  $s_j^2$  y  $s_i^2$  son las desviaciones estándar de los grupos modales  $j$  e  $i$ . Cuando  $IS < 2$  no es factible separar los componentes normales de las frecuencias observadas.

El modelo de crecimiento de von Bertalanffy (1938) se ajustó para los datos obtenidos de la longitud media de cada cohorte identificada, definida por la ecuación:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (13)$$

Donde  $L_t$  es la longitud total promedio para la edad  $t$ ,  $L_\infty$  es la longitud asintótica,  $k$  es el coeficiente de crecimiento,  $t$  es la edad en años y  $t_0$  es la edad hipotética cuando  $L_t = 0$ . Para fines de este estudio, la longitud asintótica se estimó como:  $L_\infty = L_{\max}/0.95$  (Pauly 1984). Donde  $L_{\max}$  es la longitud máxima registrada para la especie,  $L_{\max} = 130$  cm registrada por Crabtree y Bullock (1998).

**RESULTADOS**

**Análisis de capturas**

En total, la pesquería de mero americano y especies asociadas durante el periodo estudiado (2000-2019) registró una captura de 145 mil toneladas, de las cuales 13,300 corresponden a *M. bonaci*, 107,000 a *E. morio* y 24,800 a las demás especies incluidas en la pesquería. La captura mínima registrada para el mero americano, fue en el 2014 con un total de 1,880 toneladas lo cual representó el 61.3% de las capturas de la pesquería en ese año (Fig. 6).

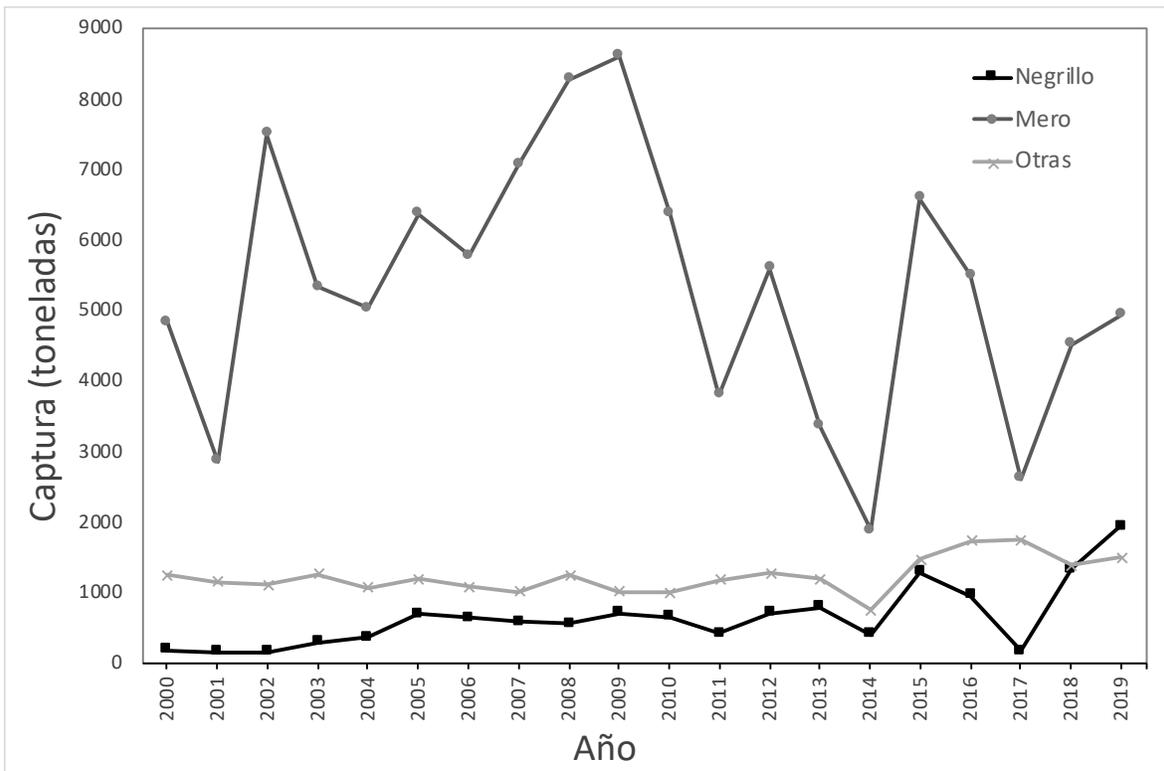


Figura 6: Capturas totales en el periodo de estudio (2000-2019) para *E. morio*, *M. bonaci* y las demás especies asociadas (Datos proporcionados por CONAPESCA).

Las capturas de *M. bonaci*, variaron a lo largo del periodo de estudio, la captura máxima registrada fue de 1,950 toneladas en el año 2019 lo cual representa el 23.1% de las capturas y su captura mínima registrada fue en el año 2001 con 166 toneladas representando solamente el 3.9% de las capturas del año (Fig. 7).

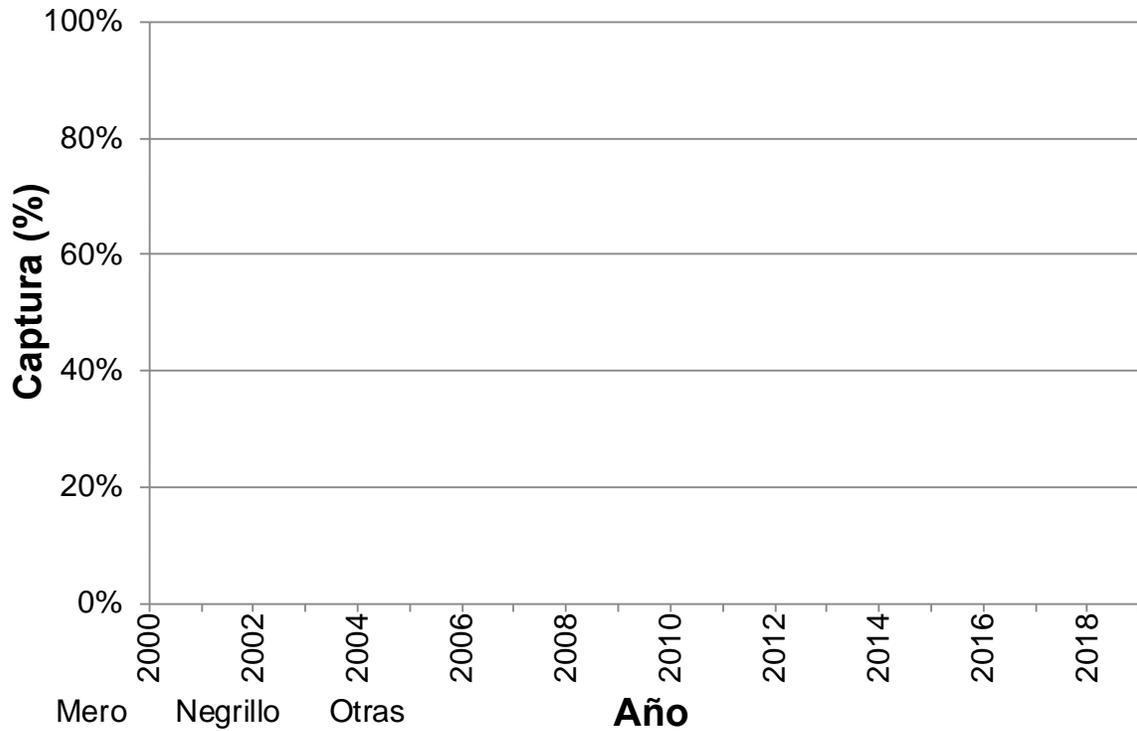


Figura 7: Porcentaje de las capturas anuales de la pesquería de mero para los tres grupos realizados en el periodo estudiado 2000-2019.

En cuanto a la distribución de las capturas de negrillo por puerto, se encontró que Progreso es el que más aporta a la pesquería, comprendiendo el 85% de las capturas en todo el periodo con un total de 11,271 toneladas, le siguió Dzilam de Bravo con el 6.7% y 885 toneladas. Los puertos que menos aportaron a las capturas de negrillo fueron El Cuyo y Telchac, ambos con el 0.1% y 16 y 12 toneladas respectivamente (Fig. 8).

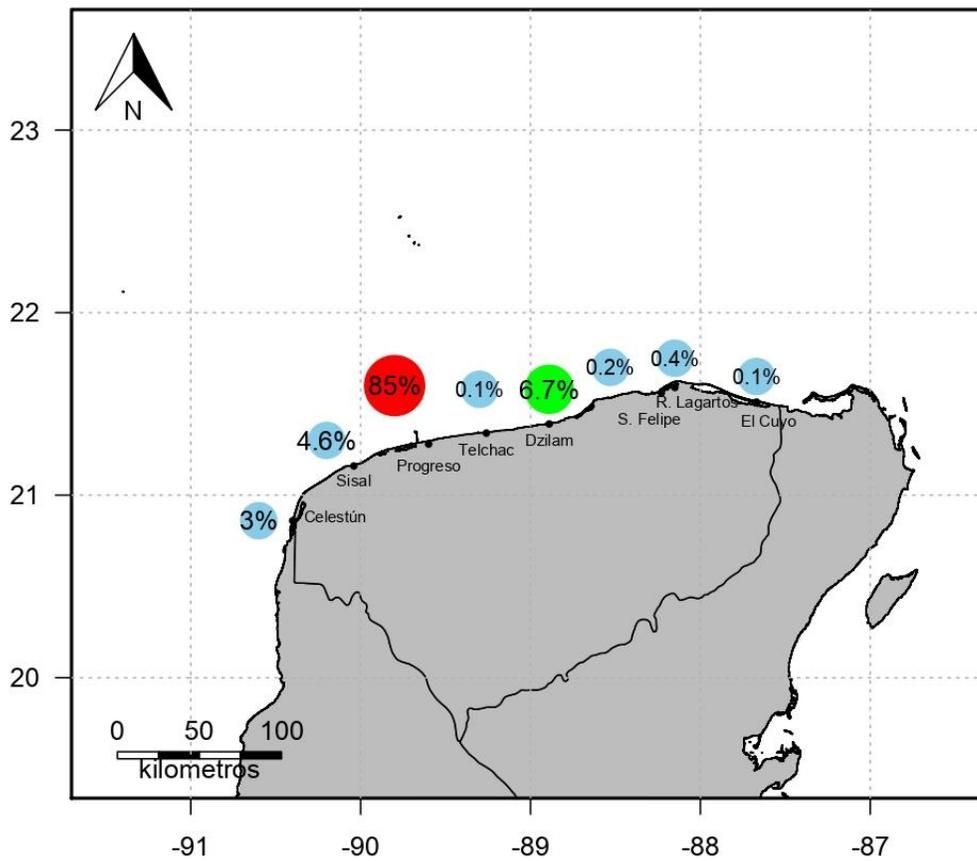


Figura 8. Distribución de los porcentajes de captura de negrillo por puerto en el estado de Yucatán en el periodo 2000-2019.

En todos de los puertos del estado, *E. morio* fue la especie más capturada en el periodo analizado, sin embargo, *M. bonaci*, tuvo una presencia importante en los puertos de Progreso, Sisal y Dzilam de Bravo con 13, 9 y 8% respectivamente con capturas entre las 11,000 y 800 toneladas (Fig. 9).

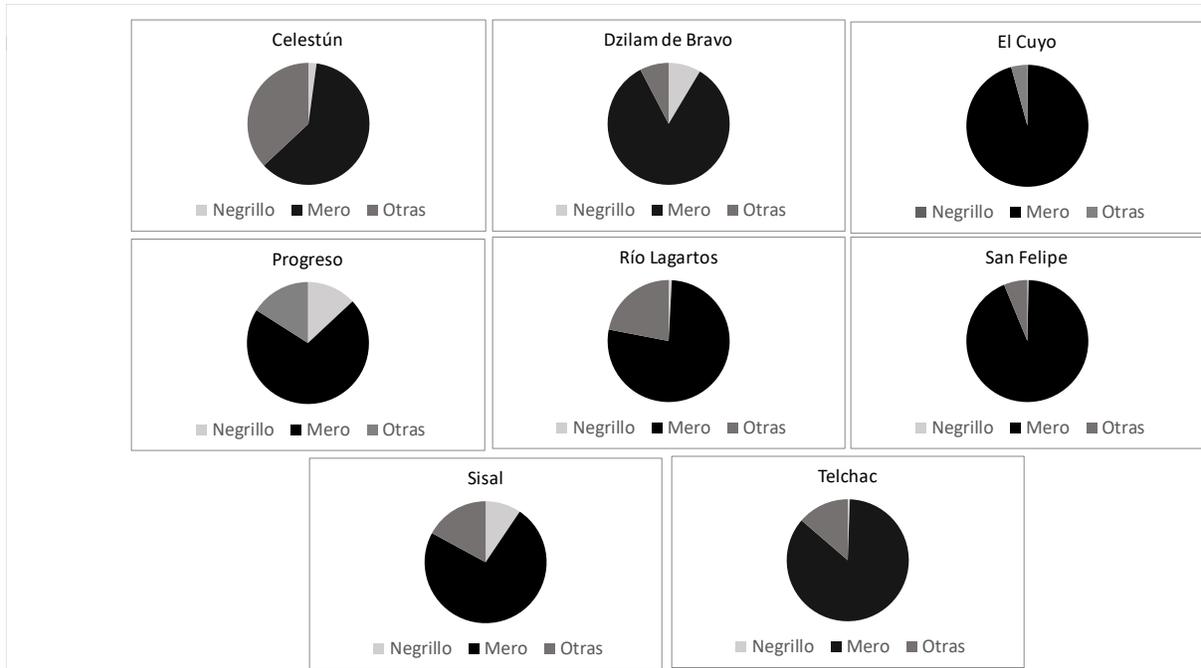


Figura 9. Composición de las capturas de la pesquería del mero en los principales puertos de Yucatán en el periodo de estudio 2000-2019.

En general, la tendencia del *IC* fue en aumento desde el inicio del periodo de estudio. El índice de captura de *M. bonaci* varió -1.38 a 1.08. De los 20 años que comprendió el periodo de estudio, en 11 años el índice de captura presentó valores negativos, lo que significa que en esos años las capturas se ubicaron por debajo del promedio de las capturas anuales en el periodo de estudio. De los 11 años con valores negativos, cinco se presentaron de manera consecutiva en los primeros años del periodo estudiado (2000-2004). Tres años negativos se presentaron consecutivamente (2006-2008) y el resto de los valores negativos, se presentaron en los años 2011, 2014 y 2017 (Fig. 10)

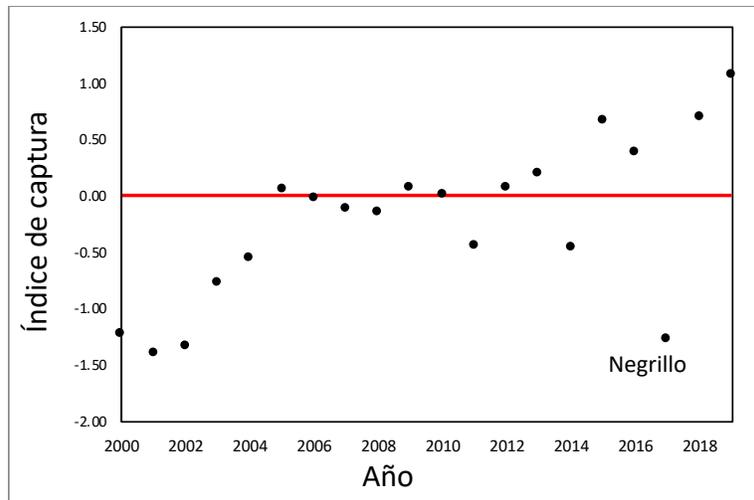


Figura 10: Índice de captura de *M.bonaci* en la pesquería de mero en el estado de Yucatán en el periodo 2000-2019.

Para comparar también la tendencia del mero americano y las otras especies asociadas de la pesquería, se calculó el índice de captura para las mismas. Se observa una tendencia general en aumento en las especies asociadas a la pesquería con un IC positivo en los últimos años del estudio mientras que, en el IC del mero americano, la tendencia va en decremento comenzando con un IC positivo y en los últimos años un IC negativo (Fig.11).

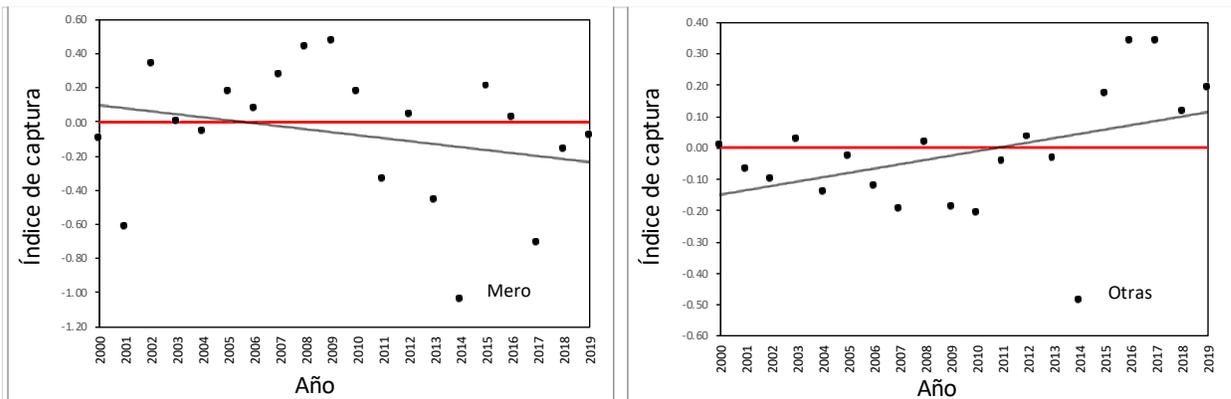


Figura 11: Índice de capturas del mero americano y de las especies asociadas a la pesquería en el periodo 2000-2019.

Analizando el índice de captura del negrillo en los diferentes puertos de Yucatán presentan también una tendencia creciente y en los últimos años, el índice de capturas presentó una tendencia de incremento en todos los puertos (Fig. 12). Los puertos como San Felipe y El Cuyo, no cuentan con registros de captura para todo el periodo de estudio, a pesar de eso, para los años 2018 y 2019, se registró un IC superior a cero, lo cual significa que hubo capturas superiores al promedio. A pesar de que el puerto de Sisal presenta un IC superior a cero, en los últimos años se observa poco aumento con respecto a los mismos años en diferentes puertos.

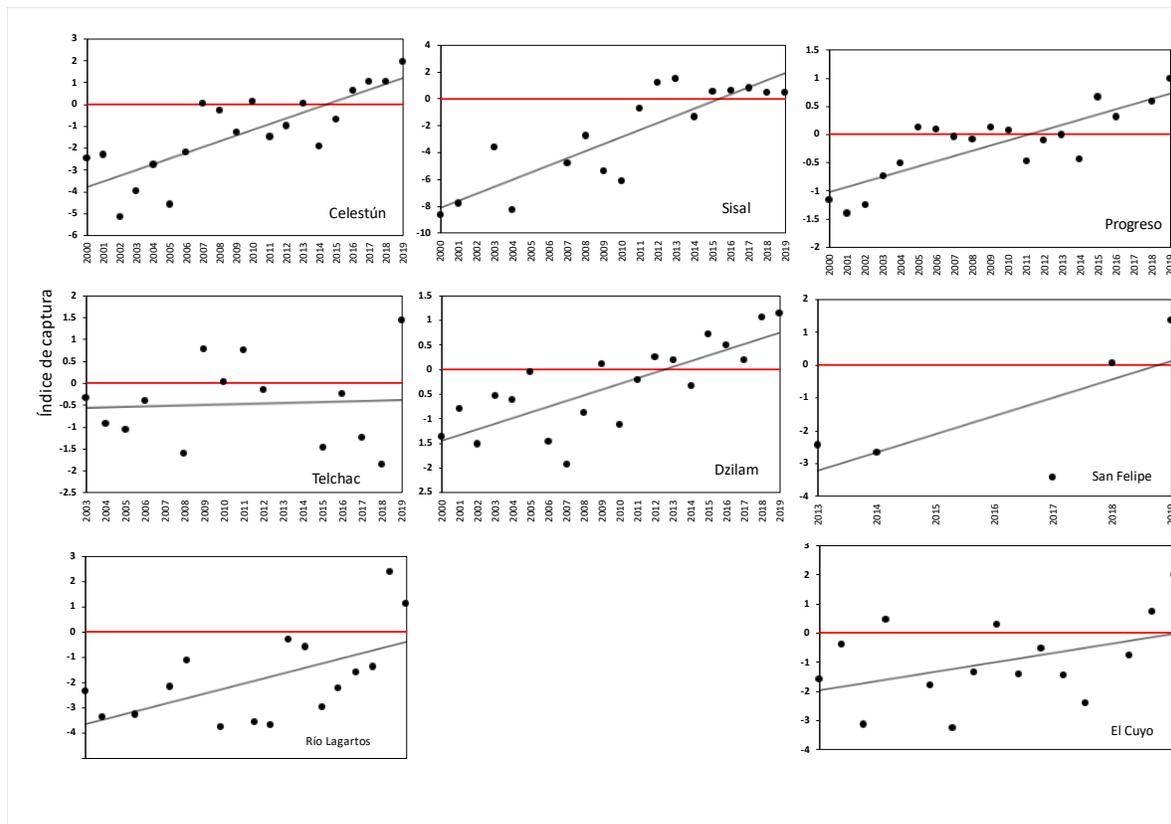


Figura12: Índice de captura de *M. bonaci* en los diferentes puertos de Yucatán en los 20 años del periodo analizado (2000-2019).

### Método de Captura Máximo Rendimiento Sostenible (C-MRS)

En la figura 13 se muestra la serie de tiempo de capturas de *M. bonaci* analizada y los límites al 95% de confianza del máximo rendimiento sostenible (MRS) promedio estimado por el modelo. Las capturas de *M. bonaci* se muestran en la mayoría de los casos dentro del rango de confianza del estimado, con excepción del año 2019, la captura quedó por arriba de dicho rango.

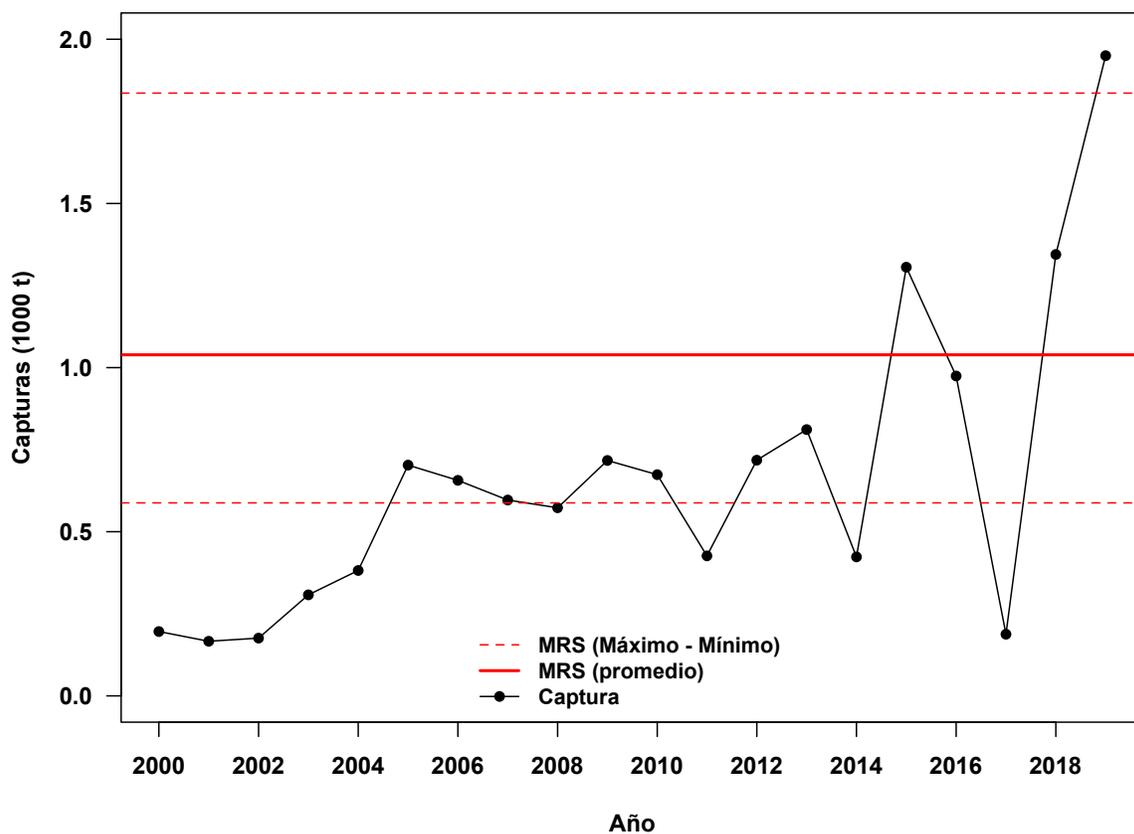


Figura 13. Captura de negrillo en el estado de Yucatán y el estimado del C-MRS con el 95% de confianza durante 2000-2019.

En la Figura 14 se muestran las frecuencias de los datos de las iteraciones que arrojó el modelo C-MRS (Martell y Froese, 2012), con lo cual se estimaron los valores promedio y estimados de los parámetros y su respectivo intervalo de confianza de 95% (Tabla 4).

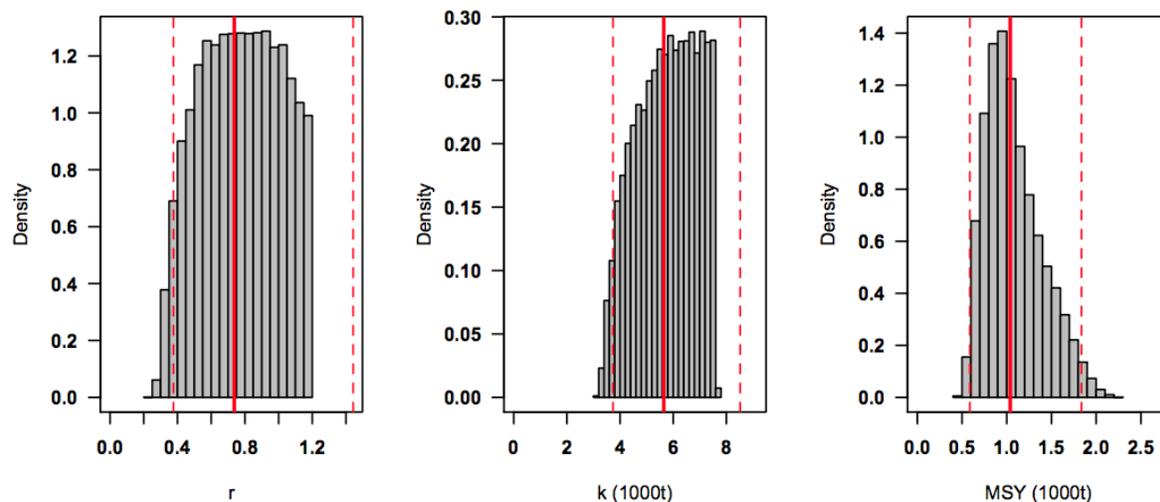


Figura 14: Frecuencia de valores de  $r$ ,  $K$  y  $C_{MRS}$  resultado de las iteraciones del modelo de Martell y Froese (2012).

Tabla 4: Intervalo al 95% de confianza de los parámetros poblacionales obtenidos mediante el modelo de Martell y Froese (2012) para *M. bonaci* en el estado de Yucatán

Símbolo	Parámetro	5%	Media geom.	90%
$r$	Tasa intrínseca de crecimiento	0.349	0.711	1.45
$K$	Capacidad de carga	3771	5827	9002
$C_{MRS}$	Captura sostenible	574	1035	1867
$B_{MRS}$	Biomasa sostenible	1141	1909	3194

La biomasa del stock calculada por el modelo de Captura MRS para *M. bonaci* en el periodo 2000-2018 con su respectivo intervalo de confianza al 95% se muestra en la figura 15, en esta se observa una tendencia decreciente en los niveles de biomasa total del recurso, incluso, en los últimos años, se presentan niveles de biomasa por debajo del promedio (5,519 ton). Lo anterior es un indicador de que la población ha ido disminuyendo con el paso de los años.

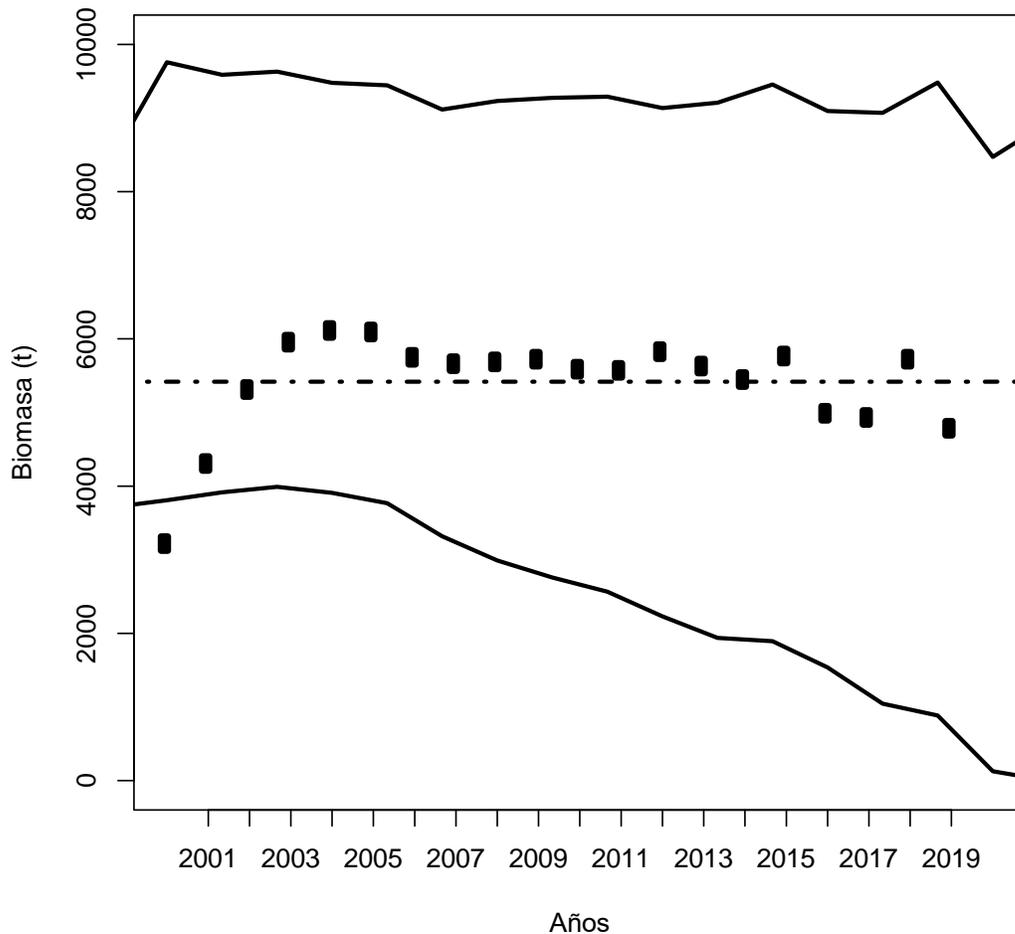


Figura 15. Biomasa promedio de *Mycteroperca bonaci* estimada por año (línea punteada) con el intervalo al 95% de confianza (líneas negras), los puntos negros representan la biomasa estimada para cada año.

### Estructura de tallas y análisis de progresión modal

Se identificaron ocho grupos modales en la distribución de frecuencias de longitud, empleando el método de Bhattacharya (1967). Las longitudes medias y las desviaciones estándar de cada grupo modal fueron manejadas como valores semilla para estimar los grupos modales, aplicando el método de máxima verosimilitud (Tabla 5). Se identificaron ocho grupos modales distribuidos en los tres meses analizados: tres para julio, dos para agosto y tres para septiembre (Figura 15), dichos grupos están estadísticamente separados entre sí ya que el índice de separación (I.S) fue superior a dos ( $I.S > 2$ ).

Tabla 5. Valores de longitud para cada grupo modal (cohorte) distinguida en la distribución de frecuencias de longitud de *Mycteroperca bonaci* en Yucatán. D.E= desviación estándar, I.S= índice de separación.

Mes	Cohorte	Longitud (cm) Valores semilla			Longitud (cm) Valores estimados	
		Media	D.E	I.S	Media	D.E
Julio	1	42.69	1.94	n.a	45.89	3.99
	2	54.85	2.57	2.34	59.86	5.23
	3	73.21	4.01	2.41	69.78	5.51
Agosto	4	43	4.27	n.a	47.95	5.36
	5	51.74	2.18	2.1	72.60	1.86
Septiembre	6	42	1.91	n.a	44.16	3.71
	7	50.24	3.56	2.13	50.43	2.21
	8	74	8.28	2.44	63.48	6.80

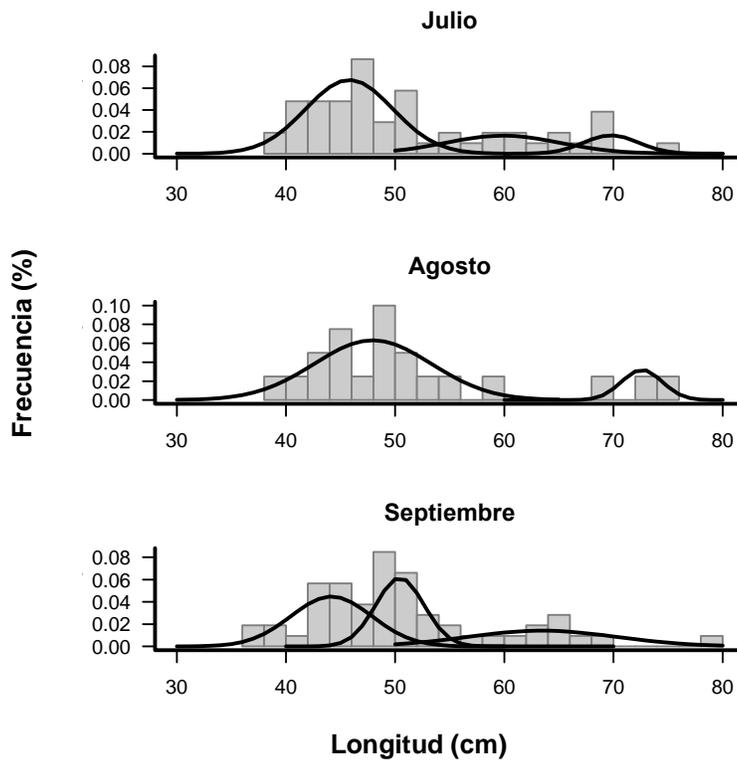


Figura 16: Grupos modales (cohortes) estimadas en la distribución de frecuencias de longitud de *M. bonaci* en Yucatán.

### Modelo de crecimiento

El ajuste de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy se llevó a cabo utilizando los datos de longitud de las ocho cohortes identificadas (Fig. 16 ).

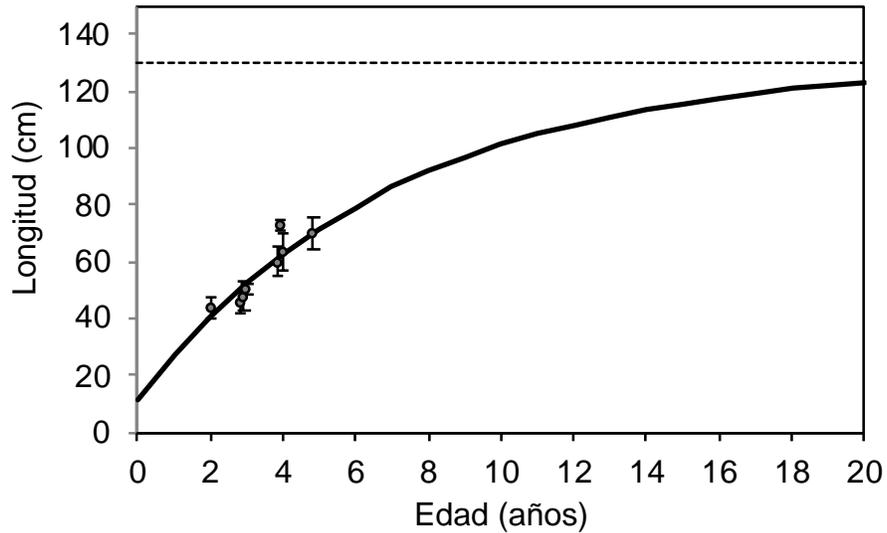


Figura 17. Modelo de crecimiento de von Bertalanffy (línea negra) ajustado a los valores de longitud observados de cada cohorte estimada (círculos negros) en la distribución de frecuencias de longitud de *M. bonaci* en Yucatán.

Los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy estimados con el modelo fueron:  $k = 0.1417$  y  $t_0 = -0.65$ . El modelo ajustado de crecimiento de von Bertalanffy fue:

$$L_t = 130[1 - e^{-0.1417(t-0.65)}] \quad (14)$$

## DISCUSIÓN

Históricamente, las capturas de negrillo siempre han sido menores que las del mero americano, sin embargo se destaca que en los últimos 20 años las tendencias de captura han sido contrastantes entre estas dos especies, mientras que se observa una clara tendencia de aumento en las capturas del negrillo, las de mero van disminuyendo. Esta disminución puede ser una de las causas del aumento de las capturas de negrillo, la cual sugiere que los pescadores han reorientado su esfuerzo de pesca hacia el negrillo, la cual, igual que el mero, es una especie de alto valor en el mercado, por lo que los pescadores buscan mantener sus ingresos económicos con la captura de negrillo.

Una de las principales preocupaciones de los manejadores de recursos pesqueros es la regulación de las capturas incidentales (Levesque, 2010). Se ha estimado que en el Atlántico norte occidental y oriental, las capturas incidentales rondan entre las 81,600 y 210,000 toneladas respectivamente (Alverson *et al.*, 1994; Levesque, 2010). Dichas capturas asociadas a cada pesquería terminaban siendo descartadas en el océano debido a su poco o nulo valor comercial, sin embargo, con el paso del tiempo se han ido estableciendo nuevos mercados para dichas especies “no deseadas”. En el caso del negrillo y de las otras especies asociadas, por un tiempo han sido consideradas como capturas complementarias de la pesquería del mero americano, sin embargo, debido a la declinación de los stocks de las especies objetivo de las pesquerías (Levesque, 2010; Quijano, com.pers.), las especies consideradas como secundarias han pasado a ser especies objetivo.

El caso del negrillo es un claro ejemplo de lo antes mencionado, ya que analizando las tendencias de las capturas en el periodo estudiado, estas han aumentado considerablemente en el porcentaje de capturas totales anuales; además, se ha reportado un aumento en el valor económico de la carne del negrillo logrando precios incluso superiores a los del mero americano (Aguilar y Tuz-Sulub, 2010). Dicho fenómeno, debe de alertar a los tomadores de decisiones, ya que dependiendo del comportamiento de la especie en el mercado y de la dinámica de su pesquería, dicha explotación en un principio ‘desconocida’ o ‘descontrolada’, puede ocasionar la sobrepesca del recurso (Milesi y Defeo, 2002; Levesque, 2010).

En el análisis por puerto de la capturas, se observó que Progreso fue el más importante en cuanto a las capturas de negrillo, con 11,271 t, seguido de Dzilam de Bravo y Sisal con 885 y 612 t respectivamente. Lo anterior puede deberse a que en Progreso se registra la descarga de todas las embarcaciones de la flota mediana que realizan la pesca en gran parte del Banco de Campeche. De

igual forma se ha documentado una segregación por tallas del negrillo de acuerdo con la profundidad (Salas *et al.*, 2006), en la que los organismos de mayor tamaño se distribuyen a mayor profundidad. En este sentido, la flota ribereña que pesca cercano a la costa, estaría pescando los organismos de menor talla, mientras que la flota mediana de Progreso que opera a mayor profundidad, captura las tallas más grandes.

Es evidente que la mayoría de las pesquerías del mundo requieren de medidas de manejo basadas en límites de captura que eviten el colapso de las mismas, dichas medidas deben estar sustentadas en evaluaciones constantes de los stocks de cada especie capturada (Sabater y Kleiber, 2013). Sin embargo, no todos los organismos de regulación pesquera del mundo (principalmente en países en vías de desarrollo) cuentan con la capacidad técnica para realizar estudios convencionales de evaluación de stocks, que requieren una gran cantidad de información biológica-pesquera y de dinámica de las poblaciones, para establecer de manera sustentada medidas que permitan la explotación sustentable de los recursos pesqueros. Atendiendo a lo anterior, se han desarrollado métodos de evaluación de pesquerías de datos limitados, como el que propusieron Martell y Froese (2013) que se aplica en este estudio, el cual provee, a través de un método robusto, estimaciones poblacionales y puntos de referencia que son necesarios para el manejo adecuado del recurso.

Comparando los resultados obtenidos del modelo C-MRS en este trabajo, con el total de las capturas de cada año en el periodo estudiado, se observa que en un principio se explotaba el recurso por debajo del MRS promedio (1082 t), no es sino hasta el 2018 que se comienza a explotar el negrillo por arriba de este promedio e incluso por arriba del intervalo de confianza superior establecido en 1,835 t (Fig. 13). Lo anterior resulta alarmante ya que se puede comprometer la biomasa para temporadas futuras, además, si se mantiene la tendencia de captura del negrillo, se continuará explotando por encima del MRS y al no contar con una cuota de captura establecida exclusivamente para el negrillo, éste se seguirá extrayendo con niveles de esfuerzo de pesca, que eventualmente podrían ser seguros para la captura de mero (la única especie que cuenta con evaluaciones), pero que resultaría en un nivel de esfuerzo de pesca excesivamente alto para el negrillo. Al momento, las estimaciones de biomasa presentan una tendencia estable, oscilando entre 3,000 y 6,000 t de biomasa en los últimos 15 años, por lo que se sugiere que un nivel de capturas seguro para negrillo estaría alrededor de las 600 t por año.

Los resultados obtenidos en este trabajo, permiten por primera vez realizar una comparación entre los tamaños poblacionales del mero y del negrillo en la plataforma continental norte de la Península de

Yucatán, que son las dos principales especies de la pesquería. Mientras que la biomasa estimada del negrillo se encuentra en el rango de entre 3,000 y 6,000 t, la del mero se estima alrededor de las 50,000 t en los últimos 10 años (DOF,2014). Estas diferencias notables en los tamaños poblacionales se reflejan en las estimaciones de MRS como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de máximo rendimiento sustentable (MRS) estimados para *M. bonaci* y *E. morio* con el intervalo de confianza al 95%.

Autor (año)	Modelo	MRS (t)
Burgos y Defeo, 2004 ( <i>E. morio</i> )	MRS	11,801 (10,584–17,092)
Hernandez et. al, 2010 ( <i>E. morio</i> )	MRS	9,199 t (7,978–10,145)
Presente estudio ( <i>M. bonaci</i> )	C-MRS	1,035 (574–1,867)

Comparando los puntos de referencia en los estudios para las dos especies, se observan grandes diferencias en cuanto al MRS estimado. Si se considera que frecuentemente en la misma operación de pesca se capturan las dos especies, si la pesquería se está manejando con niveles de esfuerzo de pesca permisibles para el mero, esto podría comprometer severamente a la población de negrillo, en especial si se considera que el negrillo está teniendo cada vez más importancia dentro de la pesquería como se demuestra en este trabajo.

Observando la Figura 13 se observan diferentes “fases” de la pesquería de negrillo, por ejemplo en el periodo 2000 a 2005 se observa que el recurso estaba en estado de subexplotación pero de expansión de la pesquería (probablemente un incremento del esfuerzo), en el periodo 2005 a 2013 se observa que las capturas están dentro del intervalo del C-MRS, a partir del 2014 hay una tendencia a superar el C-MRS (incluso el intervalo máximo) lo que sugiere una posible sobreexplotación. Lo anterior se percibe también en la Figura 10 pues al inicio del periodo se obtuvieron valores negativos en el índice de captura, posteriormente en el periodo 2005-2014, los valores fueron cercanos a cero y en los últimos años, los valores fueron positivos.

En cuanto a los parámetros de crecimiento, en la Tabla 7 se presenta la comparación de las estimaciones de este trabajo con las realizadas en otros trabajos. En general las estimaciones de este trabajo se encuentran en concordancia con las realizadas para la especie en otras zonas. Se observan diferencias en el número de organismos muestreados en los diferentes estudios y en el coeficiente de

crecimiento ( $k$ ) y la edad hipotética cuando  $L_t=0$  ( $t_0$ ). Dichas diferencias se pueden atribuir al tamaño de la muestra pues en el presente estudio se muestrearon 125 individuos de negrillo los cuales estuvieron distribuidos en solamente tres meses del año. Esto contrasta con el trabajo de Manooch y Mason (1987) en el cual, se muestrearon 303 individuos durante ocho años (1977-1985) en los Cayos de Florida, del mismo modo, en el trabajo de Crabtree y Bullock (1998) se muestrearon 927 individuos a lo largo de dos años también en los Cayos de Florida. Finalmente, en el reporte de evaluación de stock de *M. bonaci* en el sureste de Estados Unidos (SEDAR 19, 2010) se realizó una recopilación de todos los datos disponibles de las capturas de la pesca comercial y deportiva del negrillo en el periodo de tiempo 1986-2008 con un total de 2,271 individuos analizados.

Tabla 7. Parámetros estimados del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para el negrillo (*M. bonaci*). Los valores entre paréntesis representan el error estándar.

Autor (año)	n	$L_{\infty}$ (cm)	$k$ (año <sup>-1</sup> )	$t_0$ (años)
Manooch y Mason (1987)	303	135.2	0.11	-0.92
Crabtree y Bullock (1998)	927	130.6 (0.805)	0.169 (0.003)	-0.768 (0.06)
SEDAR 19 (2010)	2,271	133.4 (0.95)	0.14 (0.002)	-0.90 (0.02)
Presente estudio	125	130	0.1417	-0.65

Los resultados obtenidos en este estudio en comparación con los realizados en otras especies del mismo género o familia indican un crecimiento más acelerado en el negrillo. Por ejemplo Matheson y Huntsman (1984), obtuvieron valores de  $k = 0.074$  al evaluar el crecimiento del mero nevado (*Epinephelus niveatus*), del mismo modo, Moore y Labizky (1984) obtuvieron un valor de  $k = 0.087$  para la misma especie, la cual pertenece a la misma familia que el negrillo (Serranidae). En otro trabajo realizado por Matheson y colaboradores (1986) obtuvieron un valor de  $k = 0.092$  en la gallina (*Mycteroperca phenax*) valor que se asemeja al obtenido en este estudio para una especie del mismo género, también es importante mencionar que ambas especies forman parte de las especies asociadas a la pesquería del mero en Yucatán.

La importancia de realizar estudios de crecimiento en especies de importancia comercial recae en que dicha información resulta importante en el manejo pesquero ya que conociendo la tasa de crecimiento

de las especies, se pueden elaborar medidas de manejo más precisas y adecuadas a las diferentes especies explotadas (Velazquez-Abunader *et al.*, 2016).

Como se pudo observar, la pesca de negrillo ha aumentado su importancia de manera relevante dentro de la pesquería de mero en Yucatán, la Carta Nacional Pesquera (2018) actualmente reconoce esto y en su última actualización ya registra al negrillo como especie objetivo y nombra a la pesquería por primera vez como “mero y negrillo”, no obstante en el plan de manejo (2014) se establece como especie objetivo al mero y todas las demás como especies asociadas, basando todas las medidas de manejo prácticamente solo en la información biológica y pesquera disponible para el mero. Con base en lo anterior, es necesario actualizar el plan de manejo de la pesquería para reconocer no solo la importancia creciente del negrillo, si no de todas las especies asociadas.

## CONCLUSIONES

El negrillo ha aumentado notablemente su importancia dentro de la pesquería de mero en Yucatán, por el contrario, el mero americano cada vez disminuye su presencia en la composición de las capturas. Lo anterior, puede estar indicando un periodo de transición de especies, un fenómeno que debe ser atendido por los tomadores de decisiones para asegurar un manejo integral de la pesquería.

La captura al máximo rendimiento sostenible (C-MRS) estimada a través del modelo de Captura-MRS fue de 1,082 t, teniendo en cuenta el enfoque precautorio (FAO, 1995), se sugiere un nivel de captura sostenible de 588 t por año. Lo cual corresponde al límite inferior del intervalo de confianza del modelo. No obstante, considerando la situación desde un punto de vista socioeconómico, se podría considerar un nivel de capturas entre 588 y 1,082 t.

El análisis de frecuencias de longitud revela que *M. bonaci* es una especie de crecimiento medio con un valor de  $k=0.14$ .

Se recomienda realizar más estudios para conocer más a fondo las cualidades biológico-pesqueras del negrillo y de las demás especies asociadas, de esta forma, se puede elaborar un plan de manejo integral basado en ecosistemas para mantener las poblaciones de peces en un buen estado de conservación y de esta forma asegurar una buena calidad de vida para las comunidades que dependen del recurso.

**LITERATURA CITADA**

- Aguilar-Perera, A., y Tuz-Sulub, A. N. (2010). Pesca, manejo y conservación del negrilla (*Mycteroperca bonaci*) en la costa norte de la Península de Yucatán. *Bioagrobiencias*, 3(1), 1–3.
- Alverson D.L., Freeber M.H. y Murawski S.A.(1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards. J.G. Pope Series title: FAO Fisheries Technical Paper. p. 233.
- Babcock, E. A., Coleman, R., Karnauskas, M., y Gibson, J. (2013). Length-based indicators of fishery and ecosystem status: Glover’s Reef Marine Reserve, Belize. *Fisheries Research*, 147, 434–445. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.03.011>
- Bartley, D. (1995). Enfoque precautorio para la pesca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 95p.
- Benaglia, T., Chauveau, D., Hunter, D. R., y Young, D. S. (2009). Mixtools: An R package for analyzing finite mixture models. *Journal of Statistical Software*, 32(6), 1–29. <https://doi.org/10.18637/jss.v032.i06>
- Bhattacharya C.G. (1967). A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23 (1): 115–135. DOI: 10.2307/2528285
- Brulé, T., Nón-Quiñones, V. E., Sánchez-Crespo, M., Colás-Marrufo, T., y Pérez-Díaz, E. (2009). Composición de las capturas comerciales del Complejo Mero-pargo en el Sureste del Golfo de México e Implicaciones para el Manejo de su Pesquería. *Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 198–209. Recuperado de [http://procs.gcfi.org/pdf/GCFI\\_61-30.pdf](http://procs.gcfi.org/pdf/GCFI_61-30.pdf)
- Brulé, T., Renán, X., Colás-Marrufo, T., Hauyon, Y., y Tuz-Sulub, A. (2003). Reproduction in the protogynous black grouper Mexico (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, (101), 463–475. Recuperado de <http://aquaticcommons.org/15140/>
- Bullock, L. H., y G. B. Smith. (1991). Groupers of the world (Family Serranidae (Pisces: Serranidae). Mem. Serranidae, Subfamily Epinephelinae). *Hourglass Cruises*. 2(8-2), 243 p.
- CNP (Carta Nacional Pesquera). (2018). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). *Diario Oficial de la Federación*. 268 pp.

- Cochrane, K (2005). El uso de la información científica en el diseño de las estrategias de ordenación. Guía del administrador pesquero: medidas de ordenación y su aplicación. FAO Documento Técnico de Pesca, 424, 203-218.
- Colás Marrufo, T., Brulé, T., y Christian, D. (1998). Análisis preliminar de las capturas de Serranidos realizadas a través de unidades de la Flota Mayor en el Banco de Campeche, Yucatán.
- Coleman, B. E. C., Koenig, C. C., Huntsman, G. R., Musick, J. A., Eklund, A. M., MCGovern, J. C., Grimes, C. B. (1999). Long-lived Reef Fishes: The Grouper-Snapper Complex.
- Coronado, E. V. A., y 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. Proceedings of the 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, 258–268. Recuperado de [http://aquaticcommons.org/21360/1/GCFI\\_64-51.pdf](http://aquaticcommons.org/21360/1/GCFI_64-51.pdf)
- Crabtree, E. R., y Bullock, H. L. (1998). Age, growth, and reproduction of black grouper, *Mycteroperca bonaci*, in Florida waters. Fishery Bulletin, (96), 735–753.
- DOF, 2007. ACUERDO por el que se establece la veda de captura de todas las especies de mero en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México correspondientes al litoral de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Publicado el 14 de febrero del 2007.
- DOF, 2014. Plan de Manejo Pesquero de Mero (*Epinephelus morio*) y especies asociadas en la Península de Yucatán. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre del 2014
- DOF, 2017. ACUERDO por el que se modifica el similar por el que se establece veda para la captura de todas las especies de mero en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México correspondientes al litoral de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, publicado el 14 de febrero de 2007. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo del 2017.
- Eklund, A. M., McClellan, D. B., y Harper, D. E. (2000). Black grouper aggregations in relation to protected areas within the Florida Keys National Marine Sanctuary. Bulletin of Marine Science, 66(3), 721–728.
- Enciso Enciso, C. (2014). EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DE CURVINA GOLFINA *Cynoscion othonopterus* (GILBERT Y JORDAN, 1882) EN EL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA. Universidad de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar.

- Freyre, L. R., Maroñas, M. E., Sendra, E. D., y Dománico, A. (2005). Analisis de progresion modal de *Bryconamericus iheringii* (Boulenger, 1887) En la laguna Lacombe provincia de Buenos Aires. *Biología Acuática*, 22, 123–129.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., y Van der Laan, R. (2018). *Catalog of fishes: genera, species, references*. California Academy of Sciences, San Francisco, CA, USA  
<https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.  
Revisado el 22/10/2020
- Gary A. Nelson (2018). *fishmethods: Fishery Science Methods and Models*. R package version 1.11-0. <https://CRAN.R-project.org/package=fishmethods>
- Haddon, M. (2001). *Modelling and quantitative methods in fisheries*. CRC Press, Chapman and Hall/CRC Press, Boca Raton, FL.
- Heemstra, P.C., y Randall, J.E. (1991). *FAO Species Catalogue: Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae) (Vol. 16)*.
- ICES Advisory Committee. (2012). *ICES DLS GUIDANCE REPORT. ICES Implementation of Advice for Data-limited Stocks in 2012 in its 2012 Advice*. Ices Cm 2012/Acom 68, 42 pp.
- IGFA, (2001). *Database of IGFA angling records until 2001*. IGFA, Fort Lauderdale, USA.
- INEGI. (2017). *Aspectos Geográficos Yucatán*. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen\\_31.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_31.pdf)
- Instituto Nacional de Pesca. (2014). *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México Evaluación y Manejo*. 462 pp.
- Levesque, J. C. (2010). *Evolving Fisheries: Today`s Bycatch is Tomorrow`s Target Catch - Escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) Catch in the U.S. Pelagic Longline Fishery*. *The Open Fish Science Journal*, 3(1), 30–41. <https://doi.org/10.2174/1874401x01003010030>
- Manooch, C. S., y Mason, D. L. (2018). *Age and Growth of the Warsaw Grouper and Black Grouper from the Southeast Region of the United States*. *Northeast Gulf Science*, 9(2). <https://doi.org/10.18785/negs.0902.01>
- Martell, S., y Froese, R. (2013). *A simple method for estimating MSY from catch and resilience*. *Fish and Fisheries*, 14(4), 504–514. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.201>
- Matheson III, R. H., y Huntsman, G. R. (1984). *Growth, mortality, and yield-per-recruit models for speckled hind and snowy grouper from the United States South Atlantic Bight*. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113(5), 607-616.

- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., y Maintainer, M. W. (2019). Package “TropFishR” Type Package Title Tropical Fisheries Analysis. Recuperado de <https://github.com/tokami/TropFishR/issues>
- Milessi, A. C., y Defeo, O. (2002). Long-term impact of incidental catches by tuna longlines: the black escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) of the southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 58(2), 203-213.
- Monroy, Carmen, Rios, Veronica, Arceo, P. (2004). Analisis de la Pesquería de Huachinango del Golfo (*Lutjanus campechanus*) en el Banco de Campeche (Temporada de Pesca 2001). *Proceedings of the 55th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 55, 865–880.
- Moore, C. M., y Labisky, R. F. (1984). Population parameters of a relatively unexploited stock of snowy grouper in the lower Florida Keys. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113(3), 322-329.
- Pauly D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies, Manila, Philippines.
- Pauly, D. 1980. A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Circular* 729: 1-54.
- Quijano, D., Salas, S., Monroy-García, C., y Velázquez-Abunader, I. (2018). Factors contributing to technical efficiency in a mixed fishery: Implications in buyback programs. *Marine Policy*, 94(May), 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.05.004>
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramos-Miranda, J., Bejarano-Hau, K., Flores-Hernández, D., y Ayala-Pérez, L. A. (2009). Crecimiento, mortalidad, madurez y reclutamiento de la corvinilla (*Stellifer lanceolatus*) en el sur del Golfo de México. *Ciencias Marinas*, 35(3), 245–257. <https://doi.org/10.7773/cm.v35i3.1542>
- Sabater, M., y Kleiber, P. (2014). Improving Specifications of acceptable biological catches of data-poor reef fish stocks using a biomass-augmented catch-MSY approach. Western Pacific Regional Fishery Management Council, Honolulu, HI 96813 USA. NOAA Technical Memorandum NMFS-PIFSC-29 60p Options for a Tier, 5.
- Salas, S., Mexicano-Cítnora, G., y Cabrera, M. A. (2006). ¿ Hacia donde van las pesquerías en Yucatán ? Tendencias, Retos y Perspectivas. 109pp.

- Salas, S., Vega-Cendejas, M. E., Mexicano-Cíntora, G., y Leonce-Valencia, C. (2007). Recursos Pesqueros De Yucatán: Fichas técnicas y referencias bibliográficas. 150pp.
- Schaefer, M. (1954) Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of the Inter-American- Tropical Tuna Commission 1, 27–56.
- SEDAR. (2010). SEDAR 19 – stock assessment report: Gulf of Mexico and South Atlantic black grouper. SEDAR Stock Assessment Report. Recuperado de <http://sedarweb.org>
- Sparre, P. (1993). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: manual. FAO Fisheries Technical Paper., 306, 192-218.
- Teixeira, S. F., y Ferreira, B. P. (2004). Aspects of fishing and reproduction of the black grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860) (Serranidae: Epinephelinae) in the Northeastern Brazil Simone. North, 2(1), 19–30.
- Velázquez-Abunader, I., López-Rocha, J. A., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B. P., y Cabrera, M. A. (2016). Estimation of growth parameters in a wild population of lion-paw scallop (*Nodipecten subnodosus* ) in Bahía de Los Angeles, Baja California, Mexico. *Hidrobiologica*, 26(1), 133–142.  
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbshidro/2016v26n1/velazquez>
- Von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human biology*, 10(2), 181-213.