

## Bases biológicas para la explotación racional y la protección del recurso Mero del Banco de Campeche.

Thierry Brulé<sup>1</sup>, Teresa Colás-Marrufo<sup>1</sup>, Ximena Renán<sup>1</sup>, Armin Tuz-Sulub<sup>1</sup>, Elsa Falfán-Vazquez<sup>1</sup>, Esperanza Pérez-Díaz<sup>1</sup> y Christian Dénier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CINVESTAV IPN Unidad Mérida, Yucatán, México

<sup>2</sup> Institut Universitaire Européen de la Mer, UBO, Brest, France

### INTRODUCCIÓN

Los peces teleósteos de la familia Serranidae, conocidos como “Meros”, agrupan a las especies de la tribu Epinephelini (14 géneros), la cual está incluida en la subfamilia Epinephelinae (Nelson, 1994). El recurso Mero presente en la plataforma continental de la Península de Yucatán es multiespecífico por estar constituido por un conjunto de al menos 17 especies de los géneros *Cephalopholis*, *Epinephelus* y *Mycteroperca* (Colás-Marrufo et al., 1998; Tuz-Sulub, 1999). Doce de estas (*E. drummondhayi*, *E. flavolimbatus*, *E. guttatus*, *E. morio*, *E. mystacinus*, *E. nigritus*, *E. niveatus*, *M. bonaci*, *M. interstitialis*, *M. microlepis*, *M. phenax* y *M. venenosa*) son reconocidas como de gran importancia económica a lo largo de la costa Atlántica de Estados Unidos, en las Bermudas, en el Golfo de México y en el Mar Caribe (Bullock and Smith, 1991 ; Heemstra and Randall, 1993). En el Banco de Campeche, los meros son explotados de manera secuencial por embarcaciones de las flotas mayor y menor mexicanas, y constituyen un recurso compartido con Cuba.

Actualmente, varias especies de meros del Atlántico Oeste están clasificadas como especies amenazadas (Morris et al., 2000; Musick et al., 2000; UICN/SSC<sup>1</sup>). Como en otras partes del Golfo de México, la pesquería de meros en el Banco de Campeche es considerada como en deterioro y con necesidad de recuperación (SEMARNAP, 2000). En particular, la población de mero rojo *E. morio* se encuentra sobreexplotada (Burgos y Defeo, 2000). Sin embargo, el colapso de las pesquerías puede ser el resultado no solamente de la sobreexplotación de los recursos por pesca sino también de cambios mayores ocurridos en los “hábitats críticos” de las especies explotadas. Estos hábitats corresponden a lugares geográficos de crucial importancia para el desarrollo de ciertas fases del ciclo de vida de las especies marinas, como son las zonas de crianza y de reproducción .

Comparado con las medidas de control federales y estatales en vigor para esta pesquería en Estados Unidos de América, el ordenamiento pesquero del recurso mero aplicado en México es todavía incipiente. Una de las causas responsables de la falta de reglamentación oficial se origina por la escasez de conocimientos disponibles sobre la biología y la ecología de las poblaciones de meros explotadas en la parte sur del Golfo de México. En consecuencia, la adquisición de más información científica sobre el ciclo de vida de las

<sup>1</sup> International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources/ Species Survival Commission. SSC Red List Programme IUCN/SSC UK Office, 219c Huntingdon Road, Cambridge CB3 0DL, United Kingdom. Web page: <http://www.redlist.org>.

especies involucradas en esta pesquería es imprescindible para poder elegir las estrategias de regulación pesquera más adecuadas para el uso sustentable de este recurso natural renovable.

En el marco de la elaboración del plan de manejo de la pesquería de meros en la Península de Yucatán, el presente trabajo tiene como objetivos a) proporcionar una síntesis de los principales conocimientos disponibles a la fecha sobre la biología de la reproducción y los hábitats críticos de los meros de mayor importancia pesquera en el Banco de Campeche y b) presentar las diversas medidas de regulación pesquera que se basan en los resultados obtenidos sobre la biología y ecología del recurso.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares de las diversas especies de mero analizadas en este estudio fueron capturados en aguas profundas y someras del Banco de Campeche incluyendo las zonas de Arrecife Alacranes y Bajos del Norte, entre 1988 y 2001, por barcos y lanchas de las flotas pesqueras mayor y menor del estado de Yucatán (Tabla 1; Fig. 1). Los organismos fueron capturados con palangres de fondo, líneas de mano, trampas, red de arrastre de playa o arpón (Brulé et al., 1999; Renán, 1999; Tuz-Sulub, 1999; Brulé et al., 2000, en prensa; Colás-Marrufo y Brulé, 2000; Renán et al., 2001; en prensa a, b; Colás-Marrufo et al., 2002; Tuz-Sulub, en prensa a, b).

Para cada espécimen colectado, se registro las longitudes total, furcal o estándar (Lt, Lf y Le en cm); los pesos total y del pez eviscerado (Pt y Pev en g), y el peso de las gónadas (Pg en g). Se realizó el análisis histológico de las glándulas sexuales de los organismos recolectadas. Estas fueron fijadas en solución de Bouin, incluidas en parafina, cortadas a un espesor de 6  $\mu\text{m}$ , y tenida con el tricromo de Masson (Gabe, 1968). Además, muestras de ovarios de peso conocido fueron conservados en líquido de Gilson para los estudios de fecundidad.

La sexualidad de las especies fue caracterizada tomando en cuenta los criterios propuestos por Sadovy y Shapiro (1987).

El sexo de los organismos fue determinado a través del examen microscópico de las gónadas y se calculó la proporción de sexos global (Machos:Hembras, M:H) y por clase de tallas de 5 cm de intervalo.

El grado de desarrollo sexual de las hembras y machos fue caracterizado tomando en cuenta los estadios de desarrollo celular de la ovogenésis y espermatogénesis caracterizados por Moe (1969). Según su estadio microscópico de desarrollo gonadal, cada organismo fue clasificado en una de las 10 clases de madurez sexual siguientes: 1- hembra inmadura, 2- hembra en reposo, 3- hembra en maduración, 4- hembra en desove, 5- hembra en post-desove, 6- individuo en inversión sexual, 7- macho en reposo, 8- macho en maduración, 9- macho en emisión y 10- macho en post-emisión (Brulé et Déniel, 1994; Brulé et al. 1999; Brulé et al., en prensa).

El ciclo sexual de las especies fue analizado a través del seguimiento de la evolución mensual de los valores promedio o individual del índice gonadosomático ( $\text{IGS}=100*\text{Pg}/\text{Pev}$ ) y de los porcentajes de cada clase sexual definida, tanto para hembra como para macho y sin considerar a los inmaduros.

La talla de primera madurez sexual en las hembras ( $L_{50}$ ) fue calculada usando una regresión logística binaria (SYSTAT statistical computer package for Windows, versión

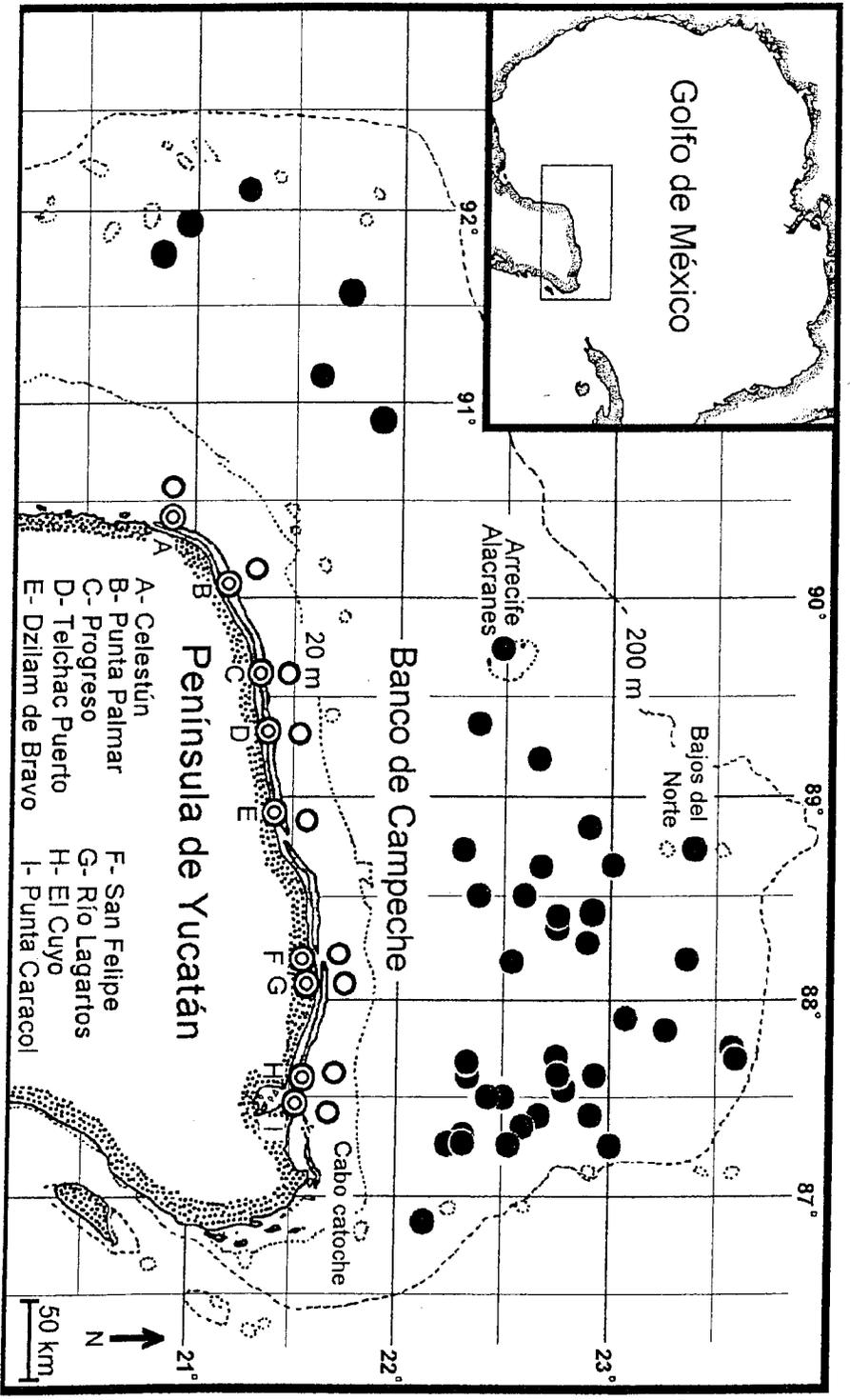


Figura 1. Sitios de pesca donde fueron capturados, entre 1988 y 2002, las diversas especies de mero analizadas en el presente estudio. ● con apoyo de la flota mayor mexicana. ○ con apoyo de la flota menor mexicana.

Tabla 1. Número de organismos; profundidad, zona y periodo de muestreo de las principales especies de meros analizadas en el presente estudio.

Especie	Aguas profundas <sup>1</sup>				Aguas someras <sup>2</sup>			
	N <sup>3</sup>	Prof. <sup>4</sup>	Zona <sup>5</sup>	Periodo	N <sup>3</sup>	Prof. <sup>4</sup>	Zona <sup>6</sup>	Periodo
<i>E. morio</i>	886	30-90	BC	04/96-05/99	329	7-27	C; P; TP, RL	08/88-09/93
Mero rojo; Mero <sup>7</sup>								
<i>M. bonaci</i>	880	40-120	BC	04/96-05/99	39	4-20	P	11/98-05/99
Cuna bonaci; Negritillo <sup>7</sup>	206	10-12	AA	11/99-02/00				
<i>M. microlepis</i>	212	33-167	BC	04/96-04/99	107	1-10	S; P; TP; DB; SF; RL; EC; PC	12/99-12/01
Cuna aguaji; Abadejo <sup>7</sup>								
<i>M. phenax</i>	79	40-70	BC	04/96-09/98				
Cuna garopa; Gallina <sup>7</sup>								
<i>M. interstitialis</i>	43	35-140	BC	04/96-09/98				
Cuna amarilla; Gallina <sup>7</sup>								
<i>E. drummondhayi</i>	34	44-165	BC	04/96-08/98				
Mero pintajora; Lenteja <sup>7</sup>								

1- Organismos obtenidos de las capturas de la flota mayor de Yucatán. 2- Organismos obtenidos de las capturas de la flota menor de Yucatán. 3- Número de organismos analizados. 4- Profundidad (m). 5- AA: Arrecife Alacranes, BC: Banco de Campeche; 6- C: Celestún, DB: Dzilan de Bravo, EC: El Cuyo, P: Progreso, PC: Punta Caracol, RL: Río Lagartos, SF: San Felipe, TP: Telchac Puerto; 7- Nombre FAO en español; nombre local.

8.0). La  $L_{50}$  fue definida como la longitud a la cual 50% de las hembras analizadas eran adultas (ovarios cuyo estado de desarrollo correspondía a una de las clases sexuales siguientes : 2- reposo , 3- maduración, 4- desove o 5- post-desove). Además, se registró la talla mínima a partir de la cual las hembras fueron encontradas adultas ( $L_{min}$ ) y se calculó el porcentaje de la talla máxima de la especie observada en los muestreos ( $L_{max}$ ) al cual las hembras alcanzan por primera vez su madurez sexual:  $100 * L_{min} / L_{max}$  (Grimes, 1987).

La talla a la cual 50% de los organismos analizados fueron identificados como machos ( $P_{50}$ ) fue también calculada por medio de una regresión logística binaria. La talla mediana teórica a la cual las hembras eran susceptibles de cambiar de sexo fue estimada según el método propuesto por Shapiro (1984). La variación en talla a la cual los organismos eran susceptibles de cambiar de sexo fue analizada por medio del calculo de los dos índices definidos por Shapiro (1987): (1) intervalo de tallas en el cual se distribuyen los organismos en inversión sexual /  $L_{max}$ ; (2) intervalo de superposición de las distribuciones de tallas de las hembras y de los machos /  $L_{max}$  .

La fecundidad individual absoluta y la fecundidad relativa fueron estimadas por medio del método volumétrico según Simpson (1951) y Bagenal (1957) (Fálfan Vázquez, en prensa).

En el Arrecife Alacranes y en Bajos del Norte, en base al estudio presentado por Domeier y Colin (1997) se utilizaron métodos directos e indirectos para poder caracterizar los principales factores ambientales de las zonas y determinar si las especies presentes en los sitios explorados formaban agregaciones de reproducción (Tuz-Sulub et al., en prensa a, b).

## RESULTADOS

### Sexualidad

*Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca microlepis*

El examen histológico de las gónadas permitió confirmar que las tres más especies de mero más importantes presentes en el Banco de Campeche son hermafroditas protóginas. Además, a través del análisis de la proporción de sexo por clase de tallas y de las frecuencias de distribución de tallas por sexo, se observó una proporción más relevante de machos en las clases de tallas superiores

### Otras especies

En el caso de *E. drummondhayi*, fuertes presunciones fueron encontradas para considerar también a este mero como una especie hermafrodita protógina: un organismo en inversión sexual fue identificado y se observó en las gónadas de los machos analizados la presencia de una cavidad y de lamelas testiculares (reminiscencias de la estructura ovárica inicial) así como de senos espermáticos en la túnica gonadal para la evacuación de los espermatozoides.

## Periodos de reproducción

### *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca microlepis*

El análisis de la evolución mensual de los IGS promedios y de los porcentajes de las clases sexuales (Fig. 2 y 3) permitió observar que las tres principales especies de mero del Banco de Campeche presentan un periodo de reproducción anual, con una época de actividad sexual particularmente intensa durante el invierno y la primavera. Considerando el ciclo sexual de las hembras, fue posible identificar actividades de desove desde noviembre hasta junio, con picos de emisión máxima de gametos entre enero y marzo.

### Otras especies

Pocos datos sobre el ciclo sexual de las demás especies del Banco de Campeche son actualmente disponibles.

El análisis de la evolución mensual de los valores individuales del IGS de hembras de *Mycteroperca phenax* (IGS máximo: 1.5 % en enero y 1.4% en mayo) y de *M. interstitialis* (IGS máximo: 1.8% en abril) indicó que estas especies estaban sexualmente activas durante el invierno-inicio de la primavera.

En el caso de *E. drummondhayi*, los valores máximos de IGS individual (rango: 0.22-6.64% ) así como el examen histológico de los ovarios (clase sexual: 3- en maduración) dejó suponer que este mero podría presentar su periodo de desove durante la primavera (abril-mayo) y el verano (agosto).

En diciembre y entre febrero y mayo, hembras de *Epinephelus guttatus*, *Mycteroperca venenosa* y *Mycteroperca tigris* presentaron gónadas con ovocitos en fin de vitelogénesis secundaria (clase sexual: 3- en maduración).

## Tallas de primera madurez sexual de las hembras

### *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca microlepis*

Las tallas de primera madurez sexual ( $L_{50}$ ) de las hembras fueron de: 50.9 cm Lf para *E. morio* y de 72.1 cm Lf para *M. bonaci* y *M. microlepis* (Fig. 4).

Las tallas mínimas de las hembras clasificadas como adultas ( $L_{min}$ ) fueron de: 38.9 cm Lf para *E. morio*; 58.0 cm Lf para *M. bonaci* y 70.5 cm Lf para *M. microlepis*.

Las tallas máximas observadas para las hembras ( $L_{max}$ ) fueron de: 85.4 cm Lf para *E. morio*, 123.5 cm Lf para *M. bonaci* y 111 cm Lf para *M. microlepis*. Las hembras de las tres especies alcanzaron por primera vez su madurez sexual a 46% (*E. morio*), 47% (*M. bonaci*) y 64% (*M. microlepis*) de sus tallas máximas respectivas ( $100 * L_{min} / L_{max}$ ).

### Otras especies

Las tallas mínimas observadas para las hembras adultas ( $L_{min}$ ) de *M. phenax*, *M. interstitialis*, *E. drummondhayi* y *E. guttatus* fueron respectivamente de: 53 cm Lf, 44 cm Lf, 56 cm Lf y 32 cm Lt.

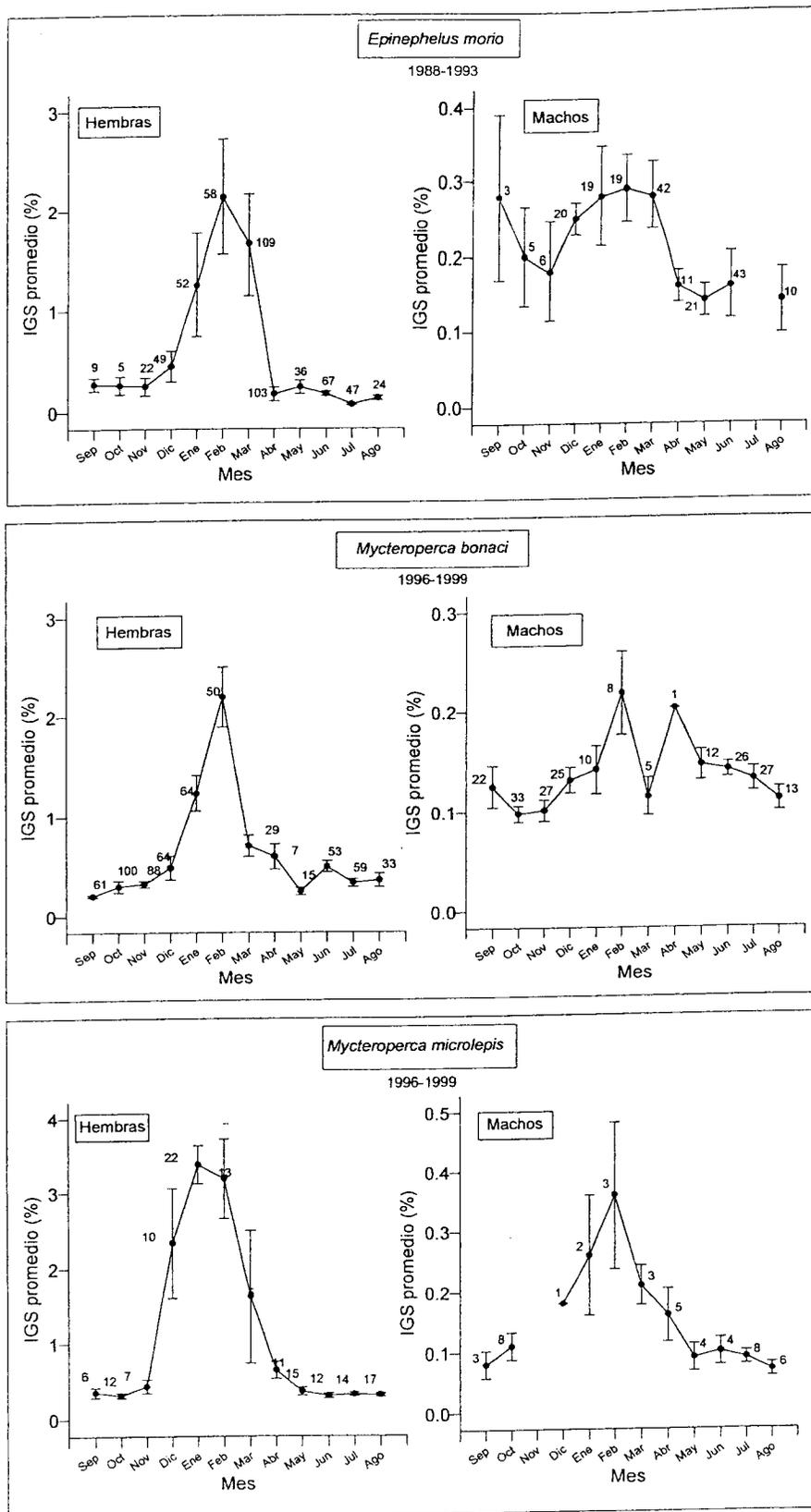


Figura 2. Evolución mensual del índice gonadosomático promedio para hembras y machos de *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis*, colectados en el Banco de Campeche, entre 1988 y 1999. Para cada mes se indican la desviación estándar (barras verticales) y el número de organismos analizados (según Brulé et al., 1999; Renán, 1999; Colás-Marrufo y Brulé, 2000; Renán et al., 2001; Brulé et al., en prensa).

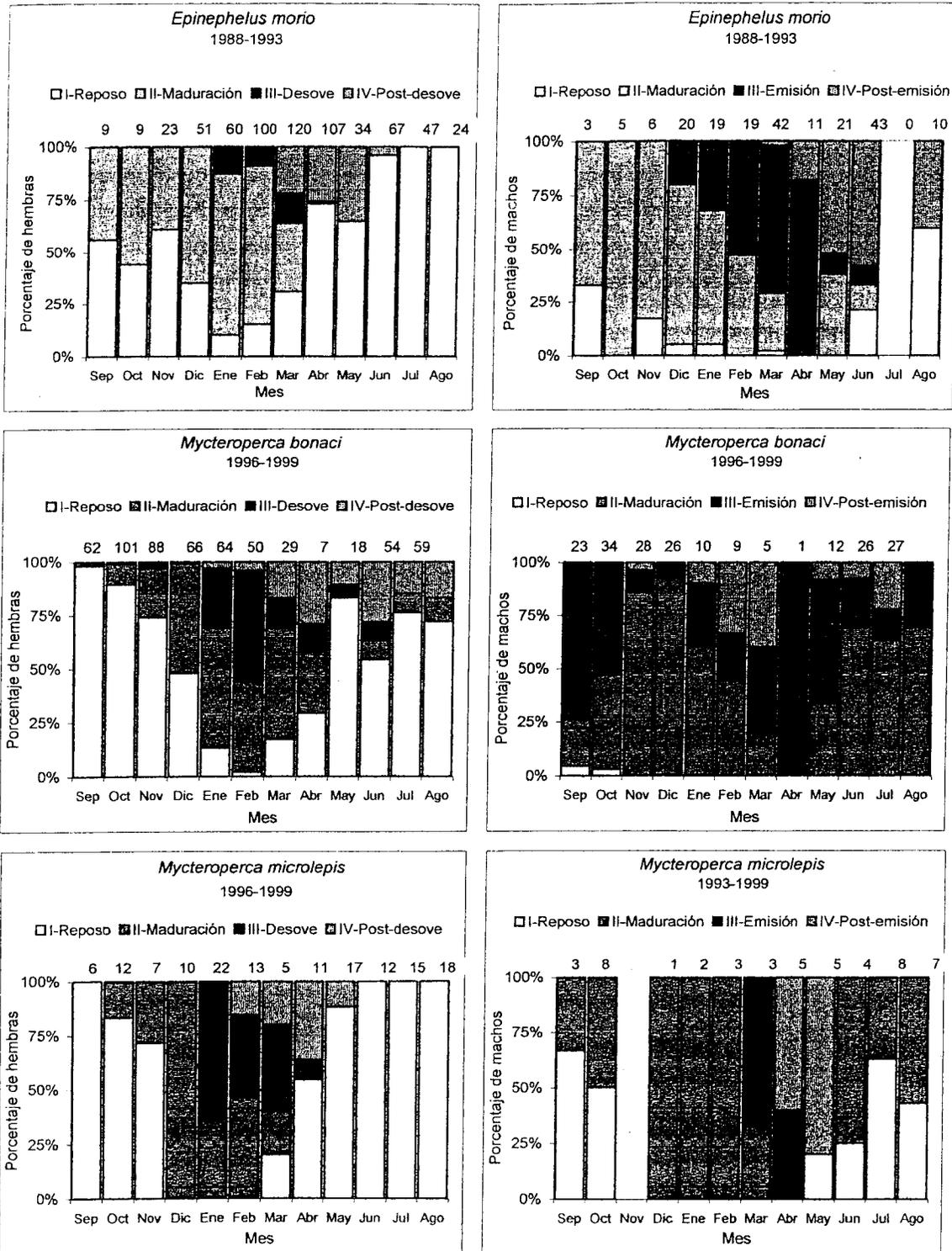


Figura 3. Evolución mensual de las frecuencias de clases sexuales para hembras y machos de *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis* colectados en el Banco de Campeche, entre 1988 y 1999. Para cada mes se indica el número de organismos analizados (según Brulé et al., 1999; Renán, 1999; Colás-Marrufo y Brulé, 2000; Renán et al., 2001; Brulé et al., en prensa).

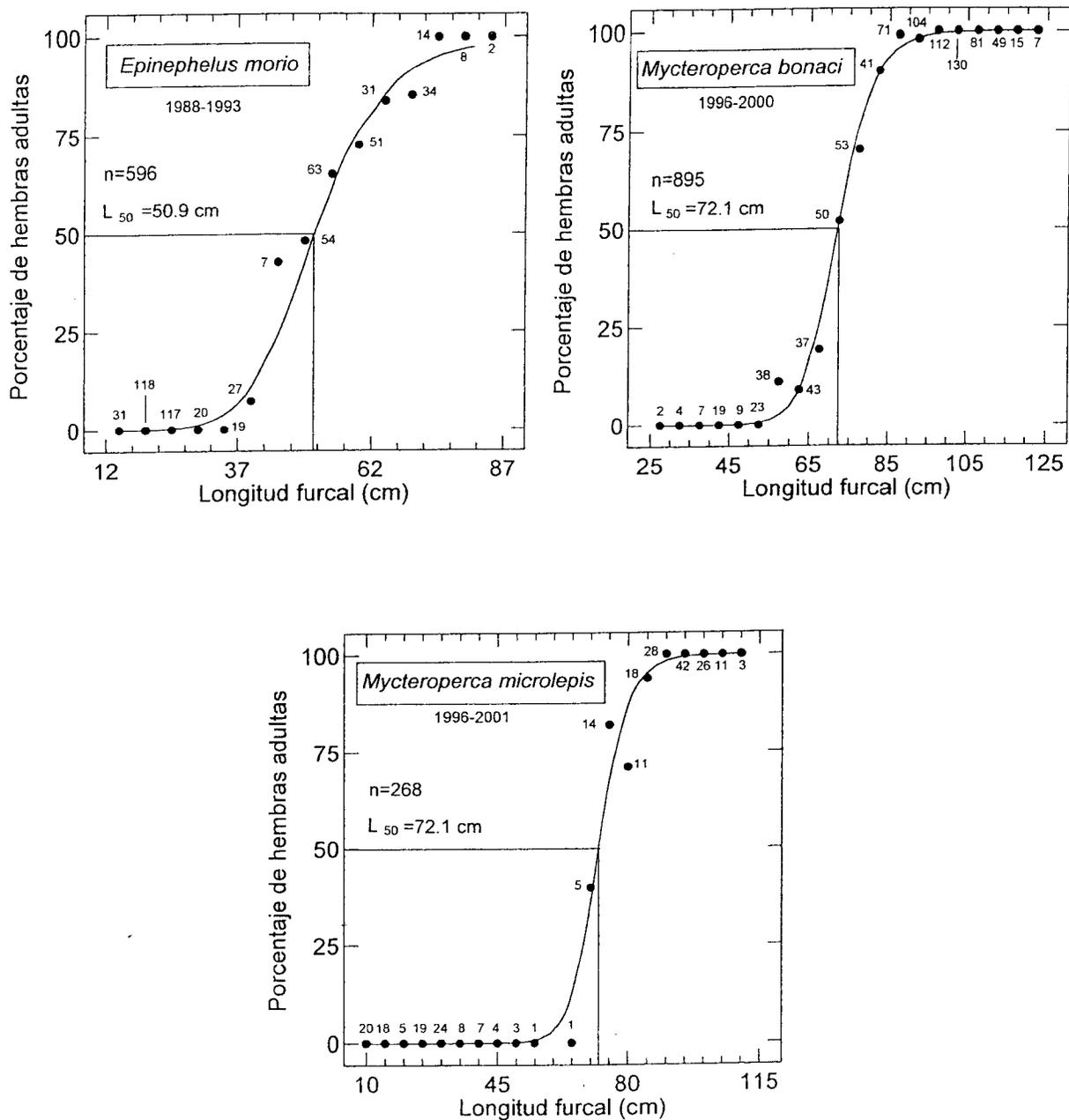


Figura 4. Ojivas de proporción de organismos adultos por clase de tallas, obtenidas a través de un análisis Logit binaria, para las hembras de *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis* colectadas en el Banco de Campeche, entre 1988 y 2001. Las líneas indican la longitud ( $L_{50}$ ) a la cual 50% de los organismos fueron clasificados como adultos (hembras en reposo; en maduración; en desove o en post-desove). Para cada clase de tallas se indica el número de organismos analizados (según Brulé et al., 1999; Brulé et al., en prensa; Brulé et al., com. pers.).

## Inversión sexual

Las tallas a la cuales 50% de las hembras analizadas habían sufrido el proceso de cambio de sexo ( $P_{50}$ ) fueron de: 80.2 cm Lf para *E. morio*, 111.4 cm Lf para *M. bonaci* y de 103 cm Lf para *M. microlepis* (Fig. 5).

La talla media teórica a la cual la inversión sexual fue susceptible de ocurrir fue de 59.7 cm Lf para *E. morio*, 103.3 cm Lf para *M. bonaci* y 100.5 cm Lf para *M. microlepis* (Fig. 6).

Los índices 1 y 2 indicando la variación en la talla a la cual los organismos eran susceptibles de cambiar de sexo fueron de:

	<i>E. morio</i>	<i>M. bonaci</i>	<i>M. microlepis</i>
Índice 1	25%	17%	10%
Índice 2	52%	29%	14%

Estos valores indican que las hembras de *M. bonaci* y , sobre todo de *M. microlepis* presentan la tendencia de cambiar de sexo en un rango de tallas más reducido que lo observado para las hembras de *E. morio*.

## Fecundidad

La fecundidad de *E. guttatus* fue estimada a partir de hembras capturadas en Arrecife Alacranes (diciembre 1999 y febrero 2000) y en Bajos del Norte (febrero 2001). Esta especie presenta un patrón de fecundidad determinada. La fecundidad absoluta y la fecundidad relativa fluctuaron, según el tamaño de los organismos considerados (rango: 32-44 cm Lt), entre 7,628 y 3,087,332 ovocitos por hembra y entre 377 y 3,439 ovocitos por gramo de pez, respectivamente.

## Áreas de desove

Los sitios de pesca en los cuales se capturaron hembras que presentaron ovocitos hialinos y/o folículos post-ovulatorios en sus ovarios (Clase sexual: 4- en desove) y machos con lóbulos testiculares y senos espermáticos llenos de espermatozoides (clase sexual: 9- en emisión) fueron considerados como áreas probables de desove de las especies (Fig. 7).

Un área de desove fue identificada, en febrero y marzo de 1992, para *E. morio* (20♀ y 19♂) en la parte suroeste del Banco de Campeche, a una profundidad de aproximadamente de 42 m. Estos 39 meros rojos fueron capturados entre el segundo y cuarto día después de la luna llena.

Un total de 11 sitios de pesca (51-68 m de profundidad) ubicados en la parte noreste del Banco de Campeche y un sitio localizado en el Arrecife Alacranes (8-10 m de profundidad) fueron considerados como áreas de desove para *M. bonaci* (61♀). Las hembras fueron capturadas entre octubre y junio (de 1996 hasta 2000), durante o algunos días antes de la luna nueva.

Siete sitios de pesca (50-53 m de profundidad) explorados en enero y febrero de 1997-98, en marzo de 1998 y abril de 1999, situados en la parte central y noreste del Banco de Campeche, fueron considerados como área de desove para *M. microlepis* (22♀).

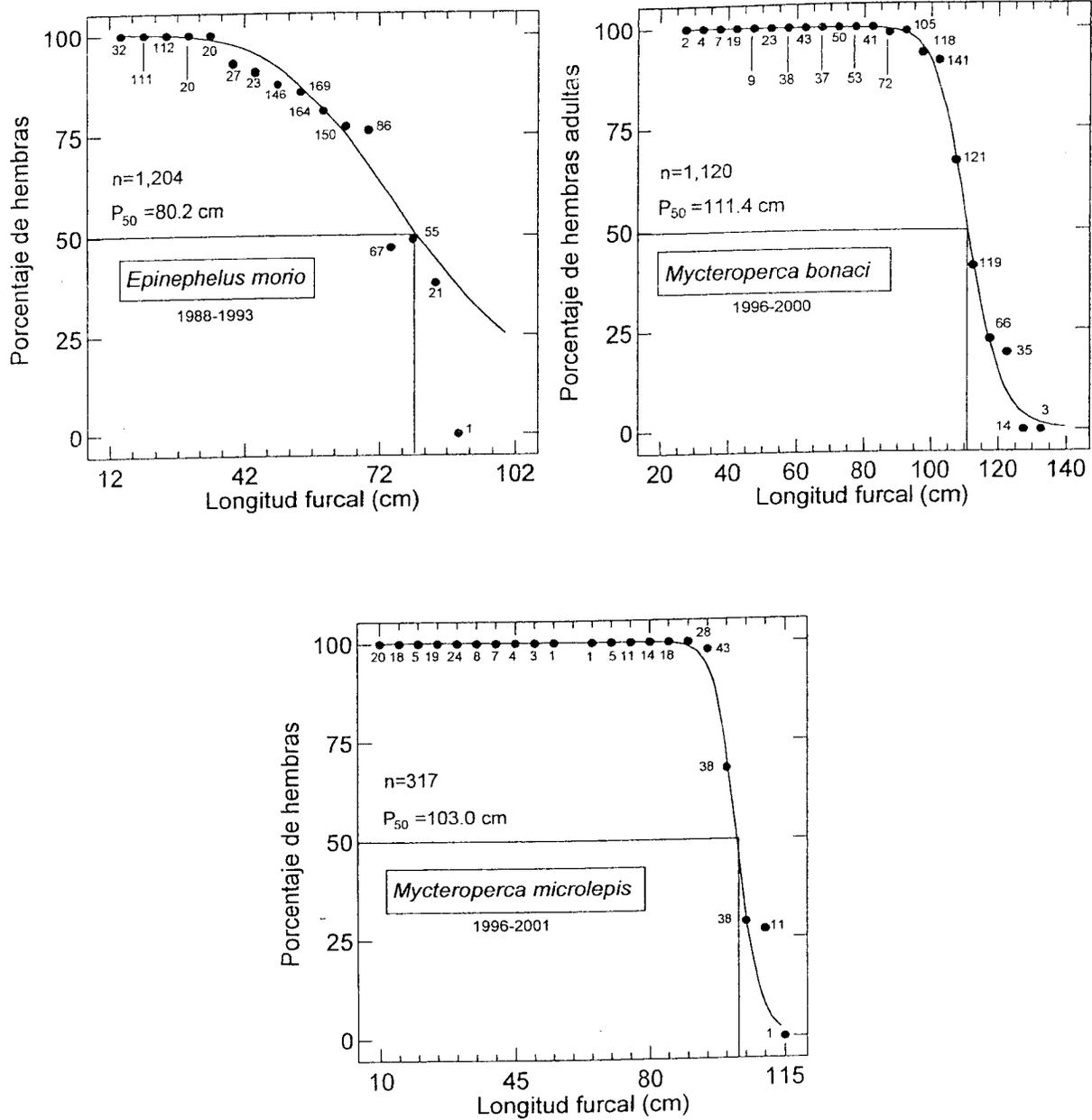


Figura 5. Ojivas de proporción de hembras por clase de tallas, obtenidas a través de un análisis Logit binaria, para los organismos de *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis* colectados en el Banco de Campeche, entre 1988 y 2001. Las líneas indican la longitud (P<sub>50</sub>) a la cual 50% de los organismos fueron identificados como hembras. Para cada clase de tallas se indica el número de organismos analizados (según Brulé et al., 1999; Brulé et al., en prensa; Brulé et al., com. pers.).

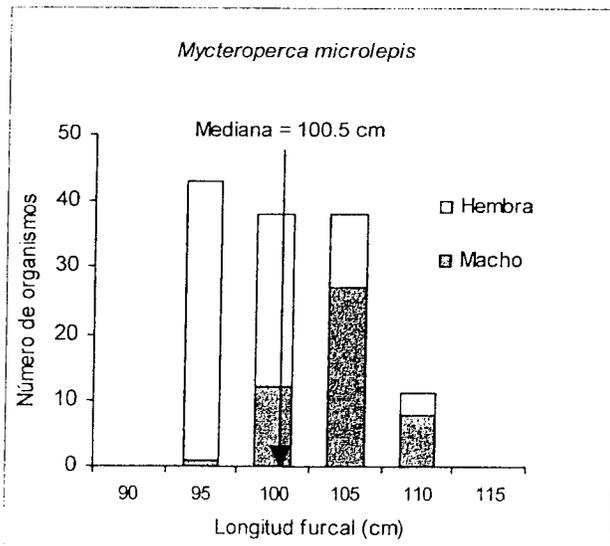
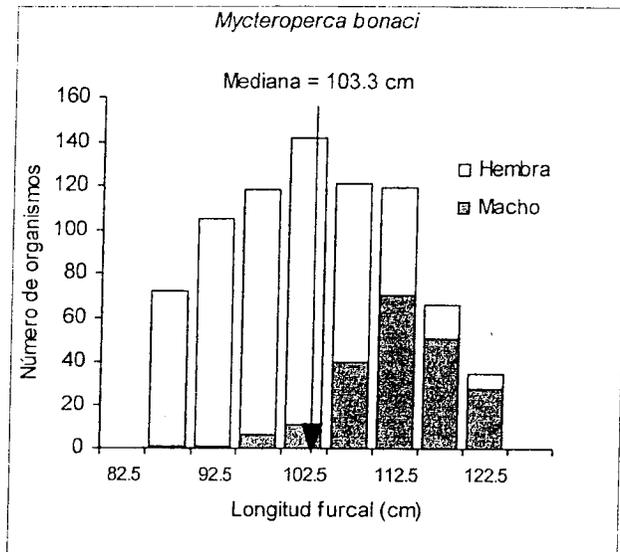
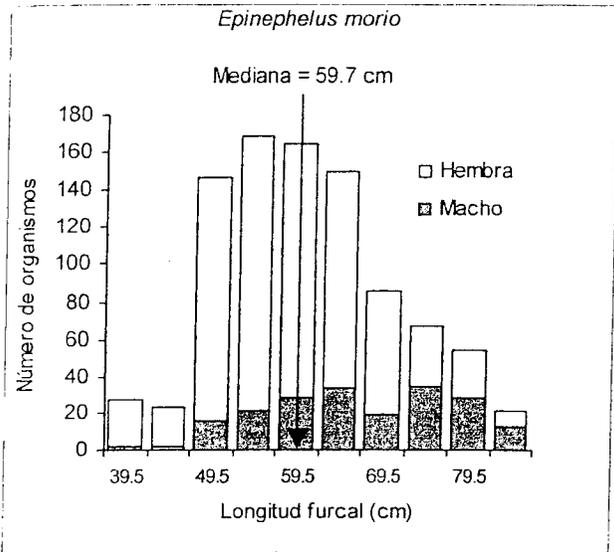


Figura 6. Tallas medias teóricas a las cuales la inversión sexual es susceptible de ocurrir en las hembras de *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis* colectados en el Banco de Campeche, entre 1988 y 1999 (según Brulé et al., 1999; Brulé et al., en prensa; Brulé et al., com. pers.).

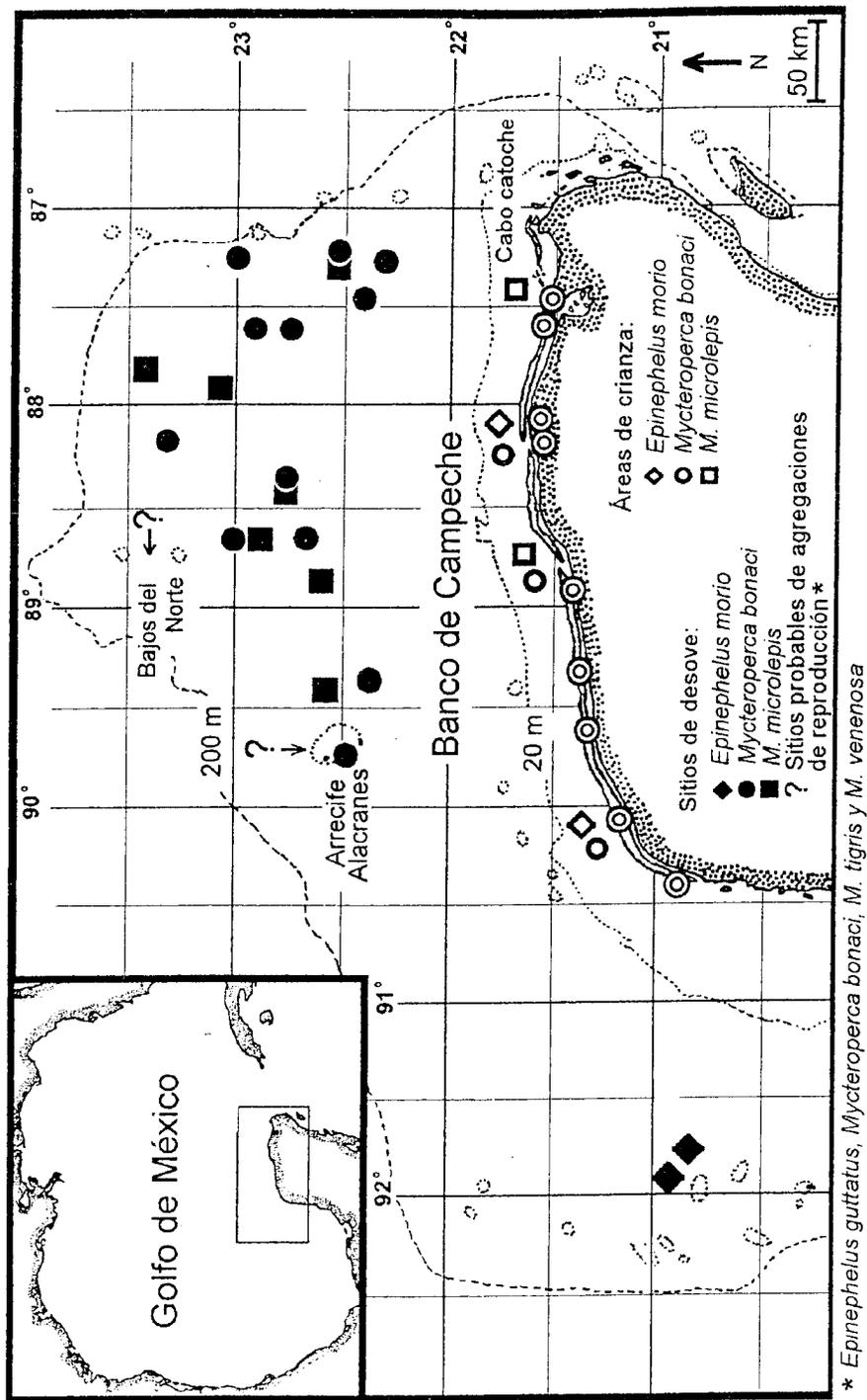


Figura 7. Hábitats críticos (áreas de reproducción, sitios de agregación de reproducción y zonas de crianza) para *Epinephelus morio*, *Mycteroperca bonaci* y *M. microlepis*, colectados en el Banco de Campeche, entre 1988 y 2001.

Los primeros indicios sobre la formación de agregaciones de reproducción de meros fueron obtenidos tanto en el Arrecife Alacranes como en Bajos del Norte. La realización de observaciones submarinas asociadas a la determinación del grado de desarrollo sexual de los organismos por análisis histológico de sus gónadas permitieron observar altas densidades de meros sexualmente activos, y en particular de hembras maduras y en desove (clases sexuales 3 y 4), de *E. guttatus* y *M. bonaci* en el Arrecife Alacranes y de *M. venenosa*, *M. bonaci*, *M. tigris*, *E. guttatus*, *E. striatus* y *M. interstitialis*, en Bajos del Norte.

### Áreas de crianza

Durante una campaña de muestreos de meros realizada de junio a noviembre de 2000, en aguas someras (1-10 m de profundidad) a lo largo de la costa de Yucatán, 192 juveniles (clase sexual: 1- hembra inmadura) de cinco especies fueron capturados: *E. morio* (6-38 cm Le; N=89), *M. bonaci* (7.6-43 cm Le; N=17), *M. microlepis* (10.9-38.5 cm Le; N=84), *E. striatus* (46.2 cm Le N=1) y *Epinephelus adscensionis* (20.3 cm Le; N=1).

Un total de nueve sitios fueron considerados como potenciales áreas de crianza para juveniles de *E. morio*, *M. bonaci* y *M. microlepis* (Fig. 1). Seis de los sitios analizados están ubicados en la zona marítima de áreas naturales protegidas: El Cuyo, Río Lagartos y San Felipe en la Reserva Natural de la Biosfera "Río Lagartos"; Dzilam de Bravo en la Reserva Natural Estatal "Bocas de Dzilam"; El Palmar en la Reserva Natural Estatal del mismo nombre y Celestún en la Reserva Natural de la Biosfera del mismo nombre.

Resultados recientes (de diciembre de 2000 hasta diciembre de 2001) permitieron identificar como áreas de crianza de juveniles de mero al sitio de Punta Caracol para *M. microlepis*; a los sitios de Punta Palmar, San Felipe y Río Lagartos para *E. morio* y *M. bonaci* y a Dzilam de Bravo para *M. bonaci* y *M. microlepis* (Fig. 7).

## CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este estudio constituyen una contribución para el manejo racional de la pesquería de mero del Banco de Campeche.

Con el objetivo de intentar asegurar el mantenimiento o recuperación de la productividad de esta pesquería, la información proporcionada sobre la biología de la reproducción de las principales especies de meros permitirá elegir entre métodos convencionales y no-convencionales como estrategias posibles de manejo (Tabla 2).

### I- Métodos convencionales

#### a. Estaciones de veda

Prohibición de la pesca durante determinados periodos del año para proteger ciertas fases de la vida de una población.

En el caso de la pesquería de mero del Banco de Campeche se podría proponer el establecimiento de un **periodo de veda temporal** escogido entre los meses de **enero y**

Tabla 2. Posibles medidas de regulación para el manejo racional del recurso mero del Banco de Campeche en relación con la información científica disponible a la fecha sobre la reproducción de las principales especies explotadas.

Especies	Convencionales			Tallas mínimas de captura		No-convencionales		
	Vedas	Espacial	Total	L <sub>50</sub> (cm Lf)	L <sub>min</sub> (cm Lf)	Áreas Marinas Protegidas	Zonas de crianza	Zonas de agregación de reproducción
<i>E. morio</i>	Enero-marzo	?	---	51	39	PP-SF-RL	?	?
<i>M. bonaci</i>	Enero-marzo	AA y BN?	---	72	58	PP-DB-SF-RL	AA y BN?	?
<i>M. microlepis</i>	Enero-marzo	?	---	72	71	DB-PC	?	?
<i>M. phenax</i>	Enero-marzo?	?	---	?	?	?	?	BN?
<i>M. interstitialis</i>	Enero-marzo?	BN?	---	?	?	?	?	BN?
<i>E. drummondhayi</i>	Abril-agosto?	?	---	?	?	?	?	?
<i>E. guttatus</i>	?	AA y BN?	---	?	?	?	?	AA y BN?
<i>M. tigris</i>	?	BN?	---	?	?	?	?	BN?
<i>M. venenosa</i>	?	BN?	---	?	?	?	?	BN?
<i>E. striatus</i>	?	BN?	---	?	?	?	?	BN?
<i>E. itajara</i>	?	?	Si	?	?	?	?	?

AA: Arrecife Alacranes; BN: Bajos del Norte; DB: Dzilam de Bravo; PC: Punta Caracol; PP: Punta Palmar; RL: Río Lagartos; SF: San Felipe.

**marzo**, época durante la cual tiene lugar el desove de *E. morio*, *M. bonaci* y *M. microlepis*, y probablemente de *M. phenax* y *M. interstitialis*.

La principal ventaja que presenta esta medida para estas fechas es que puede asegurar de manera simultánea y durante un periodo de tiempo limitado la reproducción de las tres principales especies de mero del Banco de Campeche.

Las desventajas consisten en el riesgo de ver aumentar la capacidad de pesca de la industria fuera del periodo de veda; en un impacto social negativo (es necesario ofrecer a los pescadores alternativas económicas durante el periodo de veda) y en un efecto perturbador en la comercialización del producto.

#### *b. Zonas de veda*

Prohibición de la pesca en una zona geográfica determinada para reglamentar el esfuerzo de pesca en una determinada fase vital de una especie.

En el caso de la pesquería de mero del Banco de Campeche se podría proponer el establecimiento de zonas de veda en los lugares geográficos donde las especies desovan. Sin embargo, los sitios identificados como lugares de desove para *E. morio*, *M. bonaci* y *M. microlepis* en la partes occidental, central y oriental del Banco son demasiados dispersos para esperar alcanzar una aplicación eficaz y sencilla de tal medida.

Sin embargo, la ubicación precisa de las zonas donde ocurren las agregaciones de reproducción de los meros podría constituir una alternativa interesante para el establecimiento de zonas de veda. A la fecha los estudios en curso sobre este tema han proporcionados indicios serios sobre la formación de agregaciones de reproducción de *E. guttatus* y *M. bonaci* en **Arrecife Alacranes** y de *M. venenosa*, *M. bonaci*, *M. tigris*, *E. guttatus*, *E. striatus* y *M. interstitialis*, en **Bajos del Norte**. La confirmación inequívoca de la formación de tales agregaciones podría conducir a establecer zonas de veda en estas regiones.

La ventaja de tal medida que tiene como objeto de proteger a las agregaciones de reproducción consiste en implementar una prohibición de pesca en unos lugares bien definidos geográficamente, de superficies restringidas y durante un periodo limitado de tiempo (periodo de desove de las especies). Así, este tipo de regulación asegura un abastecimiento constante del recurso vedado, el cual se puede seguir explotando afuera de las zonas de prohibición de pesca.

Las desventajas consisten en funcionamiento complicado porque implica a veces costos elevados para su vigilancia cuando las zonas de agregaciones son numerosas y ubicadas en áreas remotas de difícil acceso. Además no se puede aplicar en el caso de especies que no forman agregaciones de reproducción como es el caso de *E. morio*.

### c. Veda total

Prohibición total en el tiempo y espacio de la pesca de especies consideradas como amenazadas.

De todas las especies distribuidas en la parte central del Atlántico oeste, *E. striatus* (chernoq criollo; mero rayado) y *E. itajara* (mero guaza; Cherna) son clasificados como especies amenazadas con alto riesgo de extinción a corto plazo (Morris al., 2000; Musick et al., 2000; UICN/SSC).

Estas especies son presentes en el Banco de Campeche. Así en el marco del manejo de la pesquería de mero en esta zona sería necesario, como ocurre en otras partes del Golfo de México, imponer una **veda total** sobre la captura de *E. striatus* y *E. itajara*.

La imposición de tal medida para dichas especies no presentaría un impacto económico negativo por el hecho que son especies muy ocasionalmente capturadas. Además, *E. itajara* por el tamaño alcanzado por los organismos representa un mero difícil de comercializar y de exportar. Su aplicación no debería provocar dificultades particulares por ser especies de zonas rocosas y/o arrecifales generalmente capturadas con arpón, arte de pesca altamente selectivo cuando es utilizado de maneja responsable

### d. Tallas mínimas de captura

Prohibir la captura de organismos que no alcanzaron una talla determinada para permitir que crezcan y contribuyan a la biomasa de la población íctica en años ulteriores y que se reproduzcan al menos una vez en su vida.

En el caso de la pesquería de mero del Banco de Campeche se podría proponer el establecimiento de tallas mínimas de captura correspondientes a las tallas de primera madurez sexual ( $L_{50}$ ) de las especies: **50.9 cm Lf** para *E. morio* y de **72.1 cm Lf** para *M. bonaci* y *M. microlepis* o bien a sus tallas mínimas de primera madurez sexual ( $L_{min}$ ): **38.9 cm Lf** para *E. morio*; **58.0 cm Lf** para *M. bonaci* y **70.5 cm Lf** para *M. microlepis*.

La ventaja de tal medida es de reducir las probabilidades de alcanzar una sobreexplotación de reclutamiento del recurso. Su aplicación se ve facilitada y su eficiencia es máxima cuando se utiliza arte(s) de pesca altamente selectivo(s) que impiden capturar organismos cuyo tamaño es inferior a lo establecido en la legislación.

Las desventajas consisten por un lado, en la necesidad de aplicar una talla mínima de captura diferente para cada especie, al menos dos para las tres principales especies de mero del Banco. Por otro lado, en el caso del uso de un arte de pesca no selectivo en cuanto al tamaño de los organismos capturados, esta medida implica el regreso al mar de los organismos que no cumplen con la legislación establecida sobre la talla mínima (bycatch). En tales condiciones, el arte de pesca utilizado no debe de lastimar a los peces y la probabilidad de sobrevivencia de los organismos regresados al mar debe de ser muy elevada para que la aplicación de esta medida no sea contraproducente. Por ejemplo, las tasas de sobrevivencia de ejemplares de *E. morio* regresados al mar fluctúan entre 86% para

los organismos capturados a 44 m de profundidad y 0% para los capturados entre 54 y 75 m (Wilson y Burn 1996).

Muchos ejemplares de meros capturados en aguas profundas llegan a la superficie con su vejiga gaseosa dilatada o reventada y sus órganos internos comprimidos o expulsados por la boca o el ano, provocando la muerte de los peces a corto plazo. En Estados Unidos, algunas organizaciones recomiendan el uso de jeringas especiales para sacar el exceso de gas antes de regresar a los organismos pequeños al mar e incrementar así su tasa de sobrevivencia.

#### *e. Límites de captura*

Imponer una cuota de captura máxima a las flotas pesqueras para mantener o recuperar la biomasa vulnerable del recurso.

El cálculo de la captura total permisible (CPT) requiere evaluar la abundancia y la estructura biológica del recurso (Beddington y Rettig, 1984). Los datos de composición de talla por sexo, de proporciones de sexo por talla y de fecundidad individual obtenidos a través de los métodos directos de estudios de la reproducción en peces pueden proporcionar informaciones útiles para una evaluación precisa de la abundancia corriente del recurso.

El conocimiento de la proporción de sexos en un stock de progenitores permite estimar la biomasa de reproductoras presente en el stock y, en relación con la estimación de la fecundidad individual, evaluar la fecundidad potencial total de dicho stock.

El conocimiento de la composición de talla por sexo permite, en el caso de especies hermafroditas protóginas, intentar tomar en consideración el impacto diferencial que puede tener el esfuerzo de pesca sobre las poblaciones hembras y machos del recurso explotado.

## **II- Métodos no-convencionales**

Paralelamente al uso de los métodos convencionales para asegurar el mantenimiento o recuperación de la productividad de una pesquería es también posible aprovechar métodos no-convencionales como son la protección o restauración de hábitats críticos.

En la actualidad, las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) son consideradas como la opción más atractiva y prometedora para asegurar la preservación de los recursos marinos renovables. Sin embargo, la eficiencia de estas reservas sobre la productividad de las pesquerías dependen de los criterios considerados para su diseño. Las áreas protegidas deben de incluir a los hábitats en los cuales se desarrollan las etapas cruciales del ciclo de vida de las especies "blanco" en las pesquerías, como son las áreas de reproducción y de crianza.

Las AMPs aparecen como una de las herramientas más adecuadas para contribuir a la protección de los meros. Los resultados obtenidos a la fecha ponen en evidencia que las reservas tienen efectos positivos sobre este recurso tales como: incrementos en densidad, biomasa, talla promedio y abundancia de las especies. Estos beneficios han sido observados tanto para especies consideradas como de tamaño pequeño (*C. cruentatus* y *C. fulvus*) como

las de tamaño mediano (*E. adscencionis*, y *E. guttatus*) o grande (*E. striatus*, *M. bonaci*, *M. tigris* y *M. venenosa*) (Sadovy, 1999; Koenig *et al.*, 2000).

En el caso de las poblaciones de mero del Banco Campeche las **zonas de crianza** de juveniles ubicadas a **lo largo de la costa del estado de Yucatán** así como las **probables zonas de agregaciones de reproducción** en el **Arrecife Alacranes** y en **Bajos del Norte** podrían ser protegidas de cualquier actividad humana a través de la creación de AMPs. La implementación y manejo de estas AMPs podrían verse facilitados por el hecho de que varias de estas áreas catalogadas como hábitat crítico para meros están ubicadas en zonas protegidas como:

- \* las áreas de crianza de *E. morio*, *M. bonaci* y *M. microlepis* en El Cuyo, Río Lagartos y San Felipe (Reserva Natural de la Biosfera *Río Lagartos*); en Dzilam de Bravo (Reserva Natural Estatal *Bocas de Dzilam*) y en Punta Palmar (Reserva Natural Estatal *El Palmar*).
- \* las posibles áreas de reproducción de *E. guttatus* y *M. bonaci* en el Parque Marino Nacional *Arrecife Alacranes*.

#### RECOMENDACIONES

Es probable que para realizar una gestión racional del recurso mero y mantener una producción sostenible del mismo a través del tiempo sea necesario implementar diversas medidas administrativas para la regulación de la pesquería.

En este contexto, además de la imposición de un periodo de veda de un mes, a establecer durante el primer trimestre del año (enero-marzo), sería también factible proponer tallas mínimas de captura, de preferencia con control de las características técnicas del arte de pesca; cuotas de captura; creación de AMPs para la protección de los hábitats críticos y veda total de las especies amenazadas (*E. striatus* y *E. itajara*, por ejemplo).

Estas medidas deberían de ser analizadas y si necesario revisadas o modificadas con regularidad en relación con la evolución temporal del estado de salud del recurso y de los nuevos aportes científicos sobre las especies explotadas.

Todavía es indispensable obtener más información sobre la biología de la reproducción de las especies que componen este recurso como el ciclo sexual y las tallas de primera madurez sexual de *E. guttatus*, *M. phenax*, *M. interstitialis* así como de los meros de aguas profundas: *E. drummondhayi*, *E. flavolimbatus*, *E. niveatus*; la fecundidad y las zonas de agregaciones de reproducción y de crianza de las diversas especies explotadas.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por los proyectos CONACYT No. 2184P-B9507 y 37606-B, así como del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) Convenio C-1-99/062.

Las actividades científicas fueron realizadas en el marco de los permisos de pesca de fomento No. 260899-213-03 y No. 030400-213-03, emitidos por la SEMARNAP así como del Convenio de Concertación SEMARNAP/S.S.S. "24 de Febrero"/CINVESTAV para el uso de la embarcación "UNICAPVII".

Agradecemos sinceramente al apoyo recibido por parte de los Srs R. Robles de Benito, V. Alcantar-Cardañas de la SEMARNAP-Mérida y M. Garduño-Andrade de la SEMARNAP/INP-CRIPY; J. Peraza-Menéndez y M. Castillo-Martínez del CECADESU/CREDES de Yucalpéten; F. X. Soto-González, K. Cervera-Cervera y J.C. Espinosa-Méndez de la SAGARPA/INP-CRIPY y el Capitán de puerto de Progreso L. Contreras-García..

Para la realización de los muestreos agradecemos también a A.M. Pech de la congeladora CONYUC (Progreso); J. Rodríguez-Felix de la S.S.S. "24 de Febrero" (Progreso); J.L. Carillo-Galaz, F. Alvarez-Carrillo, J.A. Manzano-Meza y H. Manzano-Hú de la Sociedad de Cooperativa de Producción Pesquera (SCPP) "Pescadores de Sisal" (Progreso) así como a todos los responsables y pescadores de las SCPP siguientes: "El Cuyo", "Río Lagartos", "San Felipe", "Dzilam de Bravo", "Sisal", "La Pobre de Dios" y "Real de Celestún".

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bagenal, T.B. 1957. The breeding and fecundity of the Long Rough Dab, *Hippoglossoides platessoides* (FABR.) and the associated cycle in condition. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **36**:339-375.
- Beddington, J.R. y R.B. Rettig. 1984. Criterios para la regulación del esfuerzo de pesca. FAO Documento Técnico de Pesca, 243, 44 p.
- Brulé, T., and C. Déniel. 1994. Exposé synoptiques des données biologiques sur le mérrou rouge *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828) du golfe du Mexique. FAO Synopsis sur les pêches 155, FAO, Rome, 39 p
- Brulé, T., C. Déniel, T. Colás-Marrufo and M. Sánchez-Crespo. 1999. Red Grouper Reproduction in the Southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, **128**:385- 402.
- Brulé, T., T. Colás-Marrufo, A. Tuz-Sulub and C., Déniel. 2000. Evidence for protogynous hermaphroditism in the serranid fish *Epinephelus drummondhayi* (Perciformes: Serranidae) from the Campeche Bank in the southern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **66**:513-521.
- Brulé, T., X. Renán, T. Colás-Marrufo, Y. Hauyon, A. Tuz-Sulub and C., Déniel. En prensa. Reproducción in the protogynous grouper *Mycteroperca bonaci* (Poey) from the southern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*.
- Bullock, L.H. and G.B. Smith. 1991. Seabasses (Pisces: Serranidae). *Memoirs of the Hourglass Cruises*, **8** (Part 2). 243 p.

- Burgos, R. y Defeo, O. (2000). Un marco de manejo precautorio para la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche, México. *Oceánides* **15**, 129-140.
- Colás-Marrufo, T., T., Brulé, y C. Déniel. 1998. Análisis preliminar de las capturas de meros realizadas a través de unidades de la flota mayor en el sureste del Golfo de México. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **50**:780-803.
- Colás-Marrufo, T. and T. Brulé. 2000. La reproducción de la cuna aguají, *Mycteroperca microlepis* en el sur del Golfo de México: primeros resultados. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **51**:152-168.
- Colás-Marrufo T., A. Tuz-Sulub y T. Brulé. 2002. Observaciones preliminares sobre la pesquería de meros (Serranidae: Epinephelinae) en el Parque Nacional "Arrecife Alacranes", Yucatán, México. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **53**:430-445.
- Domeier, M.L. and P.L. Colin. 1997. Tropical reef fish spawning aggregations: defined and reviewed. *Bulletin of Marine Science*, **60**: 698-726.
- Falfán-Vázquez, E., T. Brulé, T. Colás-Marrufo y A. Tuz-Sulub. En prensa. Nuevos datos sobre el patrón de fecundidad del mero colorado, *Epinephelus guttatus* (Linnaeus, 1758). *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **55**
- Gabe, M. 1968. *Techniques histologiques*. Masson, Paris. 1113 p.
- Grimes, C. B. 1987. Reproductive biology of the lutjanidae: a review. In J. J. Polovina and S. Ralston (eds), *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*, p. 239-294. Westview Press, Boulder, CO.
- Heemstra, P. C., and J. E. Randall. 1993. FAO species catalogue. Vol. 16. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fisheries Synopsis 125, FAO, Rome, 382 p.
- Koenig, C.C., F. C., Coleman, C. B., Grimes, G. R., Fitzhugh, K. M., Scanlon, C. T. Gledhill, and M. Grace. 2000. Protection of fish spawning habitat for the conservation of warm-temperate reef-fish fisheries of shelf-edge reefs of Florida. *Bulletin of Marine Science*, **66** :593-616.
- Moe, M. A. 1969. Biology of the red grouper *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of Mexico. *Florida Department of Natural Resources, Marine Research Laboratory, Professional Papers Series 10*, Florida, 95 p.
- Morris, A. V., C. M., Roberts, and J. P. Hawkins. 2000. The threatened status of groupers (Epinephelinae). *Biod. Cons.* **9**:919-942.

- Musick, J. A., M. M., Harbin, S. A., Berkeley, G. H., Burgess, A. M., Eklund, L., Findley, R. G., Gilmore, J. T., Golden, D. S., Ha, G. R., Huntsman, J. C., McGovern, S. J., Parker, S. G., Poss, E., Sala, T. W., Schmidt, G. R., Sedberry, H., Weeks, and S. G. Wright. 2000. Endangered Species- Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of pacific salmonids). *Fisheries* 25 (11):6-30.
- Nelson, J.S. 1994. *Fishes of the World*. Third Edition. John and Wiley and Sons, Inc., New York. 600 p.
- Renán, X. 1999. Aspectos de la reproducción de la cuna bonaci, *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1869 del Banco de Campeche, Yucatán. Tesis de Maestría, Cinvestav- Unidad Mérida, Mérida. 82 p.
- Renán, X, T., Brulé, T., Colás-Marrufo, Y., Hauyon and C. Déniel. 2001. Preliminary results of the reproductive biology of the black grouper, *Mycteroperca bonaci* from the southern Gulf of Mexico. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 52:1-14.
- Renán, X., K. Cervera-Cervera and T. Brulé. En prensa (a). Probable nursery areas for juvenile groupers in the Northern coast of the Yucatan Peninsula. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 54
- Renán, X., R. Lecomte-Finiger and T. Brulé. En prensa (b). Addressing recruitment in *Mycteroperca microlepis* populations of the north coast of Yucatan peninsula: an otolith aging approach. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 55
- Sadovy, Y., and D. Y. Shapiro. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia* 1:136-156.
- Sadovy, Y. 1999. MPAs as a generic tool, with emphasis on the protection of long-lived fishes, such as groupers. ACP-EU Fish. Res. Rep. 5:43-45.
- SEMARNAP. 2000. Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo 1997-1998. SEMARNAP-IPN, México, 691 p.
- Shapiro, D. Y. 1984. Sex reversal and sociodemographic processes in coral reef fishes. In G. W. Potts and R. J. Wootton (eds), *Fish reproduction: strategies and tactics*, p. 103-118, Third edition. Academic Press, London.
- Shapiro, D. Y. 1987. Reproduction in groupers. In J. J. Polovina and S. Ralston (eds), *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*, p. 295-327. Westview Press, Boulder, CO.
- Simpson, A.C. 1951. The fecundity of the Plaice. *Fisheries Investigation of London*, 17:3-27.

- Tuz-Sulub, A.N. 1999. Composición, distribución e importancia pesquera de los serránidos (subfamilia Epinephelinae) en el Banco de Campeche, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. 77p.
- Tuz-Sulub, A.N, K. Cervera-Cervera, T. Colás-Marrufo y T. Brulé. En prensa (a). Primeros indicios sobre la formación de agregaciones de reproducción de meros (Epinephelinae: Epinephelini) en el Banco de Campeche. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **54**
- Tuz-Sulub, A.N, K. Cervera-Cervera, J.C. Espinosa- Méndez y T. Brulé. En prensa (b). Caracterización preliminar de la distribución de varias especies de mero (Epinephelinae: Epinephelini) en un sitio de desove en el Banco de Campeche, Yucatán, México. *Proc. of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, **55**
- Wilson, R.R. and K.M. Burns. 1996. Potential survival of released groupers caught deeper than 40m based on shipboard and in-situ observations, and tag-recapture data. *Bulletin of Marine Science*, **58**:234-247