

Estrategia Reproductiva de Algunas Especies de Meros del Golfo de México: Consecuencias para el Manejo de la Pesquería de Mero en la Península de Yucatán, México

Reproductive Strategy of Some Grouper Species from the Gulf of Mexico: Consequences for the Management of the Grouper Fishery from the Yucatan Peninsula, Mexico

Stratégie de Reproduction de Quelques Mérus du Golfe du Mexique: Conséquences sur L'aménagement de la Pêche de Mérou de la Péninsule du Yucatan, Mexique

THIERRY BRULÉ^{1*}, DORALICE CABALLERO-ARANGO¹, ARMIN TUZ-SULUB²,
XIMENA RENÁN¹ y TERESA COLÁS-MARRUFO¹

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Recursos del Mar, Unidad Mérida, Antigua Carretera a Progreso Km. 6, Apartado Postal 73 Cordemex, Código Postal 97310, Mérida, Yucatán, México. ²Departamento de Biología Marina, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. *tbrule@mda.cinvestav.mx.

RESUMEN

En el sureste del Golfo de México, 21 especies de mero constituyen uno de los principales recursos pesqueros de la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche). Debido a la explotación excesiva de estas especies ocurrida durante las últimas décadas, fue necesario imponer a la pesquería de mero de esta región una veda estacional permanente (15 de febrero-15 de marzo) a partir de 2007 y una talla mínima de captura (36.3 cm de longitud total) a partir de 2010. Sin embargo estas medidas de manejo pesquero fueron establecidas únicamente en base a la biología reproductiva de la especie más abundante en las capturas (*Epinephelus morio*), sin considerar el aspecto multiespecífico del recurso. En el presente estudio se analiza la estrategia reproductiva (sexualidad, época de desove, talla de primera madurez y comportamiento reproductor) de seis de las principales especies de mero (*Epinephelus guttatus*, *E. morio*, *Mycteroperca bonaci*, *M. microlepis*, *M. tigris* y *M. venenosa*) explotadas en el Banco de Campeche. Los resultados obtenidos ponen en evidencia similitudes pero también diferencias en la ecología y la biología reproductiva de estos meros. En particular, las variaciones observadas en relación con: la época y zona de desove, la talla de primera madurez y la conducta reproductiva de las especies, deberían ser tomadas en consideración para ajustar la legislación pesquera vigente, con el fin de lograr un uso racional del recurso mero del Banco de Campeche.

PALABRAS CLAVE: Biología reproductiva, regulación pesquera, Epinephelidae, Banco de Campeche

INTRODUCCIÓN

En el sureste del Golfo de México, el recurso mero (Epinephelidae, Epinephelini) constituye una de las principales pesquerías de la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche). Es una pesquería multiespecífica que explota hasta 21 especies de mero presentes en esta región (Heemstra y Randall 1993). Dos flotas comerciales mexicanas, una industrial (mayor) y una artesanal (menor), capturan de manera secuencial este recurso a diferentes profundidades, en diferentes zonas y habitas, y por medio de palangres de fondo, de líneas y anzuelos, y de arpón. Junto con las flotas mexicanas, la flota industrial cubana comparte la explotación de este recurso mediante un acuerdo bilateral establecido entre México y Cuba. Actualmente, la pesquería de mero en el Banco de Campeche es considerada deteriorada (Burgos-Rosas y Pérez-Pérez 2006, SAGARPA 2012). En particular el stock de mero americano *Epinephelus morio*, la especie de mero más abundante en las capturas, es actualmente sobreexplotado (Burgos y Defeo 2000, 2004, Giménez-Hurtado et al. 2005).

Las medidas de manejo pesquero aplicadas a las flotas mexicanas consisten en:

- i) Un control en la emisión de los permisos para pesca comercial de escama,
- ii) Una veda temporal que prohíbe la captura de todas las especies de mero del 15 de febrero al 15 de marzo, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe (medida permanente desde 2007; SAGARPA 2007) y
- iii) Una talla mínima de captura (TMC) de 36.3 cm de longitud total para todas las especies de mero (a partir de 2010), con la obligación de usar anzuelos circulares (tipo Mustad) del tamaño # 11 para la flota industrial y del # 12 para la flota artesanal (SAGARPA 2009). Para la flota cubana se aplica específicamente una cuota de captura máxima anual de 1,200 t (Burgos y Defeo 2004).

Para su uso, dos de las medidas aplicadas para el manejo de esta pesquería: la veda temporal y la TMC, deben ser definidas tomando en cuenta las características de ciertos aspectos de la biología reproductiva de las especies explotadas, es decir de su época de desove y de su talla de primera madurez, respectivamente. En el caso de la pesquería de mero del Banco de Campeche, el periodo de veda y la TMC fueron definidos únicamente con base en a la época de desove y a la talla de primera madurez sexual del mero americano (SAGARPA 2007, 2009). Si bien el mero americano representa la especie capturada con mayor abundancia sobre los fondos rocosos del Banco de Campeche, otras especies procedentes del mismo hábitat como la cuna bonaci *Mycteroperca bonaci* y la cuna aguají *Mycteroperca microlepis*, representan un porcentaje no

despreciable de los desembarques anuales de mero (Brulé et al. 2009). También, en las zonas de arrecifes de coral ubicadas en el Banco de Campeche, otros meros como el mero colorado *Epinephelus guttatus*, la cuna gata *Mycteroperca tigris* y la cuna de piedra *Mycteroperca venenosa* son el blanco, durante la formación de sus agrupaciones de desove, de una explotación estacional intensiva por parte de algunas embarcaciones de la flota industrial de Yucatán (Colás-Marrufo et al. 2002, Tuz-Sulub et al. 2003, 2004, 2006). El nivel de amenaza que enfrentan estas seis especies es variable según los reportes disponibles. Así, para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2013), estas seis especies son clasificadas en las categorías de: Preocupación Menor (LC) en el caso de la cuna aguají, del mero colorado y de la cuna gata o Casi Amenazado (NT) en el caso del mero americano, de la cuna bonací y de la cuna de piedra. Mientras tanto, Morris et al. (2000) consideran que las seis especies son amenazadas por ser clasificadas en la categoría Vulnerable (VU).

A la fecha, el manejo de la pesquería de mero del Banco de Campeche no toma en consideración el aspecto multiespecífico del recurso. Todas las especies que lo componen no presentan por principio la misma biología o ecología reproductiva. Con base en esta preocupación, es importante definir si las medidas de regulación actualmente en vigor para el manejo del recurso mero del Banco de Campeche siguen siendo efectivas cuando se toma en consideración los aspectos reproductivos de más de una especie de mero. Con este propósito, se analiza en el presente estudio la sexualidad, la época de desove, la talla de primera madurez y el comportamiento reproductor (formación de agrupaciones de desove) de las seis especies de mero más explotadas en zonas de fondos rocosos y en zonas de arrecifes de coral del Banco de Campeche. Además, las principales medidas de manejo (veda temporal; TMC y áreas naturales protegidas), actualmente vigentes o propuestas para la pesquería de mero son evaluadas con base en los resultados obtenidos sobre las características reproductivas de las especies de mero estudiadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los individuos de mero americano, de cuna bonací y de cuna aguají fueron colectados en la zona centro-este del Banco de Campeche caracterizada por la presencia de fondos duros de tipo rocoso. Estos ejemplares fueron obtenidos entre 1988 y 2001, a partir de las capturas efectuadas por medio de palangres de fondo por embarcaciones de la flota comercial industrial del puerto de Progreso (Brulé et al. 1999, 2003a, b). Los especímenes de mero colorado, de cuna gata y de cuna de piedra fueron colectados con arpón entre 2001 - 2004 y 2008 - 2009, en dos zonas de arrecifes de coral del Banco de Campeche: el Arrecife Alacranes (estructura emergente) y en los Bajos del Norte (estructura sumergida), situadas respectivamente a 130 km y 254 km al norte de la costa del estado de

Yucatán (Tuz-Sulub 2008, Caballero-Arango et al. 2013, Caballero-Arango 2013).

Los meros fueron medidos (longitud furcal, LF; cm), pesados (peso total, PT y peso del pez eviscerado, PE; g) y sus gónadas fueron colectadas, pesadas (Pg; g) y analizadas mediante el uso de técnicas de histología clásica.

La sexualidad de las especies fue caracterizada tomando en cuenta los criterios definidos por Sadovy y Shapiro (1987) y Sadovy de Mitcheson y Liu (2008). El hermafroditismo sucesivo protógino fue confirmado cuando se identificó individuos en inversión sexual cuyos ovotestis contenían espermatoblastos en proliferación a lado de ovocitos vitelógenos en degeneración o bien de masas musculares bien desarrolladas.

La época de desove fue determinada a través del análisis de las variaciones mensuales de los valores del índice gónado-somático ($IGS = Pg/PE \times 100$) promedio y de la frecuencia de las fases reproductivas definidas por Brown-Peterson et al. (2011), durante un ciclo anual completo. Únicamente las hembras fueron consideradas para este análisis debido a que la información proporcionada a partir del estudio del desarrollo de los ovarios es más precisa para la caracterización del ciclo reproductor de los peces.

La talla de primera madurez sexual (i.e. L_{50} : talla a la cual 50% de las hembras son maduras) fue estimada por medio del uso de un modelo de distribución logística ($L_{50} = e^z / (1 + e^z)^{-1}$, con $z = a + b \times \log_{10}L$), a través de un ajuste de los datos por el método de máxima verosimilitud.

Las agrupaciones de desove fueron caracterizadas según los criterios propuestos por Colin et al. (2003), Colin (2012) y Domeier (2012). En particular se tomó en consideración el incremento de la densidad de peces y la presencia de hembras en desove activo (identificadas por medio del estudio histológico de sus gónadas) en los sitios analizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de espermatoblastos en diversos grados de desarrollo y niveles de abundancia, así como de atresias β (fase avanzada de degradación de ovocitos vitelógenos remanentes) fueron identificados sin ambigüedad en ovotestis de individuos del mero americano, del mero colorado y del la cuna gata. Estos individuos cumplen con los criterios requeridos para poder considerarlos como en fase de inversión sexual y para confirmar que el patrón de sexualidad de estas tres especies corresponde bien a un hermafroditismo sucesivo protógino (Sadovy y Shapiro 1987, Sadovy de Mitcheson y Liu 2008). Para las demás especies, las gónadas de algunos individuos contenían juntos con espermatoblastos en diferentes fases de desarrollo, solamente numerosas masas musculares bien desarrolladas y algunos ovocitos en crecimiento primario. En varias especies de mero, la presencia de masas musculares en ovarios que contienen únicamente ovocitos en crecimiento primario es considerada como indicador de

una fase de desove pasado en las hembras en reposo sexual (Shapiro et al. 1993, Rhodes y Sadovy 2002). La presencia de tales estructuras en gónadas donde proliferan espermatoblastos sin presencia de atresias puede eventualmente ser también considerada como un indicador de que el individuo transito anteriormente por una fase hembra funcional antes de sufrir un proceso de inversión sexual (Tabla 1). En la literatura estos seis meros son considerados como especies que exhiben un hermafroditismo sucesivo protógino (Smith 1959, García-Cagide y García 1996, Shapiro 1987, Shapiro et al. 1993, Sadovy et al. 1994, García-Cagide et al. 1999, Cushion 2010). Por consecuencia todas presentan un alto grado de vulnerabilidad frente a la explotación pesquera. Para las especies a hermafroditismo protógino, la captura selectiva de los individuos más grandes puede conducir a una reducción paulatina del número de machos presente en el stock explotado y, en caso extremo, a un déficit en la cantidad de gametos masculinos necesarios para la fertilización de los ovocitos producidos por las hembras durante el periodo de reproducción de las especies (Bannerot et al. 1987, Coleman et al. 1996, Koeing et al. 1996, McGovern et al. 1998).

A través del análisis de la evolución mensual del IGS y de la frecuencia de las fase reproductivas (en particular de la sub-fase de hembras en desove activo) a lo largo de un ciclo anual, se observó que los meros distribuidos en zona de fondos rocosos (mero americano, cuna bonací y cuna aguají) presentan una época de desove con unos picos de desove máximo durante el invierno (enero-marzo), mientras que las especies procedentes de zonas de arrecifes de coral tienen la tendencia a seguir desovando o a únicamente desovar durante la primavera: en enero-abril para el mero colorado; en febrero-junio para la cuna gata y en marzo-abril para la cuna de piedra (Tabla 1). El periodo de veda vigente para los meros del Banco de Campeche (15 de febrero-15 de marzo) protege más las épocas de desove de las especies de fondos rocosos que las de las especies de arrecifes de coral (Figura 1). En particular, de las seis especies estudiadas la cuna gata sería la menos protegida

por esta medida de manejo. La propuesta actual de ampliar la veda a dos meses, del 15 de enero al 15 de marzo (Plan de manejo para la pesquería de mero en la Península de Yucatán y Mar Caribe, Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, 26 de octubre de 2012), tendrá únicamente como resultado positivo aumentar la protección ya proporcionada a las hembras en desove de las tres especies de fondos rocosos.

Las tallas de primera madurez estimadas fueron más elevadas para las especies de fondos rocosos ($L_{50} = 50.9-72.1$ cm LF) que para las de arrecifes de coral ($L_{50} = 20.1-42.6$ cm LF) (Tabla 1). Se observó que el valor de la L_{50} estuvo relacionado positivamente con el tamaño máximo alcanzado por cada especie: *i.e.* los meros que presentan una talla máxima reducida empiezan a madurar a tallas más chicas comparado con lo observado para las especies que alcanzan una talla máxima más elevada. La TMC vigente (36.3 cm LT) es eficiente para la protección de los juveniles de las especies de arrecife de coral y en particular para el mero colorado y la cuna gata cuyos valores respectivos de L_{50} son inferiores a esta TMC (Figura 2). Contrariamente, esta medida no cumple su propósito en el caso de los meros de fondos rocosos para los cuales sus respectivas tallas mínimas de madurez sexual (L_{min} = talla de la hembra madura más chica observada en las colectas) son levemente (mero americano) o muy (cuna bonací y cuna aguají) superiores a la TMC. La propuesta de imponer una TMC específica para el mero americano (TMC = 39 cm LF) y otra para la cuna bonací y la cuna aguají (TMC = 58 cm LF) proporcionará poco o ningún beneficio suplementario para la protección de los juveniles de estos tres meros (Plan de manejo para la pesquería de mero en la Península de Yucatán y Mar Caribe, Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, 26 de octubre de 2012). En efecto, las L_{min} y L_{50} alcanzadas por las especies son respectivamente de 38.9 y 50.9 cm LF para el mero americano; de 58 y 72.1 cm LF para la cuna bonací y de 70.5 y 72.1 cm LF para la cuna aguají.

Tabla 1. Características reproductivas de las principales especies de mero explotadas en zonas de fondos rocosos y de arrecifes de coral, en la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche), México. Hp = hermafroditismo protógino; [] = pico de desove; L_{min} (Talla mínima de madurez) = talla de la hembra madura más pequeña observada en las colectas; L_{50} (Talla de primera madurez) = talla a la cual 50% de las hembras son maduras. * Meses durante los cuales se observó hembras en sub-fase de desove activo; [] = meses durante los cuales la frecuencia de hembras en desove activo fue máximo (pico de desove).

Zona	Especie	Sexualidad	Época de desove (Mes)	Talla de madurez sexual (LF, cm)		Talla máxima observada (LF, cm)	Agrupación de desove
				L_{min}	L_{50}		
Fondos rocosos	Mero americano	Hp	Ene-Mar [Ene y Mar]	38.9	50.9	88.0	¿?
	Cuna bonací	Hp	Nov/Dic-Jun [Ene-Feb]	58.0	72.1	135.0	¿?
	Cuna aguají	Hp	Ene-Abr [Ene-Mar]	70.5	72.1	116.0	¿?
Arrecifes de coral	Mero colorado	Hp	Ene-Abr [Mar-Abr]	---	20.1	57.5	Si
	Cuna gata	Hp	¿Feb-Mar?/Abr-Jun [Abr]	31.4	34.2	81.0	Si
	Cuna de piedra	Hp	[Mar-Abr]	30.3	42.6	102.0	Si

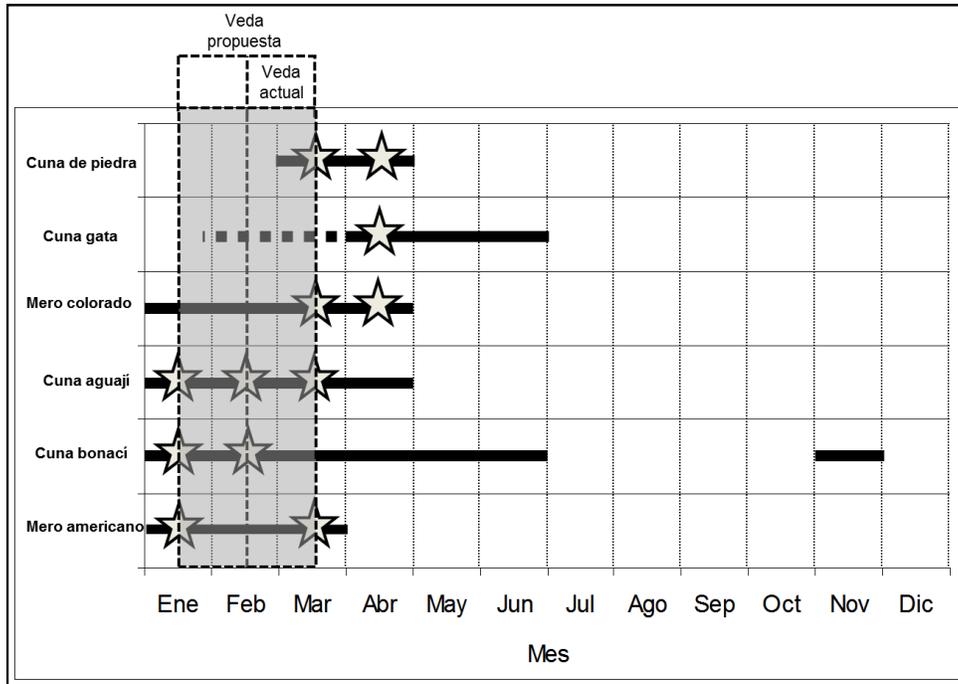


Figura 1. Época de desove (barra horizontal) y pico de desove (estrella blanca) durante un ciclo anual, para las seis principales especies de mero explotadas en zonas de fondos rocosos y de arrecifes de coral, en la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche), México. El periodo de veda actual es del 15 de febrero al 14 de marzo (SAGARPA, 2007) y el periodo de veda propuesta es del 15 de enero al 14 de marzo (Plan de manejo para la pesquería de mero en la Península de Yucatán y Mar Caribe, México, Instituto Nacional de la Pesca, 26 de octubre de 2012).

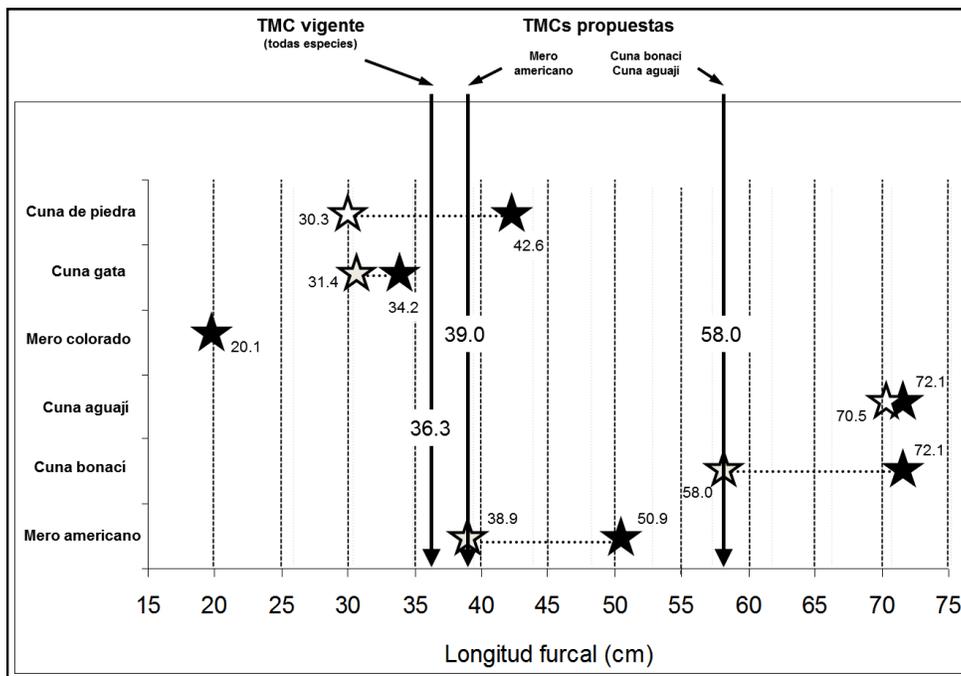


Figura 2. Intervalos de talla (barras horizontales) en los cuales las seis especies de mero explotadas en zonas de fondos rocosos y de arrecifes de coral, en la plataforma continental de la Península de Yucatán (Banco de Campeche), México, alcanzan su madurez sexual. L_{min} (estrella blanca) = talla mínima de madurez en las hembras; L_{50} (estrella negra) = talla a la cual 50% de las hembras son maduras. Las barras verticales indican las tallas mínimas de captura (TMC) vigente (SAGARPA, 2009) y propuestas (Plan de manejo para la pesquería de mero en la Península de Yucatán Mar Caribe, México, Instituto Nacional de la Pesca, 26 de octubre de 2012).

Tres sitios de agrupaciones de desove fueron identificados para las especies de arrecifes de coral: uno en Arrecife Alacranes para el mero colorado y dos en los Bajos del Norte (uno exclusivo para la cuna gata y uno compartido por el mero colorado y la cuna de piedra) (Tabla 1). A la fecha no se han reportado para el Banco de Campeche potenciales sitios de desove para la cuna bonaci y la cuna aguají, las cuales son especies de mero conocidas por formar agrupaciones de desove (Domeier y Colin. 1997). Sin embargo, las hembras en desove activo y los machos en emisión activa de estas dos especies así como del mero americano (considerado como una especie que no forma agrupación de desove), fueron colectados durante el invierno en la amplia región centro-este del Banco de Campeche, la cual constituye probablemente una zona donde desovan estas tres especies. Actualmente el Arrecife Alacranes representa la única área natural protegida (ANP), con el carácter de “Parque Nacional”, establecida en el Banco de Campeche (SEDESOL 1994). En consecuencia, el sitio de agrupación de desove del mero colorado, ubicado en este sistema arrecifal, entre la zona núcleo norte y la sub-zona de preservación este (zona de amortiguamiento) donde las actividades de pesca comercial o deportiva son totalmente prohibidas (CONANP 2006), es el único de los tres sitios identificados que goza de una protección oficial. Los otros dos sitios de agrupaciones de desove de mero colorado/cuna de piedra y de cuna gata ubicados en los Bajos del Norte están únicamente protegidos por su relativo aislamiento geográfico. La creación de una nueva ANP en los Bajos del Norte podría constituir una medida de manejo más efectivo para la protección de estas agrupaciones de desove. Otra opción potencial sería establecer una veda espacial temporal en este arrecife durante la primavera. Finalmente, para las especies de fondos rocosos, aplicando el principio de manejo precautorio, podría ser benéfico imponer una veda espacial temporal en la región centro-este del Banco de Campeche, durante el invierno.

LITERATURA CITADA

- Bannerot, S., W.W. Fox Jr. y J.E. Powers. 1987. Reproductive strategies and the management of snappers and groupers in the Gulf of Mexico and Caribbean. Paginas 561-603 en: J.J. Polovina and S. Ralston, (eds.) *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*. Westview Press, Boulder, Colorado USA.
- Brown-Peterson, N.J., D.M. Wyansky, F. Saborido-Rey, B.J. Macewicz y S.K. Lowerre-Barbieri. 2011. A Standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries* 3:52-70.
- Brulé, T., C. Déniel, T. Colás-Marrufo y M. Sánchez-Crespo. 1999. Red grouper Reproduction in the Southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society* 128:385-402.
- Brulé, T., X. Renán, T. Colás-Marrufo, Y. Hauyon, A. Tuz-Sulub y C. Déniel. 2003a. Reproduction in the protogynous black grouper (*Mycteroperca bonaci* (Poey)) from the southern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 101:463-475.
- Brulé, T., C. Déniel, T. Colás-Marrufo, y X. Renán. 2003b. Reproductive biology of gag in the southern Gulf of Mexico. *Journal of Fish Biology* 63(6): 1505-1520.
- Brulé, T., V.E. Noh-Quñones, M. Sánchez-Crespo, T. Colás-Marrufo y E. Pérez-Díaz. 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 Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 61:198-209.
- Burgos, R. y O. Defeo. 2000. Un marco de manejo precautorio para la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche, México. *Oceanides* 15:129-140.
- Burgos, R. y O. Defeo. 2004. Long-term population structure, mortality and modeling of a tropical multi-fleet fishery: the red grouper *Epinephelus morio* of the Campeche Bank, Gulf of Mexico. *Fisheries Research* 66:325-335.
- Burgos-Rosas, R. y M. Pérez-Pérez. 2006. Mero *Epinephelus morio*. Paginas 505-521 en: J. Cuellar P. y C.O. Cadena, (eds.). *Sustentabilidad y pesca responsable en México*. Instituto Nacional de la Pesca.SAGARPA. México, D.F., México.
- Caballero-Arango, D. 2013. *Estrategia Reproductiva de Tres Especies de Mero (Epinephelus guttatus, Mycteroperca tigris y Mycteroperca venenosa) en Arrecifes Coralinos del Banco de Campeche, México*. Tesis de Doctora en Ciencias, Especialidad de Ciencias Marinas, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, Yucatán, México. 108 pp.
- Caballero-Arango D., T. Brulé, V. Noh-Quñones, T. Colás-Marrufo y E. Pérez-Díaz. 2013. Reproductive biology of the tiger grouper in the southern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society* 142: 282-299.
- Colás-Marrufo, T., A. Tuz-Sulub y T. Brulé. 2002. Observaciones preliminares sobre la pesquería de meros (Serranidae: Epinephelinae) en el Parque Marino Nacional “Arrecife Alacranes”, Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 53:430-445.
- Coleman, F.C., C.K. Koenig y L.A. Collins. 1996. Reproductive styles of shallow-water groupers (Pisces: Serranidae) in the eastern Gulf of Mexico and the consequence of fishing spawning aggregations. *Environmental Biology of Fishes* 47:129-141.
- Colin, P.L. 2012. Studying and monitoring aggregating species. Paginas 285-329 en: Y. Sadovy de Mitcheson y P.L. Colin (eds.) *Reef Fish Spawning Aggregation: Biology, Research and Management*. Springer, Dordrecht, London, United Kingdom. 621 pp.
- Colin, P.L., Sadovy, Y.J. y M.L. Domeier. 2003. *Manual for the Study and Conservation of Reef Fish Spawning aggregations*. Society for the Conservation of Reef Fish Aggregations Special Publication 1 (Version 1.0). 98 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2006. Programa de conservación y manejo Parque Nacional Arrecife Alacranes. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México D.F., México. 170 pp.
- Cushion, N.M. 2010. *Growth, Reproductive Life-history Traits and Energy allocation in Epinephelus guttatus (red hind), E. striatus (Nassau grouper) and Mycteroperca venenosa (yellowfin grouper) (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae)*. PhD dissertation. University of Miami, Coral Gables, Florida USA. 130 pp.
- Domeier, M.L. 2012. Revisiting spawning aggregations: definitions and challenges. Paginas 1-20 en: Y. Sadovy de Mitcheson y P.L. Colin (eds.) *Reef Fish Spawning Aggregation: Biology, Research and Management*. Springer, Dordrecht, London, United Kingdom. 621 pp.
- Domeier, M.L. y P.L. Colin. 1997. Tropical reef fish spawning aggregations: defined and reviewed. *Bulletin of Marine Science* 60: 698-726.
- García-Cagide, A y T. García. 1996. Reproducción de *Mycteroperca bonaci* y *Mycteroperca venenosa* (Pisces: Serranidae) en la plataforma cubana. *Revista de Biología Tropical* 44:771-780.
- García-Cagide, A.R., R. Claro y J.P. García-Arteaga. 1999. Biología del bonaci gato, *Mycteroperca tigris* (Pisces: Serranidae) en la plataforma SW de Cuba. I. Características generales y reproducción. *Revista de Investigaciones Marinas* 20:8-14.

- Giménez-Hurtado, E., R. Coyula-Pérez-Puelles, S.E. Lluch-Cota, A.A. González-Yañez, V. Moreno-García y R. Burgos-de-la-Rosa. 2005. Historical biomass, fishing mortality, and recruitment trends of the Campeche bank red grouper (*Epinephelus morio*). *Fisheries research* **71**:267-277.
- Heemstra, P.C. y J.E. Randall. 1993. *FAO species catalogue. Volume 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 (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Synopsis 125. 382 pp.
- IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources). 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. IUCN, Gland, Switzerland. Available: www.redlist.org. (October 2013).
- Koenig, C.C., F.C. Coleman, L.A. Collins, Y. Sadovy y P.L. Colin. 1996. Reproduction in gag (*Mycteroperca microlepis*) (Pisces: Serranidae) in the eastern Gulf of Mexico and the consequences of fishing spawning aggregation. Paginas 307-323 en: F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos y D. Pauly (eds.) *Biology, Fisheries and Culture of Tropical Groupers and Snappers*. International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Conference Proceedings 48, Manila, Philippines.
- McGovern, J.C., D.L. Wyanski, O. Pashuk, C.S. Manooch II y G.R. Sedberry. 1998. Changes in the sex ratio and size at maturity of gag, *Mycteroperca microlepis*, from the Atlantic coast of the southeastern United States during 1976-1995. *Fishery Bulletin* **96**: 797-807.
- Morris, A.V., C.M. Roberts y J.P. Hawkins. 2000. The threatened status of groupers (Epinephelinae). *Biodiversity and Conservation* **9**: 919-942.
- Rhodes, K.L. y Y. Sadovy. 2002. Reproduction in the camouflage grouper (Pisces: Serranidae) in Pohnpei, Federate States of Micronesia. *Bulletin of Marine Science* **70**:851-869.
- Sadovy, Y. y D.Y. Shapiro. 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia* **1**:136-156.
- Sadovy, Y., A. Rosario y A. Román. 1994. Reproduction in an aggregating grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. *Environmental Biology of Fishes* **41**:269-286.
- Sadovy de Mitcheson, Y. y M. Liu. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries* **9**:1-43.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Acuerdo por lo que se establece veda para la 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. Paginas 59-60 in: A. López-González, (ed.). *Diario Oficial de la Federación*, Tomo DCXLI 9, Primera sección. Secretaría de Gobernación, México D.F., México.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-065-PESC-2007 para regular el aprovechamiento de las especies de mero y especies asociadas, en aguas de jurisdicción federal del litoral del Golfo de México y Mar Caribe. Paginas 5-12 in: A. López-González, (ed.). *Diario Oficial de la Federación*, Tomo DCLXVI 19, Primera sección. Secretaría de Gobernación, México D.F., México.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Carta Nacional Pesquera. Paginas 21-128 in: A. López-González, (ed.). *Diario Oficial de la Federación*, Tomo DCCVII 18, Segunda sección. Secretaría de Gobernación, México D.F., México.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 1994. Decreto por lo que se declara como área natural protegida, con carácter de Parque marino Nacional la zona conocida como Arrecife Alacranes, ubicada frente a la costa del municipio de Progreso, el estado de Yucatán. Paginas 73-77 in: Justo Sierra C. (ed.) *Diario Oficial de la Federación*, Tomo CDLXXXIX 4. Secretaría de Gobernación, México D.F., México.
- Shapiro, D.Y. 1987. Reproduction in groupers. Paginas 295-327 en: J. J. Polovina y S. Ralston (eds.) *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management*. Westview Press, Boulder, Colorado USA.
- Shapiro, D.Y., Y. Sadovy y M.A. McGehee. 1993. Periodicity of sex change and reproduction in the red hind, *Epinephelus guttatus*, a protogynous grouper. *Bulletin of Marine Science* **53**:1151-1162.
- Smith, C.L. 1959. Hermaphroditism in some serranid fishes from Bermuda. *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts, and Letters* **44**:111-119.
- Tuz-Sulub, A. 2008. *Agregaciones de Desove de Mero (Serranidae: Epinephelus sp. y Mycteroperca sp.) en áreas del Banco de Campeche, Yucatán, México*. Tesis de Doctora en Ciencias, Especialidad de Ciencias Marinas, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, Yucatán, México. 213 pp.
- Tuz-Sulub, A., K. Cervera-Cervera, T. Colás-Marrufo y T. Brulé. 2003. Primeros indicios sobre la formación de agregaciones de reproducción de meros (Epinephelinae; Epinephelini) en el Banco de Campeche, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **54**:652-667.
- Tuz-Sulub, A., K. Cervera-Cervera, J.C. Espinoza-Méndez y T. Brulé. 2004. Caracterización preliminar de la distribución espacial de varias especies de mero (Epinephelinae: Epinephelini) en un sitio de desove en el Banco de Campeche, Yucatán, México. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* **55**:577-591.
- Tuz-Sulub, A., T. Brulé, K. Cervera-Cervera y J.C. Espinoza-Mendez. 2006. Evidence for sexual dichromatisms in spawning aggregations of yellowfin grouper *Mycteroperca venenosa* and tiger grouper *Mycteroperca tigris* from the southern Gulf of Mexico. *Journal of Fish Biology* **69**:1744-1755.