



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS  
DEL NOROESTE, S. C.

---

---

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Análisis de la pesca del mero *Epinephelus morio*  
(Serranidae: Pisces, Valenciennes 1928) en el Banco de  
Campeche.**

## **Tesis**

Que para obtener el grado de

**Doctor en Ciencias**

**Uso, Manejo y Preservación de los Recursos  
Naturales  
(Orientación en Pesquerías)**

p r e s e n t a

**Enrique Guillermo Giménez Hurtado**

La Paz, B. C. S. Agosto, 2005

# **Comité Tutorial**

## **Director: Dr. Salvador Lluch Cota**

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo No. 195.  
Col. Playa Palo de Santa Rita. Apdo. Postal # 128. La Paz, 23090, Baja California  
Sur. México.

## **Dr. Francisco Arreguín Sánchez**

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del INP, CICIMAR  
Apartado Postal 592; La Paz, Baja California Sur, México.

## **Dr. Sergio Hernández Vázquez**

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. CIBNOR  
Mar Bermejo No. 195. Col. Playa Palo de Santa Rita.  
Apdo. Postal # 128. La Paz, 23090, Baja California Sur.  
México.

## **Dr. Arturo Muhlia Melo**

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. CIBNOR  
Mar Bermejo No. 195. Col. Playa Palo de Santa Rita.  
Apdo. Postal # 128. La Paz, 23090, Baja California Sur.  
México.

## **Dr. Raúl Coyula Pérez Puelles**

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, CUJAE  
Calle 114 No. 1901e/ 119 y 127, Marianao. Ciudad Habana  
Cuba

## *Dedicatoria*

*A mis hijas Cecilia y Marian*

*Razón de mi existir y motivo de lucha constante en mi vida, con su amor y apoyo todo es posible, por ustedes y para ustedes.*

*A mi esposa*

*Gracias por tu ayuda y apoyo para culminar esta etapa en mi vida, siempre sentí tus palabras de aliento cuando más las necesitaba.*

## *Agradecimientos*

*Al Centro de Investigaciones del Noroeste (CIBNOR) por la atención recibida en todas sus instalaciones durante mis gratas estancias en este Centro.*

*Al Dr. Salvador Emilio Lluch Cota, Director de tesis que en todo momento me ha dado su ayuda y apoyo para la realización de esta tesis.*

*Al Dr. Francisco Arreguín Sánchez el cual mediante sus valiosos comentarios y enseñanzas sirvieron para enriquecer mi trabajo.*

*Al Dr. Raúl Coyula Pérez Puelles quien con sus oportunas observaciones ayudaron a la materialización de una idea.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca que hizo posible alcanzar un grado superior en el conocimiento de mi profesión.*

*Al Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba, en el cual me he formado como investigador y en el cual he conocido valiosos compañeros que de una forma u otra me han apoyado en la realización de este logro.*

*Al Dr. Sergio Hernández Vázquez y Dr. Arturo Muhlia Melo que desde el Comité Tutorial ayudaron a dar forma a este trabajo.*

*Al Centro Regional de Investigaciones de YucaPETÉN, México, del cual he recibido apoyo científico y en el cual tuve la oportunidad de conocer a grandes colegas que dedicaron su vida científica al estudio de la biología del mero.*

*A todos los que son y han sido miembros del proyecto cherna del Centro de Investigaciones Pesqueras que con su trabajo durante años han dejado un conocimiento que se ha concretado en esta tesis.*

*A los Capitanes, marineros y trabajadores de la empresa "Flogolfo" que hicieron posible la realización de los Cruceros de Investigación y me transmitieron su valiosa experiencia en esta pesquería.*

*Al Ministerio de la Industria Pesquera de Cuba que ha permitido el desarrollo pesquero de Cuba junto a la Ciencia y la Técnica como armas fundamentales.*

# Índice General

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Índice General.....      | V    |
| Abreviaturas.....        | VII  |
| Relación de tablas.....  | VIII |
| Relación de figuras..... | IX   |
| Comité Ttorial.....     | X    |
| Relación de anexos.....  | XI   |
| Resumen.....             | XII  |
| Abstract.....            | XIV  |

## **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN**

|   |   |
|---|---|
| 1.1 Introducción.....                               | 1 |
| 1.2 Descripción e identificación de la especie..... | 3 |
| 1.3 Clasificación taxonómica.....                   | 3 |
| 1.4 Distribución geográfica.....                    | 4 |
| 1.5 Zona de estudio.....                            | 5 |
| 1.6 Hipótesis.....                                  | 7 |
| 1.7 Objetivos Generales.....                        | 8 |
| 1.8 Objetivos Específicos.....                      | 8 |
| 1.9 Características de la pesquería.....            | 9 |

## **CAPITULO 2: METODOLOGÍA**

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.1 Materiales y métodos..... | 13 |
|-------------------------------|----|

## **CAPITULO 3: RESULTADOS**

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Evolución de la pesquería.....             | 23 |
| 3.2 Estructura de la población.....            | 26 |
| 3.3 Mortalidad natural.....                    | 30 |
| 3.4 Estandarización del esfuerzo pesquero..... | 33 |
| 3.5 Capturabilidad.....                        | 36 |
| 3.6 Mortalidad por pesca.....                  | 45 |
| 3.7 Solapamiento de tallas.....                | 46 |
| 3.8 Tamaño de la población.....                | 48 |
| 3.9 Relación Stock-Reclutamiento (S/R).....    | 50 |
| 3.10 Simulación.....                           | 54 |
| 3.11 Rendimiento por Reclutas (Y/R).....       | 56 |

## **CAPITULO 4: DISCUSIÓN**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Discusión de resultados.....                | 58 |
| 4.2 Opciones de Manejo.....                     | 69 |
| 4.2.1 Manejo del recurso.....                   | 69 |
| 4.2.2 Reducción de la pesca de juveniles.....   | 71 |
| 4.2.3 Limitación de pesca de reproductores..... | 73 |
| 4.2.4 Disminución del esfuerzo pesquero.....    | 75 |
| 4.2.5 Otras medidas.....                        | 76 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>CAPITULO 5: CONCLUSIONES</b> |    |
| 6.1 Conclusiones generales..... | 79 |
| <b>Bibliografia</b> .....       | 82 |
| <b>ANEXOS</b>                   |    |
| ANEXO I Trabajo publicado       |    |
| ANEXO II Trabajo publicado      |    |
| ANEXO III Trabajo presentado    |    |
| ANEXO IV Trabajo presentado     |    |

# Abreviaturas

AMPs: Áreas marinas protegidas.

Cpue: Captura por unidad de esfuerzo.

E: Tasa de explotación ( $F/(MF)$ )

F: Mortalidad por pesca.

GIM: Método intervalos Gnomónicos (Gnomonic interval method).

H/M: Relación hembra / macho.

K: Parámetro de curvatura, constante de crecimiento.

Kg: Kilogramos.

Ln: Logaritmo natural.

Lf: Largo furcal.

Lt: Largo total.

M: Tasa instantánea de mortalidad natural.

Y/R: Rendimiento relativo por recluta.

PRL: Punto de referencia limite.

PRO: Punto de referencia objetivo.

q: Coeficiente de capturabilidad.

$R^2$ : Coeficiente de correlación.

S/R: Relación Stock - Reclutamiento.

t: Toneladas.

to: Parámetro de condición inicial.

Tc: Edad de primera captura.

Tr: Edad de reclutamiento.

$W_{\infty}$ : Peso asintótico.

$\chi^2$ : Chi cuadrado.

Z:  $F+M$ , mortalidad total.

## Relación de Tablas

- Tabla I Intervalos gnomónicos considerados según el estado de desarrollo del mero (*Epinephelus morio*).
- Tabla II Estimados de duración en días, mortalidad natural y edad observada de los 11 estadios de desarrollo asignados al mero (*Epinephelus morio*). ( $\alpha = 1.2733$  y  $G = 1.0681$ )
- Tabla III Parámetros de la ecuación  $\ln [q(l,t)/q(l,\bullet)] = \alpha(t) + \beta(t) l$  para las flotas industrial, cubana y artesanal que capturan mero en el Banco de Campeche. (\* $P \leq 0.10$ ; \*\* $P \leq 0.02$ ; \*\*\* $P \leq 0.01$ )
- Tabla IV Valor del solapamiento entre las tallas de mero capturadas por las flotas (%) en el Banco de Campeche.
- Tabla V Parámetros estimados en la relación de Stock – Reclutamiento,  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta),  $\gamma$  (gamma), así como el coeficiente de determinación,  $R^2$ , obtenido en cada modelo.
- Tabla VI Estimación de la tasa de mortalidad natural (M) realizada por varios autores en el mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche.
- Tabla VII Biomasa potencial, Captura Máxima Sostenible obtenida por varios autores y captura anual de mero en el Banco de Campeche.
- Tabla VIII Posibles medidas de manejo pesquero para el recurso mero en el Banco de Campeche.



## Relación de Figuras

- Figura 1 Ubicación del Banco de Campeche en el Golfo de México
- Figura 2 Variación anual de la pesquería del mero mostrando las etapas de desarrollo durante el periodo 1958 – 2003.
- Figura 3 Áreas de pesca de las flotas que participan en la pesquería de mero en el Banco de Campeche.
- Figura 4 Frecuencia acumulada (%) de las tallas capturadas por la flota industrial (a) , artesanal (b) y cubana (c).
- Figura 5 Estructura de la población de mero del Banco de Campeche.
- Figura 6 Curva de mortalidad natural (M) a la edad, calculada a partir de los valores estimados por GIM, para el mero del Banco de Campeche.
- Figura 7 Rendimiento (Cpue) de las flotas comerciales y Cruceros de investigación en el Banco de Campeche. Flota industrial mexicana (Cpue ind.1984 -002), flota cubana (Cpue Cub.1980-2002) y Cruceros investigación (Cpue Cruc. 1986-2002).
- Figura 8 Comportamiento anual de la captura total, esfuerzo estandarizado y Cpue.
- Figura 9 Capturabilidad (q) del mero a la talla de las flotas, industrial (A), artesanal (B) y cubana (C) durante el periodo 1984 -2001.
- Figura 10 Capturabilidad (q) del mero a la talla de las flotas, industrial (A), artesanal (B), y cubana (C) durante el periodo 1984 -2001.
- Figura 11 Tendencias anuales de cambio  $\ln [U(l,t)/U(l,\bullet)]$  con el largo para la flota industrial (A), artesanal (B) y cubana (C) en la pesquería de mero. Se representan las desviaciones del patrón de capturabilidad por tallas respecto al equilibrio.
- Figura 12 Tendencias de las diferencias de capturabilidad de tallas entre flotas (A: ind-cub; B: ind-art y C: cub-art) para tres etapas durante el periodo 1984 – 2002, según:  $\ln [q(g,l,t)/q(h,l,t)] = \alpha_2(f) + \beta_2(f)*l$ . Los valores positivos indican mayor vulnerabilidad y los cercanos a cero indican equivalencia de vulnerabilidad entre flotas.

- Figura 13 Estimación del efecto denso-dependencia en el patrón largo – capturabilidad para el periodo 1984 -2001 en la flota industrial (A), flota artesanal (B) y flota cubana (C).
- Figura 14 Variación anual de la mortalidad por pesca ( $F$  año<sup>-1</sup>), (A): total anual de la pesquería; (B): Anual de las flotas en la pesca de mero del Banco de Campeche.
- Figura 15 Proporción de tallas capturadas por las flotas en el Banco de Campeche durante el periodo 1990 - 2003.
- Figura 16 Variación anual del número de individuos en la población de mero del Banco de Campeche. (A): Total y 3 a 14 años y (B): 1 - 2 años de edad.
- Figura 17 Variación de la vulnerabilidad anual de los peces a ser capturados por las flotas, captura estimada y observada, así como la vulnerabilidad en cada una de ellas (A, industrial; B, artesanal y C, cubana).
- Figura 18 Curvas de relación Stock - Reclutamiento según los modelos de Ricker (1954) y Schnute (1985). Reclutamiento anual observado y estimado según estos modelos en el mero del Banco de Campeche.
- Figura 19 Probabilidad de recuperación de la biomasa al *PRL* y *PRO* manteniendo la proporción de participación de las tres flotas y con tres cuotas de captura.
- Figura 20 Simulación del comportamiento de la biomasa vulnerable al excluir alguna de las flotas actualmente en operación en la pesquería de mero.
- Figura 21 Rendimiento y biomasa por recluta variando la edad de primera Captura ( $T_c$ ) del mero en el Banco de Campeche.
- Figura 22. Talla media observada por profundidad (línea continua), rangos de talla puntos) e intervalo de confianza de la media, línea discontinua, ( $P \geq 95\%$ ) de los ejemplares de mero capturados por los Cruceros de investigación en el Banco de Campeche. Se ofrecen las desviaciones y número de individuos (%) iguales y menores de 30 cm capturados por profundidad.
- Figura 23 Variación de la Cpue en las zonas Oriental (Or); Central (C) y Occidental (Occ) del Banco de Campeche durante la primavera.

# Relación de anexos

## Anexo I

Giménez, E., V. Moreno, R. Burgos y S. Alfonso. 2003. Reproducción y Fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Revista "Oceanides" México. Vol.18 No.1.

## Anexo II

Giménez-Hurtado, E., R. Coyula-Pérez-Puelles, S. E. Lluch-Cota, A. A. González-Yañez, V. Moreno-García and R. Burgos-Rosas. 2005. Historical biomass, fishing mortality, and recruitment trends of the Campeche Bank red grouper (*Epinephelus morio*). Fisheries Research 71: 267-277.

## Anexo III

Giménez-Hurtado, E. F. Arreguín-Sánchez y S. E. Lluch-Cota. 2005. Cálculo de la mortalidad natural (M) del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche mediante el modelo de Intervalos gnomónicos, (GIM). Simposio sobre Ciencias Pesqueras en México, 2 – 5 de Mayo 2005, La Paz, B.C.S.

## Anexo IV

Giménez-Hurtado, E., F. Arreguín-Sánchez y S. E. Lluch-Cota. 2005. Capturabilidad en la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Simposio sobre Ciencias Pesqueras en México, 2 – 5 Mayo 2005, La Paz, B.C.S.

# Resumen

La pesca del mero se encuentra en su fase de declinación presentando una captura media de 8191 t durante los años 1999-2003. Durante esta etapa la flota cubana ha reducido su área de pesca hacia la región oriental del Banco y la flota artesanal ha extendido su zona de pesca incrementando el solapamiento de las tallas capturadas entre las flotas artesanal-industrial y artesanal-cubana. La composición por tallas de las capturas muestra que, la mayoría de los ejemplares son capturados antes de la talla de primera maduración. La edad de primera captura es de 2 años de edad y a partir de 3 son completamente reclutados a la pesca (edad de primera maduración), lo cual no hace sustentable la pesquería y se requiere de medidas de manejo. Se calcula la mortalidad natural (M) para las edades presentes en la pesquería mediante la relación  $Y = 2.73634 e^{-0.31985 X}$  lo que evita sesgos en las estimaciones y pone de manifiesto las diferencias de M en las etapas de desarrollo del mero. Por su parte el análisis de la capturabilidad (q) mostró cambios en estrategias pesqueras de las flotas así como un incremento en su valor total. La estandarización del esfuerzo pesquero realizada por primera vez entre las tres flotas permite la estimación de la Cpue total, la cual muestra una disminución del 32 % durante el periodo analizado. El valor de q para cada edad junto al esfuerzo pesquero estandarizado permitió el cálculo de la mortalidad por pesca (F) la cual se incrementa durante el periodo. El tamaño total de la población se reduce a un 27 % situándose por debajo del PRL. La disminución de la biomasa se refleja tanto en la Cpue de las flotas comerciales como en los Cruceros de investigación. La vulnerabilidad de la biomasa disponible es cercana a 1 en la flota industrial y cubana durante todo el periodo, no así en la flota artesanal donde la vulnerabilidad de la biomasa disponible se acerca a 1 a partir del año 1997. La captura observada y estimada se ajustan mejor en las flotas cubana e industrial que en la artesanal, lo cual influye en los resultados de la vulnerabilidad cercana a 1 en ambas flotas durante el periodo. El reclutamiento muestra disminuciones durante los años 1986, 1990, 1992 y a partir de 1997 se aprecia una tendencia a la disminución. La relación Stock-Reclutamiento se ajusta a los modelos denso - dependientes propuestos por Ricker (1954) y generalizado de Schnute (1985) donde el reclutamiento (R) disminuye con el aumento de la población. Este comportamiento puede ser explicado, fundamentalmente, mediante la competencia por el alimento y lugares de hábitat. La mortalidad compensadora regula el reclutamiento en función de la abundancia de la población. La simulación de imposición de cuotas de captura para alcanzar el PRL y PRO muestra la recuperación de la biomasa al nivel del PRL para los tres escenarios. El PRO (120,000 t) no se alcanza en ningún caso antes del año 2022 (fin de la simulación). La simulación teniendo en cuenta la exclusión de flotas muestra que la flota artesanal e industrial son las que ejercen mayor impacto negativo en la biomasa de la población. La variación de la edad de primera captura (Tc) de 2 a 3 años muestra incrementos en el máximo de Y/R de 0.8 a 0.93 kg/r. Se aprecia que con un Tc = 3 años se alcanza el máximo con una reducción del 40 % de la F actual, corroborando la necesidad de una disminución del esfuerzo pesquero. Se realizan propuestas de manejo que incluye aspectos tales como establecimiento de talla mínima (30cm Lt), veda reproductiva (febrero a abril) en la Región Oriental del

Banco, cierre a la pesca de zonas para proteger áreas de distribución de juveniles (áreas < 20 m profundidad), así como un incremento del tamaño del anzuelo (huachinanguero < No.5). Además se propone la limitación de pesca en áreas de distribución de hembras con alto poder reproductor y machos grandes (áreas > 60-70 m prof.). De igual forma debe incrementarse el número de AMPs. La asignación de cuotas de captura para las flotas mexicanas no se considera prudente por las características de secuencialidad y solapamiento de tallas capturadas. En el contexto actual el comanejo debe formar parte de la estrategia a seguir en el manejo de la especie.

Palabras clave: *Epinephelus morio*, Banco de Campeche, mortalidad natural, capturabilidad, tamaño de la población, stock-reclutamiento, manejo.

# Abstract

The red grouper fishery is in its *decline phase* presenting an average annual catch of 8191 t during the 1999 to 2003 period. Through these years Cuban fleet has reduced its fishing area toward the oriental region of the Campeche Bank while the artisanal fleet extended, increasing the overlap of sizes caught by the artisanal-industrial and artisanal-cuban fleets. The size composition of the catch shows that most of the fishes are captured before first maturation size. First catch age is 2 years, and complete fishery recruitment is at age 3 (age of first maturation), this being a factor against fishing sustainability and forcing adoption of management strategies. The natural mortality is calculated (M) for the each age in the fishery by the function  $Y = 2.73634 e^{-0.31985 X}$ , to avoid estimation biases and to show the differences in mortality between the red grouper development stages. The analysis of catchability (q) showed changes in fishing strategies and an increment in his value. The fishing effort was standardized for the first time among the three fleets, and total Cpue estimated; this which shows a decrease of 32% during the analyzed period. The Fishing mortality (F) estimation was based on q values for each age and the standardized fishing effort, and shows an increasing trend during the period. The population total size decreased in 27% being located below the PRL. The biomass decrease was evident in the Cpue estimated from the commercial fleets and from the Research Cruises. The vulnerability of the available biomass is close to 1 (maximum value) for the industrial and Cuban fleet during the entire period, while for the artisanal its close to 1 only since 1997. Recruitment shows low values during the years 1986, 1990, 1992, and a sustained decreasing trend since 1996. The stock-recruitment relations was fitted to the dense-dependency model proposed by Ricker (1954) and generalized by Schnute (1985), where recruitment (R) decreases with population growth, because of food and habitat competition. Compensatory mortality regulates recruitment as a function of population abundance. The simulation considering catch quotas designed to reach the PRL and PRO showed biomass recovery up to PRL for the three scenarios, while the PRO is never reached within the simulated period (until 2022). The simulation considering exclusion of fleet showed that the artisanal and industrial fleets are those having strongest impact on the biomass. The change of first catch age from 2 to 3 increases the maximum Y/R, from 0.8 to 0.93 Kg/r. It can be noted that for a  $T_c = 3$  years the maximum is reached with a reduction of 40% of the current F, underlying the need for a fishing effort reduction. Management strategies are proposed which includes establishment of minimum size (30cm Lt), no-fishing period during reproductive season (February to April), no-fishing areas to protect juvenile distribution (areas < 20m depth) and spawns (oriental region), and an increase in the fishhook size (huachinanguero < No.5). Further, it is proposed limiting fishing in areas of high fecundity females and large males (areas > 60 -70m depth). The number of MPAA should increase. The catch quota system is not recommended for the Mexican fleets because of the fishery characteristics. In the current context the co-management should be included in the management plan for the red grouper.

Key words: *Epinephelus morio*, Campeche Bank, natural mortality, catchability, standard effort, stock biomass, stock-recruitment, management.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

La pesquería del mero se inicia en Yucatán a finales del siglo XIX con pescadores a bordo de pequeñas lanchas (Sierra, 1977) y en 1947 se instala la primera congeladora en puerto Progreso (Solís, 1970). Brulé y Colas-Marrufo (1996) señalan que la pesca del mero comenzó su desarrollo en la década de 1940 cuando ocurren las primeras modificaciones de las fuerzas productivas que consistieron en la introducción de motores en las embarcaciones y en el uso difundido del hielo y cámaras de congelación. Otros autores (Solís, 1970; Chenaut, 1985) señalan a 1945 como el año donde comienza a desarrollarse esta pesquería. En la misma etapa se incorpora la flota de Estados Unidos en la captura de mero y huachinango (Camber, 1955), pero ésta deja de trabajar en el Banco en 1976 cuando México declara la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Según Sánchez y Gómez (1952), en su libro "La pesca en Cuba", las primeras embarcaciones cubanas que explotan el Banco de Campeche fueron los llamados barcos "viveros" los cuales llevaban la captura viva a La Habana. La primera empresa de estos barcos viveros de mediano tonelaje se establece en la Habana alrededor del año 1880, estos barcos iban a pescar en el "Bey" y en la "Sonda" en aguas próximas a la Florida y México respectivamente. En el año 1890 se estableció una fábrica de hielo en la Habana lo que propició el desarrollo de barcos neveros, los cuales capturaban además sierra (*Scomberomorus maculatus*) y serrucho (*S. caballa*) y permitía mantenerlo fresco para su comercialización. Todavía en el año 1895 se traía hielo en barcos procedentes de la Florida que se usaba en la estiba de cajas de pescado para su conservación y

transporte. Los barcos viveros y neveros partían de la Habana hasta llegar a lugares de la costa norte de Pinar del Río, donde abundaba la sardina y machuelo (*Sardinella* spp y *Opisthonema oglinum*) que usan como carnada y de ahí partían a sus respectivas zonas de pesca. En esta época la “marea” se completaba en un par de días, si la suerte era favorable; en otras había que demorar bastante tiempo para cargar regularmente la bodega. El arte de pesca estaba constituido por cordeles gruesos, fuertes y anzuelos reforzados, dedicándose cada tripulante a la pesca cuando los barcos llegaban a los lugares adecuados. No existen registros estadísticos de la época sobre el número de embarcaciones y captura desembarcada, pero la actividad sostenía una flota naciente así como una actividad comercial floreciente en la Habana de la época.

Diversos autores han estudiado la biología de la especie tales como: Moe (1969) el que sentó pauta en el estudio biológico pesquero del mero de la región noreste del Golfo de México; Zupanovic y González (1975) describen el comportamiento reproductivo del mero en el Banco de Campeche así como otros datos biológico pesqueros que también son analizados por Muhlia (1976); Valdés y Padrón (1980) profundizan en la biología pesquera así como aspectos relacionados con su alimentación y época reproductiva; Doi *et al.* (1981) realizan una estimación del estado de explotación del mero; Rodríguez (1986,1994) realiza estimados de los parámetros de crecimiento; Arreguín-Sánchez (1987) actualiza el estado de explotación del mero; Brulé y Déniel (1994) realizan la primera sinopsis de la especie; Brulé *et al.* (1999) y Giménez *et al.* (2001) profundizan en la alimentación y conducta alimentaria del mero en el Banco de Campeche.



## 1.2 Descripción e identificación de la especie

El mero (*Epinephelus morio*) es una especie de cuerpo robusto cubierto por escamas pequeñas de tipo ctenoideo, su tamaño es moderado y la coloración es mayormente rojiza oscura. Grece *et al.* (1994) señalan 6 fases en la coloración de acuerdo a la profundidad y tipo de fondo, lo cual facilita su identificación en las observaciones submarinas. Posee pequeños lunares oscuros dispersos alrededor del ojo, a veces solo en el preorbital y suborbital. Los ojos son grandes. La aleta dorsal posee 11 espinas y 16 ó 17 radios, la segunda espina es de mayor tamaño y la membrana ínter espinosa no es escotada entre las espinas, su borde forma una línea casi recta de la que sobresalen muy poco las espinas, el radio anterior de la dorsal es más corto que la primera espina. La aleta anal posee 3 espinas y 9 radios, raramente 10, las pectorales de 16 a 18 radios, usualmente 17. La aleta caudal tiene ángulos puntiagudos, cuadrada en juveniles y generalmente lunada en ejemplares grandes. La rama inferior del primer arco branquial presenta de 15 a 17 branquiespinas, generalmente 16.

## 1.3 Clasificación Taxonómica

Según Hoese y Moore (1977), la posición taxonómica del mero es la siguiente:

Phylum: Chordata  
Superclase: Pisces  
Clase: Osteichthyes  
Orden: Percomorphi  
Suborden: Percoidei  
Familia: Serranidae  
Sub – Familia: Epinephelidae  
Tribu: Epinepheli  
Genero: Epinephelus  
Especie: *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828)

La especie recibe varios nombres comunes entre los que se destacan:

México: Mero, garropa, cherna yucateca y mero paracamo (Moe, 1969; Rivas, 1970; Moreno, 1980; Ruiz Dura, 1985; Sevilla, 1987).

Cuba: Cherna americana, cherna de vivero, cherna de corrida y cherna de arribazón (Jordan y Everman, 1963; Moe, 1969; Rivas 1970; Guitart, 1977; Depestre y Blanco, 1985; Rodríguez y Valdés, 1987).

En inglés le llaman “red grouper” y en francés “merou rouge” (Fischer, 1978). La palabra “grouper” deriva del idioma portugués “garoupa” con el cual se designa a un Serránido en Portugal. El nombre del género *Epinephelus* deriva del griego y significa nublado. Este fue aplicado al género de varios Serránidos en 1898, aludiendo a la membrana que supuestamente cubría el ojo de las especies (Stewart, 1989).

#### **1.4 Distribución Geográfica**

El mero (*Epinephelus morio*) es una especie de hábitos demersales con un fuerte patrón territorial, se distribuye desde la Bahía de Katama, Massachusetts, EE.UU., hasta Río de Janeiro, Brasil (Smith, 1961; Moe, 1969; Rivas, 1970).

En el Golfo de México existen dos poblaciones bien identificadas mediante técnicas de ADN mitocondrial (Richardson and Gold, 1997). Una que se distribuye al oeste de la Península de la Florida y la otra establecida en el Banco de Campeche, siendo este último el primer lugar en la captura de mero y su principal zona de distribución a escala internacional (Heemstra y Randall, 1993). Richardson and Gold (1997) plantean la posibilidad de intercambio larval entre ambas poblaciones a pesar de que descarta el intercambio de adultos por las barreras geográficas entre ambas regiones. Frías (1982) pone de manifiesto claramente la posibilidad del intercambio larval entre ambas poblaciones gracias al sistema de corrientes superficiales

presentes en el Golfo. El mero es un habitante de la comunidad bentónica de aguas tropicales con temperaturas mayores de los 20°C; la incidencia más alta de la especie observada en los Cruceros de Investigación se presenta en aguas de 23 a 25 °C y no se captura en temperaturas por debajo de los 16 °C. En el Banco de Campeche los peces se distribuyen desde la costa (peces juveniles) hasta cerca de los 200 - 300 m de profundidad teniendo un fuerte gradiente de distribución por tallas (González et al., 1974)

### **1.5 Zona de estudio**

El Banco de Campeche esta representado por la plataforma continental que rodea la Península de Yucatán. Limita por fuera con la isobata de 200 metros, por dentro con la línea de costa con una franja de 12 millas de aguas territoriales mexicanas y al oeste por el meridiano 94° W ocupando un área de 50 000 millas náuticas cuadradas. La Plataforma continental si bien presenta algunas irregularidades se puede decir que presenta un gradiente de profundidad de 0.3 a 1 m por Km con sedimentos formados por proporciones variables de fango, arena y conchas. Se caracteriza por la abundancia de bancos y arrecifes coralinos. Entre los accidentes más notables esta la barrera coralina que se extiende desde Cayo Alacranes hasta Cayo Arenas y su altura varía entre 20 y 30 m (García, 1980). De acuerdo al tipo de fondo el Banco puede ser dividido en dos regiones: la primera se extiende desde el estrecho de Yucatán hasta el norte de Cayo Triángulo, se caracteriza por el predominio de fondos coralinos y arenosos, encontrándose el fango en zonas más profundas; la segunda se extiende hacia el suroeste y predominan los fondos fangosos (García y Gómez, 1974). El clima es tropical con vientos alisios del Este provenientes del Atlántico y el Caribe en primavera y verano. En invierno las masas de aire continental polar que

descienden por América del Norte cruzan el Golfo de México y alcanzan la plataforma de Yucatán. Estas masas de aire comúnmente llamados “nortes”, aunque llegan a Yucatán bastante modificados, influyen en la meteorología de la Península. En ocasiones, la región recibe también la influencia de las masas de aire procedente de la zona de interconvergencia tropical del Pacífico. Estas masas de aire de gran contenido de humedad pueden llegar a la península a través del Istmo de Tehuantepec o por Centro América (Merino y Otero, 1993).

Las precipitaciones atmosféricas predominan durante el verano y el periodo de huracanes tropicales que se extiende de julio a noviembre con una máxima de septiembre a octubre.

La temperatura promedio mensual del aire varía entre los 24.4°C en febrero a 28.0°C en agosto. La dinámica de las aguas muestra de forma general que el movimiento de las corrientes es de Este a Oeste en la zona norte y de Norte a Sur en la zona suroeste, siguiendo la configuración del Banco (García, 1980). El agua procedente del Este esta representada por la Corriente de Yucatán, la cual determina la dinámica de las aguas sobre la plataforma yucateca. Existe además una corriente en profundidades mayores de 100 m que fluye con dirección Este procedente del Golfo de Campeche (Bogdanov, 1965; Bulanienkov y García, 1975; Bessonov *et al.*, 1968). En 1966 se obtuvieron por Cuba los primeros datos oceanográficos sistemáticos, gracias a los cuales se confirmó la existencia de una zona de afloramiento en la región oriental del Banco de Campeche durante el verano (Bessonov y González, 1966), pero no es hasta 1968 en que se hace referencia a dos tipos de circulación o tendencias dinámicas sobre el Banco, causadas por cambios en la intensidad de la Corriente de Yucatán que vierte aguas de menor temperatura sobre el Banco

(Bessonov y González, 1967). El alcance de esta masa de agua de menor temperatura esta directamente relacionada con la fluctuación del borde oeste de la Corriente de Yucatán, la cual durante el cambio de posición de Este a Oeste lleva al Banco, en forma de pulso, una parte de la masa de agua fría de alta mar. De esta manera, la intensidad del afloramiento dependerá del grado de proximidad del borde izquierdo de dicha corriente con el talud (Bulanienkov y García, 1973).

Piñeiro y Giménez (2001) señalan que la temperatura de las aguas superficiales del Banco está muy relacionada con la radiación solar, con el período del año y posee una estrecha relación con la temperatura del aire, por lo que en la época de verano e inicio de otoño (julio - septiembre) se observan los valores más elevados de temperatura, variando entre 28 °C y 29.5 °C , siendo agosto, el mes más cálido. Los valores mínimos se observan en invierno y principios de primavera (diciembre - marzo) con cifras entre 25 °C y 23.5 °C. En las aguas del fondo, la temperatura muestra un patrón diferente. Los valores mínimos corresponden con la primavera - verano, y el mes de julio es el de menor valor con 20.5 °C. Como se señaló anteriormente, este comportamiento esta en correspondencia directa con las fluctuaciones del proceso de afloramiento que se lleva a cabo en la zona del talud adyacente al Banco. Este afloramiento favorece la producción primaria por cuanto vierte sobre la plataforma los nutrientes provenientes del talud continental.

## **1.6 Hipótesis**

La explotación del mero se esta realizando a niveles superiores de su productividad biológica por incrementos en la eficiencia pesquera de las flotas que lo capturan.

## **1.7 Objetivos Generales**

Ofrecer un diagnóstico sobre el estado actual de la pesca del mero en el Banco de Campeche, contribuyendo a la aplicación de una estrategia de manejo que garantice el uso sustentable del recurso y a la eficiencia operativa de las flotas que lo capturan.

## **1.8 Objetivos específicos**

- A.** Determinar la estructura por edades de los ejemplares presentes en las capturas de las flotas a partir de los muestreos de frecuencias de longitud.
- B.** Determinar la mortalidad natural de las edades de los ejemplares presentes en las capturas de las flotas.
- C.** Realizar la estandarización del esfuerzo pesquero de las flotas que participan en la pesca del mero.
- D.** Determinar la capturabilidad de las tallas (edad) presentes en las capturas, así como posibles cambios en la estrategia de pesca de las flotas.
- E.** Determinar la mortalidad por pesca de las edades de los individuos que participan en la pesquería.
- F.** Determinar la interacción entre las flotas que explotan el recurso mero.
- G.** Cuantificar la evolución del tamaño de la población y determinar la relación Stock-Reclutamiento (S/R).
- H.** Realizar simulaciones en el corto, mediano y largo plazo que permitan conocer el efecto de las flotas en la biomasa de la población así como el efecto de la variación en la talla de primera captura ( $T_c$ ).

## **1.9 Características de la Pesquería**

El mero constituye uno de los recursos pesqueros más importantes, desde el punto de vista económico, para el estado de Yucatán el cual aporta el 91.4 % de la captura de la especie del país. El desarrollo de esta pesquería ha generado empleos de forma constante para muchas comunidades costeras, aportando durante el año 2002, 8196.7 t con un valor de \$ 140'698,700.00 dólares. De igual forma contribuye al desarrollo regional y a la economía de subsistencia, genera divisas por concepto de exportaciones y da ocupación a un número importante de pescadores, empleados de congeladoras, mecánicos, entre otros.

En la actualidad el mero es capturado por tres flotas, dos mexicanas y una cubana y México ocupa el primer lugar en la captura de mero a escala internacional, siendo el Banco de Campeche (Figura 1) su principal zona de distribución (Heemstra y Randall, 1993)

La flota artesanal o ribereña esta formada por 1862 embarcaciones con una eslora menor o igual a 10 metros, la Flota Mayor o industrial esta formada por 524 embarcaciones con eslora entre 12 y 22 m (Burgos, 1999; Sagarpa, 2002a) estas embarcaciones portan un promedio de ocho alijos (embarcación auxiliar, sin motor, en la que un pescador opera un palangre o la línea de mano). La flota cubana esta integrada por 9 embarcaciones pesqueras de tipo Lambda de 22 m de eslora y cada una posee seis lanchas chernereras (embarcación auxiliar con motor en la que dos pescadores se encargan de operar un palangre).

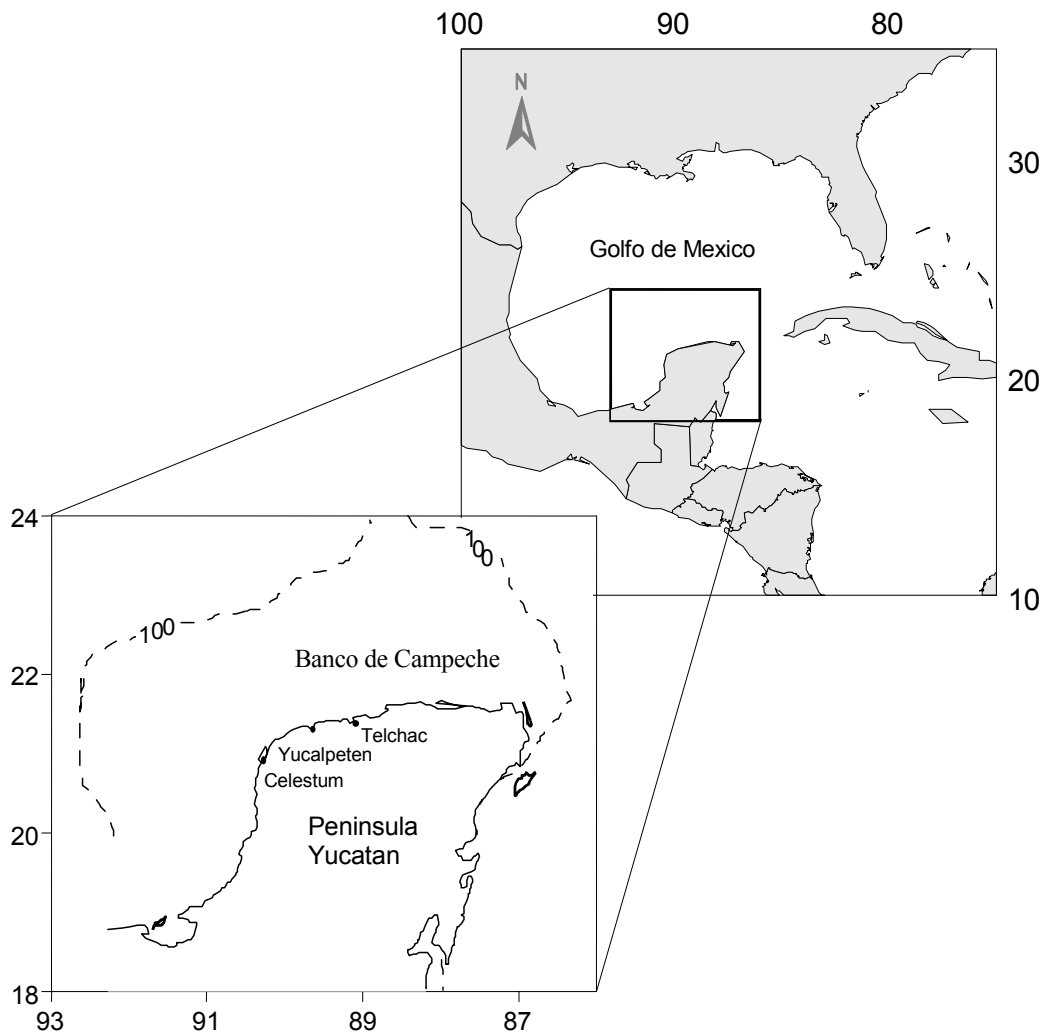


Figura 1. Ubicación del Banco de Campeche en el Golfo de México

El arte de pesca empleado por las embarcaciones consiste en el palangre, el cual varía en su forma de construcción y tamaño de acuerdo a las posibilidades de las embarcaciones. La explotación se efectúa de forma secuencial. Esta característica de la pesquería esta determinada por el área de trabajo de las flota, ya que mientras la Flota artesanal opera en profundidades menores de 30 m capturando los individuos jóvenes e inmaduros de la población, la Flota industrial lo hace a partir de



los 20 m en adelante y la Flota cubana a partir de los 36 m de profundidad. Estas dos últimas, que pescan en mayores profundidades, capturan principalmente individuos maduros de la población. En esta pesquería ocurre un solapamiento tanto en área de pesca como en las tallas capturadas por las flotas. Mexicano (1990), reportó que la flota artesanal de Celestum no solo captura organismos jóvenes y preadultos, sino algunos que ya han desovado.

A pesar de que se dirige el esfuerzo pesquero hacia el mero, la captura es multiespecífica, constituyendo la especie objetivo el 60.5 % en la Flota industrial y el 38 % en la Flota artesanal (Moreno *et al.*, 2002). En la Flota cubana el mero constituye el 40 % de la captura (1995 – 2000). Los Cruceros de Investigación dirigidos al mero muestran una reducción de su representatividad en la composición por especie de la captura, en 1986 el mero represento el 85 % de las especies capturadas mientras que en el 2001 solo representó el 60 %. La pesca del mero esta constituida por al menos 50 especies de las cuales el 74 % son de hábitos demersales y el resto pelágicas. Según los resultados de los cruceros de Investigación, solo seis (6) especies o grupos son clasificadas como principales, las cuales son: mero (*E. morio*), huachinango (*Lutjanus campechanus*), canane (*L. chrysurus*), pargo criollo (*L. analis*), tiburón (*varias especies*) y negrillo (*Mycteroperca bonasi*). El resto de las especies solo aparecen de forma estacional o eventualmente en las capturas. En la actualidad la pesquería es de libre acceso para la parte mexicana, no existe un plan de manejo sustentable existiendo una recomendación de talla mínima de 30 cm de longitud total (Burgos, 1999) y a partir del 2003 una veda de captura total del 15 febrero al 15 marzo. Para la parte mexicana es necesario un permiso de pesca de la Secretaría de Estado y en caso de la Flota

cubana se respeta lo establecido en el Convenio Pesquero entre ambos países, operando por encima de las 20 brazas de profundidad con una cuota de captura de 850 t establecida para la temporada 2002 – 2003.

El mero y el pulpo son las dos especies más explotadas en todos los puertos de la costa de Yucatán (Pare y Fraga, 1994). Durante el año 2002 el Estado de Yucatán aportó el 80 % de la producción de mero correspondiente al litoral del Golfo y Caribe mexicano, mientras que Veracruz aportó el 6 % seguido de Quintana Roo con el 7 %. El resto del mero es producido por Tabasco, Campeche y Tamaulipas (SAGARPA, 2002a). Los puertos donde se descarga mero en la península de Yucatán son Progreso, Sisal, Chuburna, Chelem, Chicxulub, Telchac, San Crisanto, Río Lagartos, Las coloradas y el Cuyo. En Quintana Roo se descarga en Holbox, Isla Mujeres, Puerto Juárez, Cancún y Puerto Mórelos. Los barcos cubanos descargan en La Habana, Cuba. El principal puerto de descarga de Yucatán donde se registra el 80 % de la captura de mero es Puerto Progreso y Yucalpetén, estas son dos localidades contiguas que constituyen el eje central en la dinámica económica de la pesca en el Estado de Yucatán. Inaugurado en 1968, Yucalpetén es el único puerto pesquero de mediana altura de la costa yucateca. La participación de los principales puertos Yucatecos en la producción pesquera actual es desigual debido a diferentes grados de desarrollo industrial alcanzado en cada uno de ellos (Rihani *et al.*, 1989).

## 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo es el resultado de la integración 4 documentos de investigación, cuyos textos se encuentra en el anexo. Dos de ellos se encuentran publicados (Anexo 1 y 2) y otros dos fueron presentados en el Simposio sobre Ciencias Pesqueras (Anexo 3 y 4), celebrado en mayo de 2005, en La Paz, B.C.S. Además se han tenido en cuenta los resultados de 34 Cruceros de Investigación dirigidos al mero en el Banco de Campeche (1986 – 2000). Estos Cruceros se realizaron en la zona de explotación comercial del mero con 18 estaciones distribuidas entre 15 y 100 m de profundidad y entre los 87 y 90 ° de long W. Las capturas se realizaron con palangres cubanos (350 anzuelos noruegos No.3 serie 2330) efectuando 4 lances por estación.

### 2.1 Estructura de la población

Para determinar la estructura por edad de la población se partió de la composición por talla de las capturas comerciales, esta se obtuvo de los muestreos en puerto, tanto para la flota industrial mexicana como para la flota cubana. La composición por tallas de la población correspondiente a la Flota Artesanal fue estimada a partir de la correspondiente al periodo 1993 – 2000. Mediante una prueba de Kolmogorov - Smirnov (K – S) ( $P > 0.05$ ) se determinó que no existían diferencias significativas entre los años, por lo que se realizó la extrapolación hacia todo el periodo considerado.

La estructura por edad de la población de cada flota se estimó según la metodología propuesta por Cabrera-Vázquez y Arreguín-Sánchez (1994) y utilizando los parámetros de crecimiento del mero obtenidos por Rodríguez (1994) siendo  $L_{\infty} = 82.7$  cm,  $K = 0.21 \text{ año}^{-1}$  y  $t_0 = 0.22 \text{ año}^{-1}$

## **2.2 Mortalidad Natural**

La mortalidad natural (M) correspondiente a las edades de los peces completamente reclutados a la pesquería se estimó mediante el modelo de Intervalos Gnomónicos (GIM) propuesto por Caddy (1991) y desarrollado por Martínez- Aguiar et al. (2003). El modelo genera un valor de M para los diferentes estadios de desarrollo del mero, a partir de los cuales se calculó el valor de M correspondiente a las edades que participan en la pesquería y se obtuvo una matriz de mortalidad a la edad para el periodo de estudio. Estas pueden ser utilizadas en el desarrollo de diferentes modelos de evaluación de la pesquería. GIM fue empleado por Giménez et al. (2005a) estimando las mortalidades de los peces entre 1 y 14<sup>+</sup> años. (Anexo III)

## **2.3 Estandarización del esfuerzo pesquero**

La estandarización del esfuerzo pesquero se realizó con vistas a realizar un análisis integral de la variación de la abundancia del recurso y obtener una unidad de esfuerzo estándar, necesario en la determinación de la capturabilidad (q) en la pesquería de la especie. Las flotas mexicanas poseen variedad en cuanto al arte de pesca (palangre) y tipo de barcos, la flota industrial esta compuesta por embarcaciones entre 14 y 22 m de eslora en la que existen barcos "cobralineas" con 1000-2300 anzuelos y barcos de "pangas" con palangres de 50 a 75 anzuelos. La flota artesanal esta compuesta por barcos de 8 a 10 m y palangres de 3-4 anzuelos por línea. La flota cubana esta compuesta por barcos de 22 m y usan palangres de 350 anzuelos. La estandarización entre la Flota industrial mexicana y la flota cubana se realizó utilizando el método propuesto por Robson (1966) y discutido por Gulland (1983) el cual trabaja con el concepto de Potencia de pesca relativa.

Este método requiere que ambas flotas exploten la misma población y pesquen en las mismas condiciones (el mismo tiempo y en la misma zona) lo cual se cumple con las embarcaciones palangreras cubanas y mexicanas en el Banco de Campeche.

Se entiende como Potencia de pesca relativa PA (B) a la relación

$$PA (B) = Cpue \text{ de la embarcación } B / Cpue \text{ de la embarcación } A$$

La embarcación A se denomina "embarcación estándar"

En la pesca del mero trabajan tres flotas, se toma la flota industrial mexicana como la estándar, ya que aporta el 53 % (2002) de la captura total.

La Flota Industrial y la cubana reportan su esfuerzo pesquero en número de viajes y número de anzuelos calados por año respectivamente.

El esfuerzo estandarizado (Est) de cada año para la flota cubana se determina como

$$E (Est) = PA (B)^* \cdot Esfuerzo (B)$$

El esfuerzo de pesca de la flota artesanal se estima a partir de la Cpue de la Flota industrial (Gulland, 1966) según:

$$\text{Esfuerzo F. Artesanal} = \text{Captura de la Flota Artesanal} / \text{Cpue de la Flota Industrial} \\ (\text{Unidades estandarizadas})$$

Una vez expresados los esfuerzos anuales de las flotas cubanas y artesanal se estima el esfuerzo total como la suma de los esfuerzos ejercidos por las tres flotas.

#### **2.4 Coeficiente de Capturabilidad**

En la estimación del coeficiente de capturabilidad (q), se realizó siguiendo la metodología propuesta por Arreguín-Sánchez (1996) y se utilizó el programa *Catchability* (Martínez-Aguilar et al., 1999). El método permite estimar el coeficiente de capturabilidad como función de la longitud de los organismos y tiene su origen en el interés por disponer de métodos independientes para estimar el coeficiente de

capturabilidad, e incorporarlos a modelos poblacionales y pesqueros más complejos. Una vez conocida la matriz de capturabilidad (q) para cada talla se utilizó el modelo de análisis propuesto por Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) para el mero del Banco de Campeche. Este permite analizar adicionalmente los patrones de variación dependientes del tiempo entre flotas y efectos densos dependientes, así como, detectar posibles cambios en las estrategias de pesca. Estos modelos fueron aplicados por Giménez et al. (2005b) (anexo IV)

### **2.5 Mortalidad por pesca (F)**

La mortalidad por pesca de cada flota se estimó a partir de los valores de la matriz de capturabilidad (q) a la edad, la cual se multiplicó por el esfuerzo pesquero anual estandarizado ( $F = q \times f$ ) obteniéndose de esta forma una matriz de F. Estos resultados fueron obtenidos por Giménez et al. (2005b) (anexo IV)

### **2.6 Interacción entre flotas**

Las flotas que explotan el mero poseen superposición en sus áreas de pesca lo que provoca un solapamiento en las tallas capturadas y lo cual constituye la principal interacción entre ellas. El solapamiento entre tallas se estimó mediante el índice de superposición de nichos (T) de Schoener's, 1970 mediante la formula:

$$T = 1 - 0.5 \sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}|$$

donde,  $P_{xi}$  y  $P_{yi}$  son proporciones en términos de números de cada clase de largo entre dos diferentes flotas  $\underline{x}$  e  $\underline{y}$  (Konstantinos et al., 2004). Este análisis fue realizado por Giménez et al. (2005b) (anexo IV).

## 2.7 Tamaño de la población

El tamaño de la población se estimó para cada una de las flotas participantes en la pesquería, procediendo posteriormente a su integración para conocer el tamaño total de la población. Se determinó además la captura estimada para cada flota comparando esta con la observada en cada caso.

Para conocer el tamaño de la población en cada flota se realizó un análisis de cohortes de la población según Gulland (1965) modificado. La modificación consistió en el uso de una matriz de mortalidad natural (M) a la edad, donde M varía con la edad y se mantiene constante en el tiempo (Giménez et al., 2005 a), y una matriz correspondiente a la mortalidad por pesca (F) como producto de la matriz de capturabilidad (que cambia con la edad, el tiempo y la flota) multiplicada por el esfuerzo que varía con la flota en los años.

Una vez obtenida estas dos matrices (M y F) y conociendo la estructura de la población correspondiente a cada flota, el tamaño de la Población de cada edad en cada año se estimó mediante la fórmula:

$$N_{e,t} = \text{Capt.}_{e,t} / (((F_{e,t}) / ((F_{e,t}) + M_e)) * (1 - \text{EXP}(-((F_{e,t}) + M_e))))$$

donde :

$N_{e,t}$  : Tamaño de la población a la edad en el tiempo t (número ejemplares)

$F_{e,t}$  : Mortalidad por pesca a la edad en el tiempo t (año<sup>-1</sup>)

$M_e$  : Mortalidad por pesca a la edad (año<sup>-1</sup>)

$\text{Capt}_{e,t}$  : Captura anual en número de ejemplares a la edad en el tiempo t.

La captura en número o estructura de la población correspondiente a cada flota, se obtuvo a partir de la composición por talla de las capturas comerciales, tanto para las

flotas mexicanas como para la flota cubana durante el periodo 1984 – 2003. La mortalidad por pesca obtenida para cada edad, varía cada año en dependencia de los valores de q correspondientes, ya que el esfuerzo pesquero (f) para cada flota es anual e igual para todas las edades.

A partir de la matriz obtenida del tamaño de la población a la edad, se calcula la *Captura Estimada* ( $C_{e, (est)}$ ), para cada flota, en cada edad, a través de la formula:

$$C_{e,t (est)} = N_{e+1} (F_{e,t} v_{e,t}) (1 - \exp(-(M_e + (F_{e,t} v_{e,t})))) / ((F_{e,t} v_{e,t}) + M_e) \exp(-(M_e + F_{e,t} v_{e,t}))$$

Esta formula contempla las mismas matrices de F y M de cada flota y le fue incorporado el término vulnerabilidad ( $v_{e,t}$ ), el cual expresa la vulnerabilidad de la edad a ser capturada por el arte de pesca (capturabilidad) y se emplea como factor de ajuste en el cálculo de la captura estimada. Posteriormente y mediante el uso de la herramienta "solver" del programa Excel y minimizando el cociente *Captura Estimada / Observada* se obtiene una matriz de ( $v_{e,t}$ ), la cual expresará los valores de ( $v_{e,t}$ ) necesarios para que la *Captura Estimada* sea igual a la *Observada*. La  $v_{e,t}$  posee valores mayores y menores de 1 según la *Captura estimada* sea menor o mayor que la *Captura observada*. Valores cercanos a 1 muestran similitud entre ambas capturas y vulnerabilidad de los peces a las flotas. Se estimó además una vulnerabilidad promedio para cada una de las flotas durante los años considerados.



## 2.8 Relación stock-Reclutamiento (S/R)

Se considera como reclutamiento el número de individuos de un año. Una vez conocido el tamaño total de la población, se estimó el número de ejemplares de la edad 1 los cuales no están completamente reclutados en la pesquería mediante la fórmula:

$$N_t = N_{t+1} M_t$$

donde:

$N_t$ : número de ejemplares de un año de edad

$N_{t+1}$ : número de ejemplares de 2 años en el siguiente año

$M_t$ : mortalidad natural correspondiente al año, calculada por modelo GIM.

La relación stock-Reclutamiento se determinó utilizando el modelo generalizado de Schnute (1985) que se expresa mediante la fórmula:

$$R = \alpha_a * S (1 - \beta_b \gamma S)^{1/\gamma}$$

donde,

R: Reclutamiento

S: Tamaño de la población

$\alpha_a$ ,  $\beta_b$ ,  $\gamma$  valores constantes de la relación.

Schnute (1985) clasifica a  $\alpha_a$  como un parámetro de productividad,  $\beta_b$  como uno de optimización y  $\gamma$  como un parámetro de curvatura o de limitación del reclutamiento. Las propiedades de este modelo dependen del valor de  $\gamma$ , cuando esta es  $> 1$ , la curva de stock-reclutamiento tiene un máximo único.

Se estimaron además los cuatro casos particulares (Denso-independiente; Beverton-Holt, 1957; Ricker, 1954; Schaefer, 1954) determinando las variables alfa ( $\alpha_a$ ), beta

( $\beta_b$ ) y gamma ( $\gamma$ ), así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en cada caso. Los cuatro casos particulares de este modelo se obtienen modificando el valor de  $\gamma$ , según esta tienda a  $-\infty$ , -1, 0, ó 1 respectivamente. La relación S/R se determinó entre los individuos de un año y el número de hembras adultas en la población (de 3 a 14 +años) con dos años de desfase teniendo en cuenta que los peces de 1 año son completamente reclutados a la pesca a los 3 años de edad, así como entre los individuos de un año y el número de huevos correspondiente a la población de hembras adultas con un año de desfase. El número de hembras adultas, así como el número de huevos, se calculó mediante las proporciones Hembra / machos en la población y la fecundidad a la edad, ofrecidas por Giménez et al. 2003.

## **2.9 Simulaciones**

Para evaluar el impacto de las flotas y la imposición de cuotas de captura, sobre la biomasa de este, se utilizó el Modelo no-lineal estructurado por edades (Hilborn y Walters, 1992). La variable de desempeño considerada en el análisis fue la biomasa a corto, mediano y largo plazo (años: 2005, 2010 y 2015, respectivamente). Se realizaron proyecciones con el fin de conocer la posible respuesta del recurso ante tres medidas de regulación basadas en cuotas de captura. Los tres escenarios contemplan la participación de las tres flotas en la misma proporción que tienen actualmente.

- Cuota de captura de 8,300 t.
- Cuota de captura de 7,500 t.
- Cuota de captura de 6,500 t.

Asimismo, con el fin de conocer el impacto que tiene cada una de las flotas, se utilizó la cuota de captura de 8,300 t. (actual), eliminando a cada una de las flotas con reemplazos consecutivos de la forma siguiente:

- F. Ind. - 65%      F. Cub. - 1%      F. Art. - 34%
- F. Ind. - 0%      F. Cub. - 1%      F. Art. - 34%
- F. Ind. - 65%      F. Cub. - 0%      F. Art. - 34%
- F. Ind. - 65%      F. Cub. - 1%      F. Art. - 0%

Para la pesquería de mero se consideraron los Puntos Biológicos de Referencia Límite (*PRL*) y Objetivo (*PRO*) establecidos por Moreno *et al.* (1997) en 74 mil y 120 mil toneladas respectivamente. Estos son indicadores que representan el estado del recurso y permiten al administrador adoptar medidas de manejo contrastando la biomasa actual y futura del stock, con la biomasa inicial. De acuerdo con Caddy y Mahon (1995) y Seijo y Caddy (2000), la biomasa del stock debe permanecer por encima de un límite que le permita renovar la población. Un valor que se considera precautorio para este *PRL* es el 30 % de la biomasa inicial y un valor adecuado para mantener sana la pesquería es con un *PRO* de 50% de la biomasa inicial, estimada en 240 mil t al inicio del periodo (año 1958) por Moreno *et al.* (1997).

## 2.10 Rendimiento por Recluta (*Y/R*)

Se calculó el efecto de la variación de la edad de primera captura (*T<sub>c</sub>*) mediante la utilización del modelo de rendimiento por recluta (*Y/R*) a través de la fórmula de (Beverton y Holt, 1957):

$$Y/R = (F) \exp[-(M)(T_c - T_r)] (W_\infty) \left[ 1/Z - (3S/Z + K) + (3S^2/Z + 2K) - (S^2/Z + 3K) \right]$$

donde:

$$S: \exp [-K (T_c - T_0)]$$

K: Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy  
To: Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy  
Tc: Edad de primera captura  
Tr: Edad de reclutamiento  
 $W_{\infty}$ : Peso asintótico  
F: Mortalidad por pesca  
M: Mortalidad natural  
Z: F+M, mortalidad total

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Evolución de la Pesquería

La figura 2 muestra las fases de desarrollo de la pesquería del mero durante el periodo de 1958 al 2000 según Caddy (FAO. 1984). La primera correspondiente a la *fase de sin desarrollo*, se extiende desde su inicio hasta el año 1958, durante esta fase la captura alcanza un nivel de 1-2 mil t. De 1958 a 1972 la pesca del mero posee su *fase de desarrollo* y alcanza su fase de madurez en un tiempo relativamente corto. Este periodo coincide con la construcción del Puerto de Abrigo en Yucalpetén en 1968 y la fabricación de barcos más modernos con mayor poder de captura y autonomía que permite una mayor estancia en las áreas de pesca. En este puerto se encuentran actualmente 9 plantas congeladoras con una capacidad de conservación de 100 t. (Moreno *et. al.*, 1997).

Esta circunstancia determinó el desarrollo de la pesquería, alcanzándose el mayor nivel de captura en 1972 con 19 675 t. Durante este año las Flotas industrial y artesanal mexicanas contribuyeron con 14 086 t y la cubana con 5 589 t. En el año 1976 se firma el Convenio Cuba-México de Pesca siendo asignada una cuota de captura de 10 mil toneladas anuales de mero y huachinango a la flota cubana, es necesario destacar que la cuota nunca ha sido alcanzada por esta flota en su totalidad. Posteriormente se produce una *fase de declinación* de la captura que se extiende hasta la actualidad, a partir de esta fase las fluctuaciones de la captura total obedecen a las correspondientes de la flota industrial y artesanal mexicanas, no así a la cubana, cuyas variaciones no inciden en la captura total.

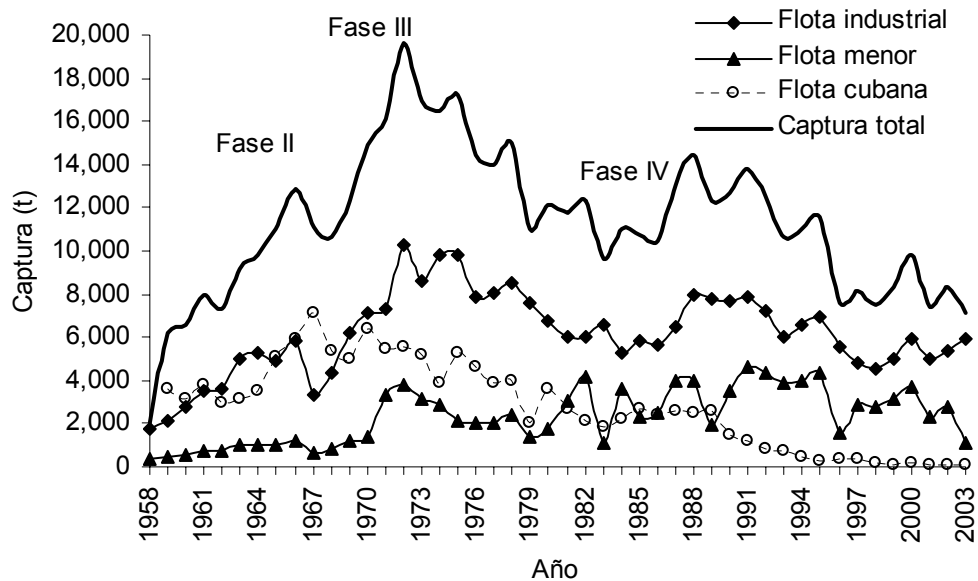


Figura 2. Variación anual de la captura de mero mostrando las etapas de desarrollo de la pesquería durante el periodo 1958 – 2003.

Varios autores sugieren que el decremento de las capturas ocurrido durante el año 1983 esta asociado a la pesca de juveniles por parte de la pesca artesanal (Seijo, 1986; García et al., 1986; Arreguín-Sánchez, 1987). Por otra parte Arreguín-Sánchez (1992), asocia este decremento a una falla en la clase anual de 1980 como producto del impacto de un derrame de petróleo durante la época de desove del mero. Es necesario mencionar que en los años 1987 – 1995 ocurre un incremento en la captura de las flotas mexicanas, por la incorporación de nuevas embarcaciones, no así en la cubana que a partir de 1990 disminuye su aporte a la captura de forma sostenida. En 1989 se aprecia una notable disminución en la captura de la Flota artesanal después de ser azotada por el huracán “Gilberto” en septiembre de 1988, lo cual se manifiesta al año siguiente. González-Cano et al.(1993) señalan signos de interferencia entre flotas a inicios de los 90’s y Moreno *et al.*(1991) cuantifican por vez primera la interacción entre las flotas señalando una superposición de las tallas

capturadas por las flotas industrial y cubana de un 52-57%, de un 60 % entre la flota industrial y artesanal y de 12-18 % entre la flota cubana y la artesanal, estando el origen de las diferencias a ambos lados de la distribución de tallas pequeñas y grandes.

A partir de 1996 y coincidiendo con la última etapa, la captura total sufre una disminución, fluctuando alrededor de las 7 – 9 mil t. en las flotas mexicana y de 100 – 400 t. en la cubana, obteniéndose solamente 7113 t. en el año 2003.

Durante la *fase de declinación* y en el Marco del Convenio entre Cuba y México se han realizado evaluaciones periódicas del recurso (Valdés *et al.*, 1989; Valdés *et al.*, 1991; Contreras *et al.*, 1993; Moreno *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 1999; Monroy *et al.*, 2001). Otros autores han realizado evaluaciones (Blanco *et al.*, 1980; Doi *et al.*, 1981; García y Puerto, 1986; Seijo, 1986; Arreguín–Sánchez, 1987; Monroy, 1997,1998 y Burgos, 1999), pero no es hasta 1985 en que se comienza a considerar que el recurso se encuentra intensamente explotado y Seijo (1986) menciona la fuerte influencia que sobre la población juvenil ejerce la pesca artesanal, poniendo en peligro el reclutamiento a la población reproductora.

En la evaluación realizada por la comisión de expertos Cuba – México (Hernández *et al.*, 1999), se comienza a considerar la población en un estado de sobreexplotación que se manifiesta en la reducción de la Cpue de las flotas comerciales y en el correspondiente a los Cruceros de investigación. En la actualidad el número de barcos autorizados en la pesquería de mero en Yucatán es de 524 barcos mereros y 1862 botes de pesca diaria (SAGARPA, 2002<sub>b</sub>).

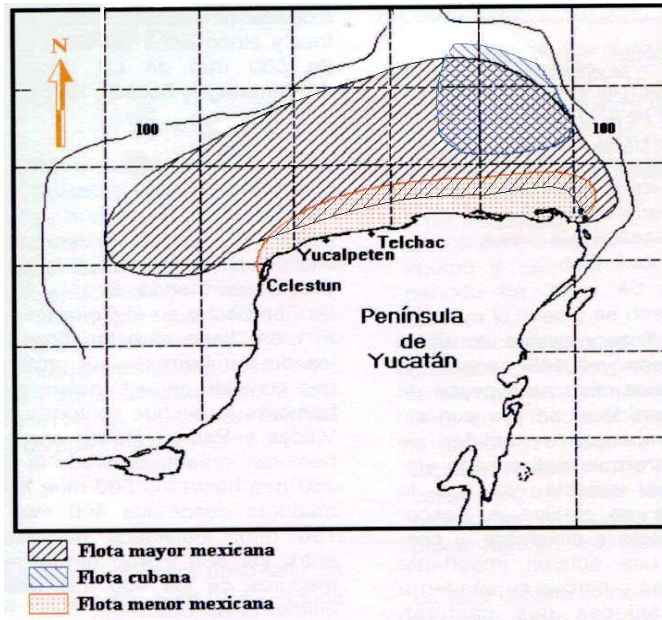


Figura 3. Áreas de pesca de las flotas que participan en la pesquería de mero en el Banco de Campeche.

La Figura 3 muestra las áreas de pesca actuales de las tres flotas que explotan el recurso. Se destaca el área de trabajo de la flota cubana hacia el Este del Banco y la superposición de las áreas de pesca de la flota artesanal con la flota industrial mexicana, producto de la introducción de técnicas (motores más potentes) que le permiten una ampliación de su zona de pesca tradicional.

### 3.2 Estructura de la Población

La figura 4 muestra la frecuencia acumulada de las tallas capturadas por las flotas durante los últimos trece años (1990 al 2003). La talla media de los peces capturados por la flota industrial es de 44.76 cm (Lf) con una moda de 36 cm, la media de la artesanal es de 34.43 cm con una moda de 30 cm y para la cubana la media es de 51.0 cm con una moda de 50 cm.



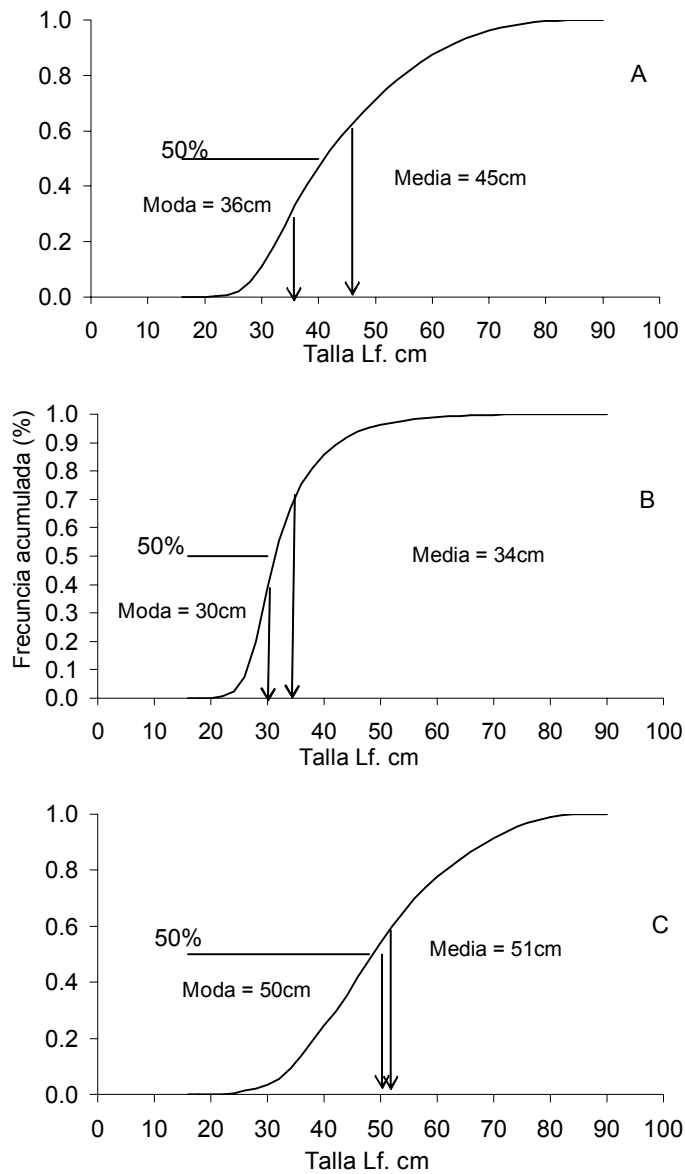


Figura 4. - Frecuencia acumulada (%) de las tallas capturadas por las flotas: industrial (A); artesanal (B) y cubana (C).

Las medias de las flota industrial y cubana no muestran diferencia significativa (prueba K – S:  $P > 0.05$ ) y la media de la artesanal es significativamente menor que las otras dos (prueba K – S:  $P < 0.05$ ). La captura total muestra una composición por talla con un rango entre 18 y 90 cm (Lf), con una media de 43.96 cm y valor modal

de 36 cm. Es necesario destacar que a pesar de que la captura total muestra una talla media superior al largo de primera maduración (38 cm; Giménez et al., 2003) la moda muestra un valor inferior y el 57% de los ejemplares son capturados en tallas inferiores a la de primera maduración. En la flota industrial, artesanal y cubana los individuos con tallas menores a la de primera maduración constituyen el 40%, 80% y 19% de las capturas respectivamente.

La proporción de organismos capturados por clase de edad por cada flota muestra que la explotación de mero se inicia a partir de los dos años de edad. Es necesario destacar que entre los individuos comprendidos entre 3 y 6 años de edad predominan las hembras.

La Flota artesanal mexicana comienza la explotación a partir de los ejemplares de 2 años, concentrando la explotación en los individuos de 3 - 4 años. Por su parte las Flotas Industrial mexicana y cubana lo hacen a partir de 2 y 3 años respectivamente.

La figura 5 muestra la estructura de la población obtenida. Se muestra un predominio de los individuos de 3 y 4 años los cuales se alternan en los años. Hacia finales del periodo (2000 - 2003) los individuos de 5 años incrementan su representación y disminuye la de 3 años.

El anzuelo usado en la confección de palangres varía en tamaño, lo que motiva poca selectividad y un rango amplio de tallas en la captura. Muhlia (1976) reporta una curva de selectividad donde esta se ejerce entre los individuos con tallas entre 20 y 31 cm y los correspondientes a 26 cm son los pertenecientes al 50% de selección, en la actualidad el rango de tallas capturadas es más amplio. Solo existe un reporte de experiencia de selectividad, realizado por Zetina et al. 1991 en los

barcos de pesca artesanal con anzuelos circulares, del No.5 al No.11, la talla media disminuye de 34 y 27 cm con la disminución del tamaño del anzuelo.

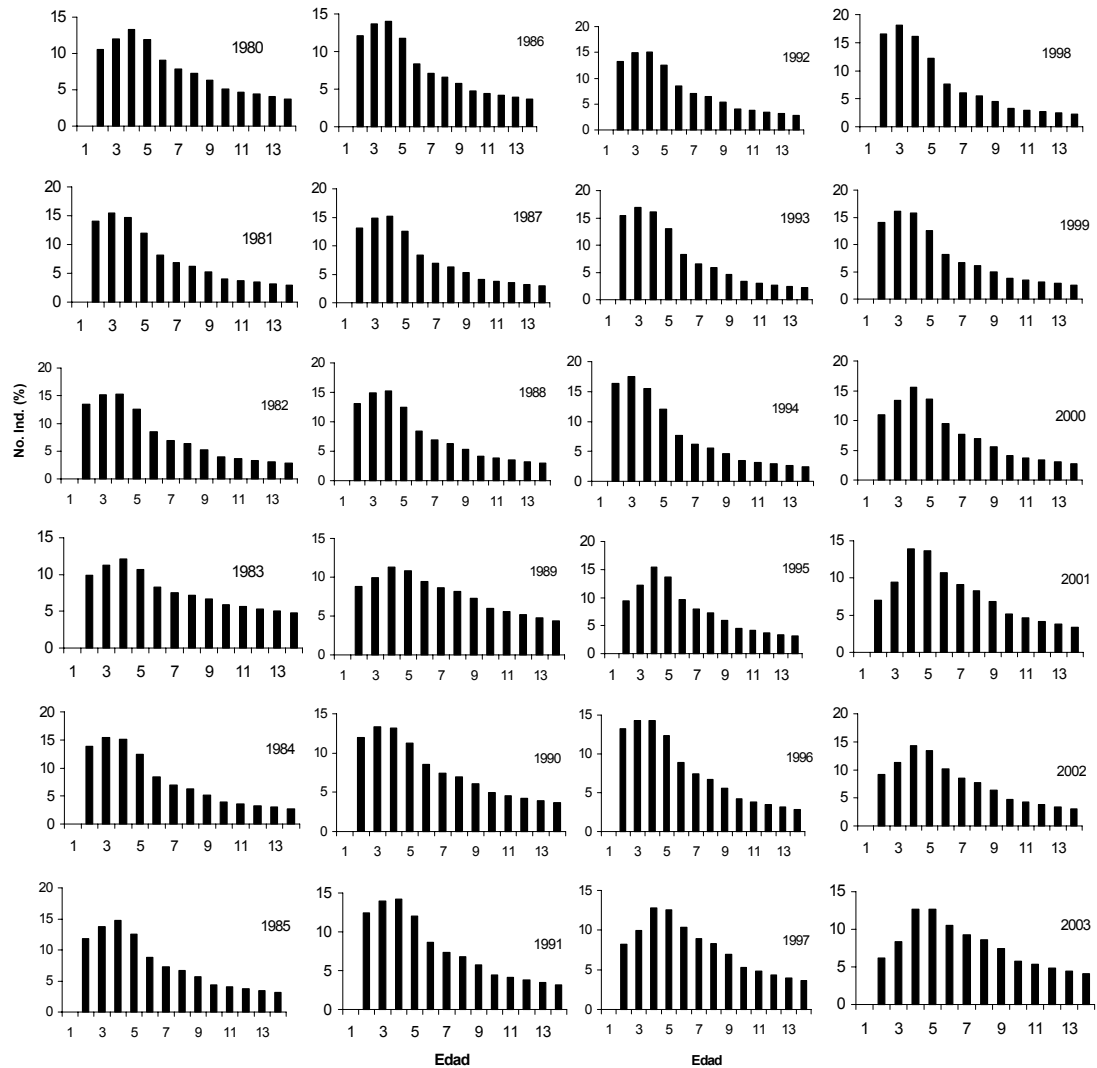


Figura 5 .- Estructura de la población de mero del Banco de Campeche

### 3.3 Mortalidad Natural (M)

Se determinaron un total de 11 estadios gnomónicos los cuales describen el desarrollo del mero desde huevo hasta el adulto. La tabla I muestra el estado de

desarrollo de cada intervalo, así como la edad observada en cada uno de ellos según Colin et al. (1996) y Rodríguez (1994), para juveniles y adultos respectivamente.

Tabla I.- Intervalos gnomónicos considerados según el estado de desarrollo del mero (*Epinephelus morio*).

| Intervalo Gnomónico | Estado Desarrollo | Estadio     | Edad observada |
|---------------------|-------------------|-------------|----------------|
| 1                   | Clivage           | Huevo       | 30-38 horas    |
| 2                   | Saco vitelino     | Larva       | 2 días         |
| 3                   | Pre flexión       | Larva       | 3 – 11 días    |
| 4                   | Flexión           | Larva       | 12 – 20 días   |
| 5                   | Post flexión      | Larva       | 17 – 21 días   |
| 6                   | Transformado      | Juvenil     | 25 – 27 días   |
| 7                   | Juvenil bentónico | Juvenil     | 130 días       |
| 8                   | Subadulto I       | Juvenil     | 1 – 2 años     |
| 9                   | Subadulto II      | Cambio sexo | 3 – 4 años     |
| 10                  | Adulto I          | Adulto      | > 4 años       |
| 11                  | Adulto II         | adulto      | > 11 años      |

El desarrollo de los seis primeros estadios (clivaje a transformado) son estadios pelágicos, mientras que los restantes (juvenil bentónico a adulto) son bentónicos que muestran un comportamiento agresivo y territorial (Moe, 1969; Colin et al., 1996). Durante los últimos cinco estadios ocurren cambios cualitativos y cuantitativos en la especie como son el de alcanzar la talla de primera maduración (3 – 4 años de edad), cambio de sexo (edad > 4 años) y la relación hembras / machos (H/M) en la población alcanza el valor de 1 (edad > 11 años) (Moe, 1969; Valdés y Padrón, 1980; Mexicano, 1990; Brulé et al., 1999; Giménez et al., 2003)

La tabla II muestra los resultados obtenidos de la duración en días, la mortalidad natural de cada estadio estimada por GIM así como la edad observada para cada uno.

Tabla II. -- Estimados de duración en días, mortalidad natural y edad observada de los 11 estadios de desarrollo asignados al mero (*Epinephelus morio*). ( $\alpha = 1.2733$  y  $G = 1.0681$ )

| Estado desarrollo | Duración (días) | Edad observada   | Mortalidad estimada |
|-------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Clibage           | 2.00            | 1.25 - 1.58 días | 194.93              |
| saco vitelino     | 2.55            | 2 días           | 153.10              |
| Pre flexión       | 5.79            | 3 – 11 días      | 67.35               |
| Flexión           | 13.16           | 12 – 20 días     | 29.63               |
| Post flexión      | 29.19           | 17 – 21 días     | 13.03               |
| Transformado      | 68.00           | 25 – 27 días     | 5.73                |
| Juvenil bentónico | 154.59          | 130 días         | 2.52                |
| Subadulto I       | 348.0           | 1 – 2 años       | 1.12                |
| Subadulto II      | 392.0           | 3 – 4 años       | 0.49                |
| Adulto I          | 1799.0          | > 4 años         | 0.22                |
| Adulto II         | 4085.0          | > 11 años        | 0.10                |

La duración de los estadios se incrementan durante el ciclo de vida y la suma de la duración de los intervalos estimadas por GIM muestra una longevidad de 7300 días (20 años), correspondiendo el ultimo estadio a individuos mayores de 11 años, la mortalidad decrece con la edad independientemente de la duración del estadio.

Las mayores mortalidades ocurren durante los primeros estadios de vida de huevo y larva, lo cual es comprensible si tenemos en cuenta que estos estadios están expuestos a factores ambientales y la depredación. La larva no es hasta al menos 130 días que alcanzan la talla de juvenil bentónico, edad a partir de la cual adquieren su comportamiento territorial (Colins et al. 1996) y con el una disminución de la mortalidad natural.

El mero comienza a ser reclutado a la pesquería a partir de los 2 años de edad, estando compuestas las capturas en mayor por ciento por individuos de 3 a 5 años,

seguidas por el resto de las edades hasta 14<sup>+</sup> (Moreno et al., 1997; Giménez et al., 2005; Burgos y Defeo, 2000).

A partir de los valores de mortalidad estimados por GIM se calculó la ecuación que permite conocer la mortalidad natural de las edades de los meros que participan en la pesquería obteniéndose que:

$$Y = 2.73634 e^{-0.31985 X}$$

donde  $y$  : valor de la mortalidad natural (M año<sup>-1</sup>)

$X$ : valor de la edad del mero en años

La figura 6 muestra el diagrama de dispersión de los valores estimados a partir del estadio de juvenil bentónico y la curva teórica de los valores estimados de mortalidad natural a la edad. Una prueba de bondad de ajuste ( $\chi^2_{99\%}$ ;  $P > 0.01$ ) mostró que la ecuación calculada se ajusta a los puntos estimados por GIM.

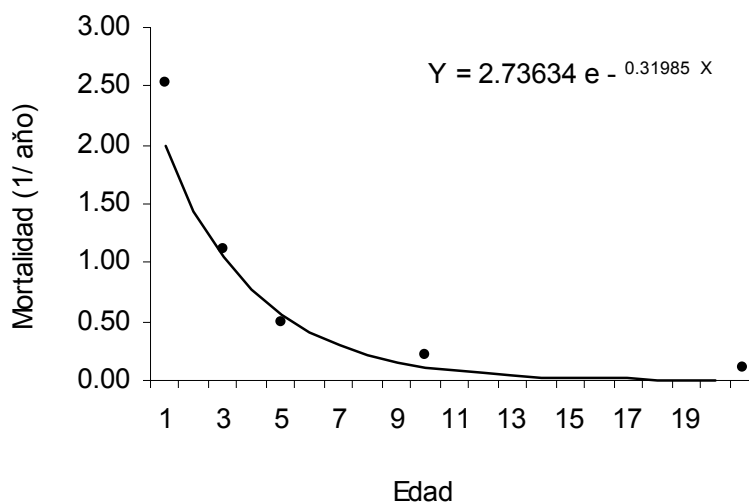


Figura 6.— Curva de mortalidad natural (M) a la edad, calculada a partir de los valores estimados por GIM para el mero del Banco de Campeche.

### **3.4 Estandarización del fuerza Pesquero**

La figura 7 muestra la Cpue de la flota industrial mexicana, la flota cubana e índice de abundancia del recurso obtenido de 34 Cruceros de Investigación. Los índices de abundancia indican que la biomasa del stock de mero en el Banco de Campeche ha sufrido una caída en los últimos 14 años (1988-2002).

La Cpue de la flota industrial mexicana, en términos de t de mero/viaje de pesca, muestra una tendencia decreciente. Durante el período que va de 1984 a 1989, se registró un Cpue promedio de 2,273 kg de mero/viaje, mientras que de 1990 al 2002 el Cpue promedio fue de 1,530 kg de mero/viaje. Este índice indica que en el período de 1984 al 2002 la biomasa del stock ha caído alrededor del 12 %. La Cpue de la flota comercial cubana se reporta en unidades más precisas que el de la flota industrial mexicana (kg de mero/100 anzuelos). Este índice muestra una tendencia decreciente mayor que el anterior. De 1980 a 1989 el valor promedio era de 5.95 kg de mero/100 anzuelos, mientras que de 1990 al 2002 la Cpue promedio fue de 2.69 kg de mero/100 anzuelos. La pendiente decreció un 68 % en este mismo intervalo de tiempo.

El índice de la abundancia observado en los Cruceros de Investigación durante los últimos 15 años también ha tenido una tendencia decreciente. De la Cpue promedio de 3.6 kg de mero/100 anzuelos, registrada de 1986 a 1989, disminuyó a una Cpue promedio de 1.7 kg de mero/100anz durante el periodo 1990-2001, lo que representa un decremento del 55 %. Es necesario destacar que durante los dos últimos años

se aprecia un incremento de la Cpue, tanto para las flotas comerciales como en los cruceros de investigación, resultado de una disminución del esfuerzo en las flotas comerciales.

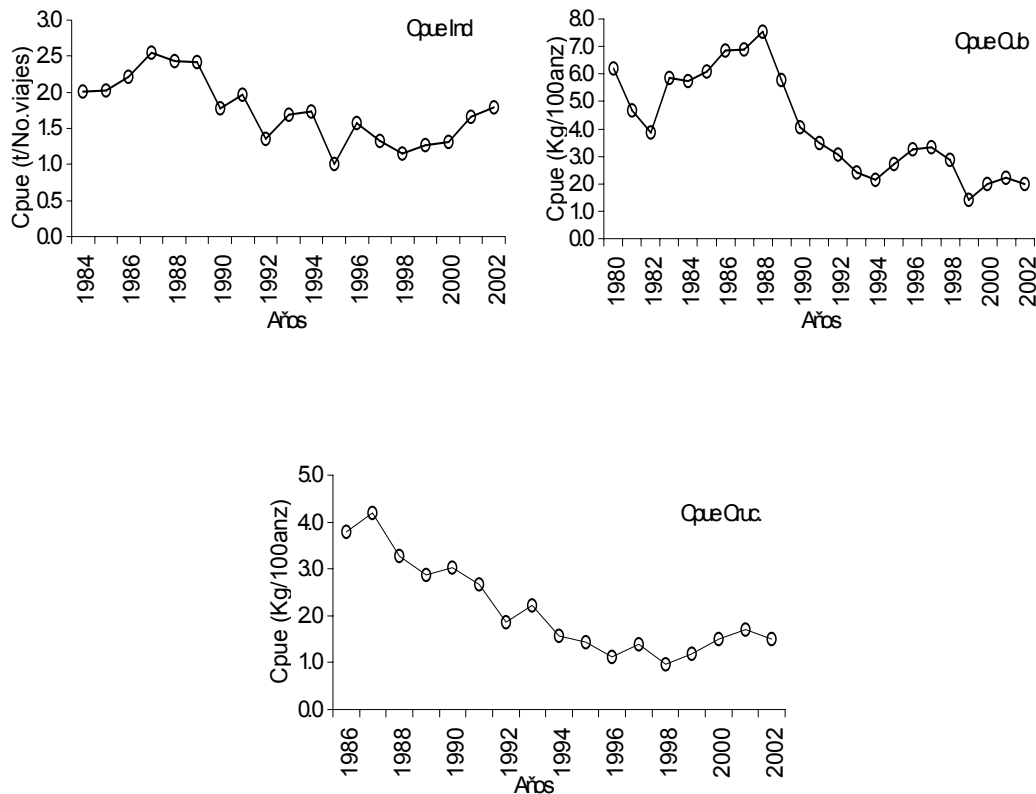


Figura 7. Rendimiento (Cpue) de las flotas comerciales y Cruceros de investigación en el Banco de Campeche. Flota industrial mexicana (Cpue ind.1984-2002), flota cubana (Cpue Cub.1980-2002) y Cruceros investigación (Cpue Cruc. 1986-2002).

Con vistas a realizar el análisis de la abundancia del recurso se realizó la estandarización del esfuerzo pesquero de las flotas, lo cual permite la obtención de una Cpue estandarizada para el periodo 1984 – 2002. La Cpue para los periodos 1984 – 1989 y 1990 – 2002 muestra que la abundancia del stock ha caído alrededor del 32 % (Figura 8). A pesar del incremento del esfuerzo pesquero en el



periodo 1984-1992, dado por la entrada de nuevos barcos a la pesquería, solo se observa como respuesta un incremento de la captura hasta el año 1988 y en los años siguientes la captura decae igual que la Cpue. En el periodo 1992-2002 el esfuerzo se mantiene con un promedio de 3,447 viajes mientras que durante los años 2001 y 2002 el esfuerzo disminuye, en busca de una disminución de costos, provocando incrementos en la Cpue como se señaló en párrafos anteriores.

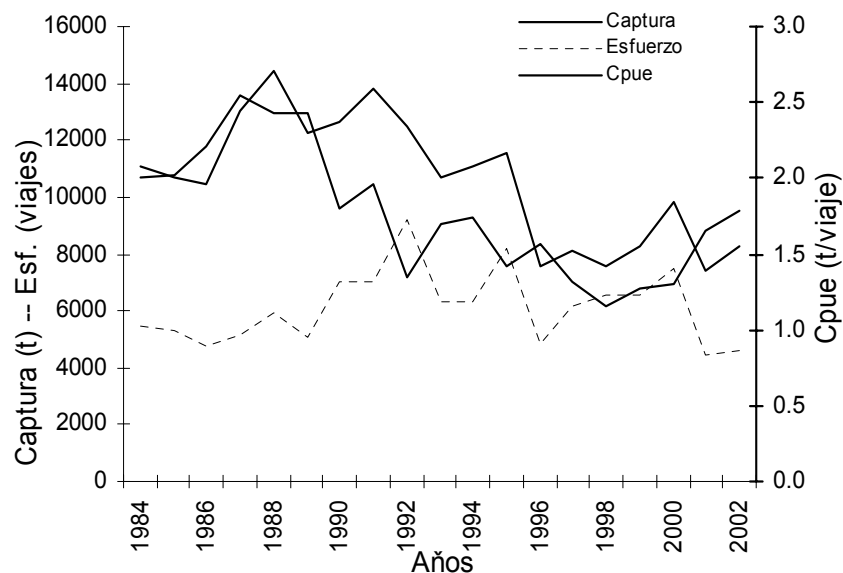


Figura 8.- Comportamiento anual de la captura total, esfuerzo estandarizado y Cpue.

La estandarización del esfuerzo pesquero realizado por primera vez entre las tres flotas debe tomarse de forma preliminar dada la variedad (artes y barcos) de las flotas mexicanas, no obstante los resultados obtenidos en la evolución de la Cpue, se refleja fielmente el estado del recurso durante el periodo de estudio. La relación Cpue & Esfuerzo mostró un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 0.65 ( $P \leq 0.01$ ) en una

relación lineal, con pendiente negativa, entre ambos y permitiendo su utilización en otros modelos.

### **3.4 Capturabilidad (q)**

#### **Variación anual de la capturabilidad**

La figura 9 muestra las variaciones anuales del coeficiente de capturabilidad resultante y para cada una de las tres flotas. Se destaca el incremento de la capturabilidad en la flota artesanal mexicana a partir de la temporada 1992-93 y la tendencia a la disminución en la flota industrial. El valor de la capturabilidad en la flota cubana permanece en valores semejantes hasta 1996 año a partir del cual se incrementa. La capturabilidad resultante se incrementa durante el periodo.

#### **Capturabilidad como función de la talla/edad**

Las figura 10 muestra las variaciones del coeficiente de capturabilidad  $q$  con la talla ( $L_h$ ) de los ejemplares para las flotas industrial, artesanal y cubana. Los patrones mostrados por las flotas Industrial y cubana son semejantes, teniendo valores estables entre las tallas comprendidas entre 36 y 80 cm.

El coeficiente  $q$  para la flota artesanal muestra incremento a partir de los 48 cm talla superior a la de primera maduración (Brulé et al., 1999; Giménez et al., 2003) y a partir de la cual los ejemplares participan en el evento reproductivo. Este comportamiento esta relacionado con la expansión de la zona de pesca a mayores profundidades de la flota artesanal haciendo a los peces mayores accesibles al arte de pesca.

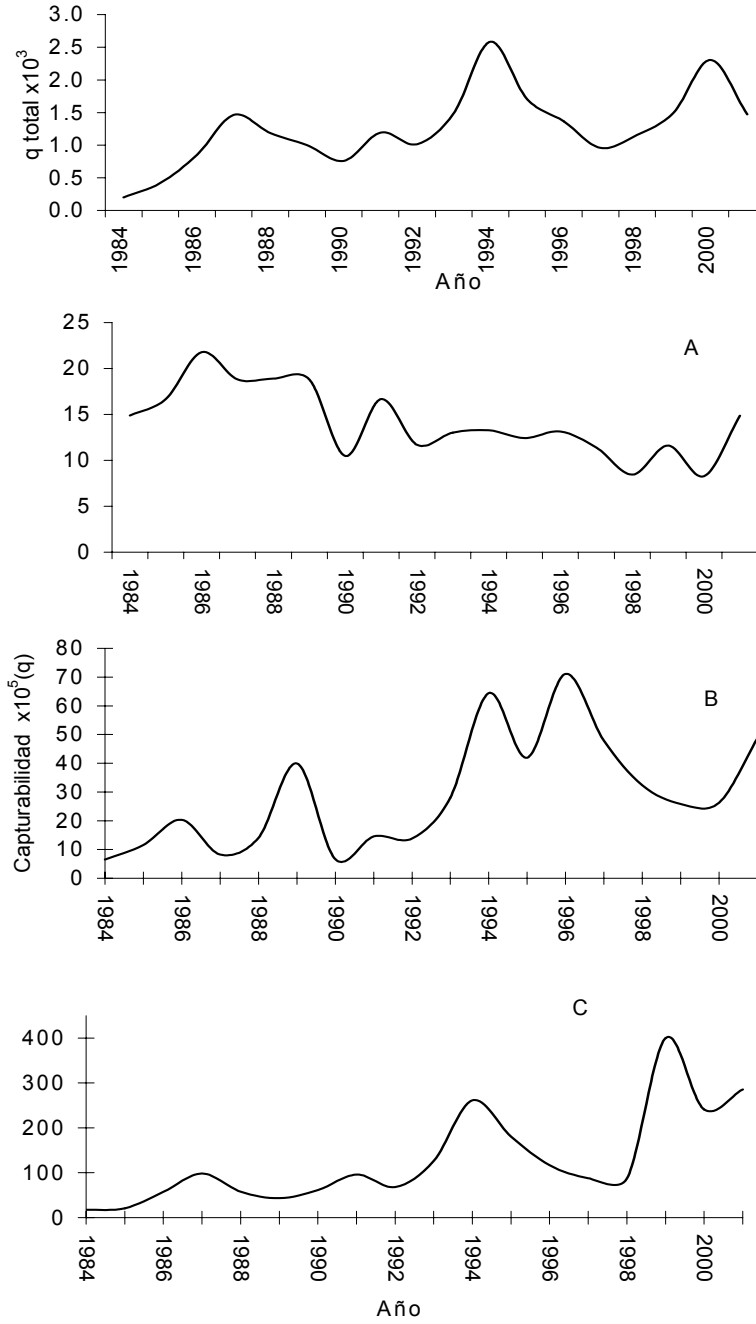


Figura 9.- Capturabilidad (q) resultante y por flotas (A) industrial (B) artesanal y (C) cubana en la pesca del mero durante el periodo 1984 -2002.

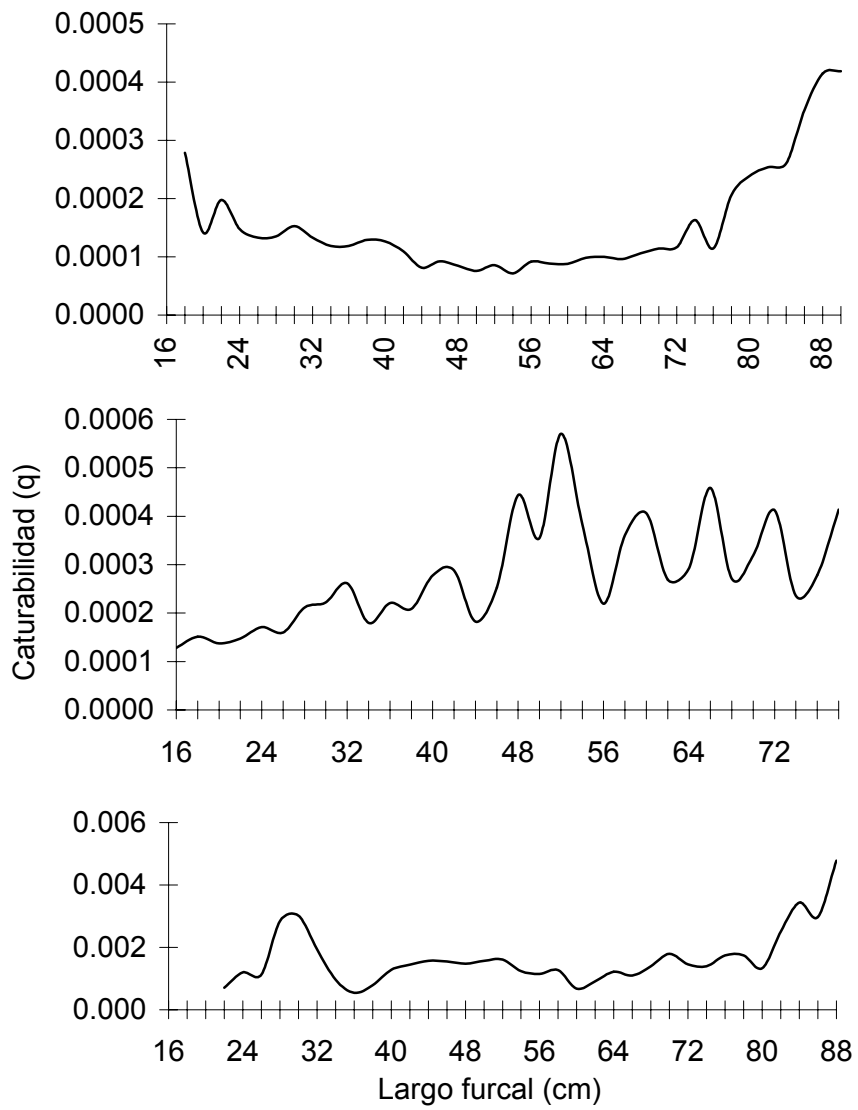


Figura 10.- Capturabilidad (q) del mero a la talla en las flotas (A) Industrial (B) artesanal y (C) cubana durante el periodo 1984 -2002.

## Capturabilidad como función del tiempo

Se analizó la variación de la capturabilidad con el tiempo de forma anual a partir de la ecuación  $\ln [q(\ell, t)/q(\ell, \bullet)] = \alpha_1(t) + \beta_1(t) \ell$  (Arreguín-Sánchez y Pitcher 1999).

y se estimaron los valores  $\alpha_1(t)$  y  $\beta_1(t)$ .

donde,  $q$  : coeficiente de capturabilidad al largo  $\ell$  en el tiempo  $t$ .

El símbolo  $(\bullet)$  representa el nivel promedio de la población durante un periodo de tiempo en el cual se asume que es razonablemente estable. El intercepto  $\alpha_1(t)$  en la ecuación es interpretado como la vulnerabilidad relativa de los peces pequeños y como un índice de la abundancia relativa de los reclutas. La pendiente  $\beta_1(t)$  expresa la tasa de cambio de capturabilidad a la talla respecto al promedio, o en otras palabras, la anomalía de la media de la capturabilidad respecto al largo. La tabla III muestra los valores anuales de  $\alpha_1(t)$  y  $\beta_1(t)$ , y  $R^2$  obtenidos para las tres flotas.

Tabla III.- Parámetros de la ecuación  $\ln [q(\ell, t)/q(\ell, \bullet)] = \alpha_1(t) + \beta_1(t) \ell$  para las flotas industrial, cubana y artesanal que capturan mero en el Banco de Campeche. (\* $P \leq 0.10$ ; \*\* $P \leq 0.02$ ; \*\*\* $P \leq 0.01$ )

| Year | Flota industrial |               |           | Flota cubana   |               |           | Flota artesanal |               |           |
|------|------------------|---------------|-----------|----------------|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|
|      | $\alpha(\tau)$   | $\beta(\tau)$ | R2        | $\alpha(\tau)$ | $\beta(\tau)$ | R2        | $\alpha(\tau)$  | $\beta(\tau)$ | R2        |
| 1984 | -1.635           | 0.020         | 0.427 *** | -1.430         | 0.019         | 0.547 *** | -3.351          | 0.052         | 0.811 *** |
| 1985 | -0.302           | 0.001         | 0.018     | -0.690         | 0.010         | 0.408 *** | -0.706          | 0.011         | 0.379 *   |
| 1986 | 0.355            | -0.012        | -0.218    | -0.879         | 0.010         | 0.147     | 0.721           | -0.016        | 0.502 *** |
| 1987 | -1.085           | 0.009         | 0.157     | 0.157          | -0.009        | -0.180    | -1.754          | 0.026         | 0.445 **  |
| 1988 | -2.082           | 0.027         | 0.474 *** | -0.525         | 0.002         | 0.027     | 0.158           | -0.004        | -0.213    |
| 1989 | -1.756           | 0.024         | 0.345     | 0.030          | -0.011        | -0.154    | 0.321           | -0.008        | -0.322    |
| 1990 | -0.775           | 0.002         | 0.027     | 0.030          | -0.011        | -0.154    | -0.569          | 0.008         | 0.307     |
| 1991 | -1.433           | 0.020         | 0.485 *** | -0.163         | 0.001         | 0.027     | 0.542           | -0.012        | 0.485 *** |
| 1992 | -0.250           | -0.005        | -0.069    | 0.346          | -0.010        | -0.252    | -0.745          | 0.005         | 0.076     |
| 1993 | -1.110           | 0.012         | 0.189     | 0.082          | -0.008        | -0.155    | -2.149          | 0.034         | 0.419 **  |
| 1994 | -0.040           | -0.006        | -0.157    | -0.746         | 0.001         | 0.010     | -2.292          | 0.034         | 0.629 *** |
| 1995 | -1.674           | 0.024         | 0.382 *** | -0.355         | 0.003         | 0.095     | -4.502          | 0.068         | 0.627 *** |
| 1996 | 0.128            | -0.013        | -0.200    | -0.869         | 0.013         | 0.548 *** | -2.866          | 0.055         | 0.436     |
| 1997 | -0.999           | 0.010         | 0.199     | -1.124         | 0.016         | 0.547 *** | 0.210           | -0.010        | -0.183    |
| 1998 | -1.092           | 0.013         | 0.233 *   | -0.745         | 0.009         | 0.287 *   | 0.129           | -0.011        | -0.155    |
| 1999 | -0.022           | -0.010        | -0.143    | -0.020         | -0.008        | -0.149    | -2.946          | 0.051         | 0.529 *** |
| 2000 | -0.462           | 0.000         | 0.009     | -1.172         | 0.019         | 0.863 *** | -1.135          | 0.021         | 0.490 *** |
| 2001 | -3.964           | 0.058         | 0.716 *** | -3.455         | 0.049         | 0.861 *** | -1.784          | 0.030         | 0.421 *   |

La figura 11 muestra la regresión de  $\ln [U(\ell,t) / U(\ell,\bullet)] = \ln [q(\ell,t)/q(\ell,\bullet)]$  contra el largo, esta muestra las desviaciones del patrón de capturabilidad por tallas respecto al equilibrio.

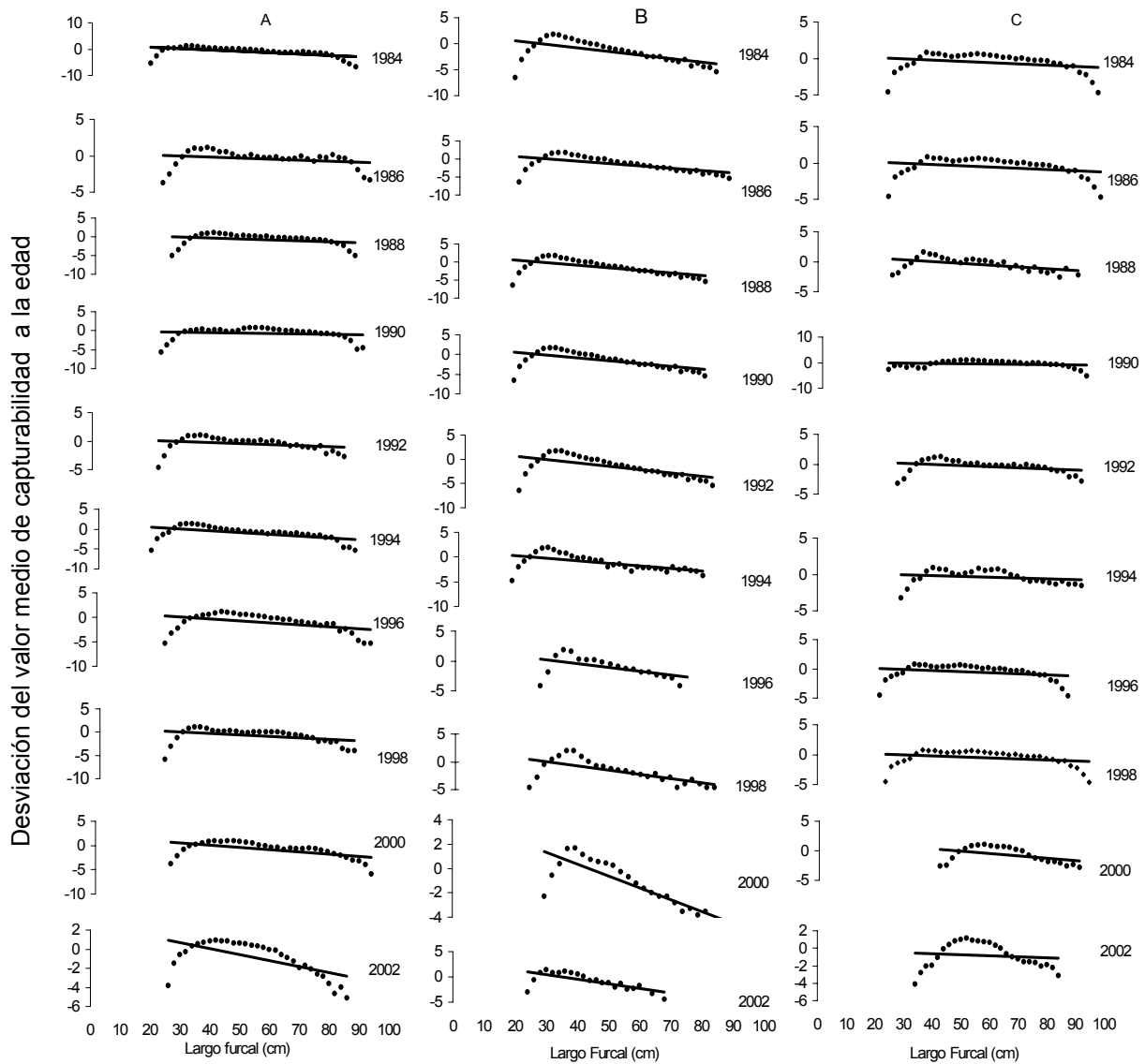


Figura 11. –Tendencias anuales del cambio de  $\ln [U(\ell,t)/U(\ell,\bullet)]$  con el largo para la flota industrial (A), artesanal (B) y cubana (C) en la pesquería de mero. Se representan las desviaciones del patrón de capturabilidad por tallas respecto al equilibrio.

La tendencia anual del cociente  $\ln [U(\ell,t) / U(\ell,\bullet)]$  para la flota industrial y artesanal muestra una tendencia hacia la disminución con las mayores tallas hacia finales del periodo.

### **Diferencias de capturabilidad entre las flotas**

Siguiendo la ecuación  $\ln [q(g,\ell,t)/q(h,\ell,t)] = \alpha_2(f) + \beta_2(f) \ell$  se evaluaron las diferencias de tres periodos (décadas de los años 80, 90 y años 2000-2002) entre la capturabilidad de las tres flotas durante el periodo 1984–2002. El símbolo g y h identifican dos flotas diferentes, por lo que q (g, $\ell$ ,t) es la capturabilidad de la flota g correspondiente al largo  $\ell$  en el tiempo t. En este caso el intercepto  $\alpha_2(f)$  es la diferencia relativa en capturabilidad entre flotas para los peces pequeños y la pendiente  $\beta_2(f)$  refleja diferencias en desempeño pesquero medido como la anomalía en la capturabilidad de la flota g con respecto a la flota h.

La figura 12 muestra las tendencias de las diferencias de capturabilidad de tallas entre flotas. La figura 12(A) muestra las tendencias entre la flota industrial y la flota cubana, se aprecia que la capturabilidad de los individuos juveniles (20 a 50 cm Lh) es mayor para la flota industrial que para la cubana, esta diferencia en capturabilidad se incrementa a partir del año 2000. La capturabilidad de los adultos (> 50 cm) se mantiene en niveles semejantes en ambas flotas.

La figura 12(B) muestra las tendencias entre la flota industrial y artesanal. La capturabilidad de los juveniles (20 a 50 cm) es mayor para la flota artesanal que para la industrial. Los individuos más viejos (>70 cm) fueron más accesibles a esta flota en la década de los años 80 y 90, lo cual se incrementa a partir del año 2000 (cuando la flota industrial busca más profundidad en la captura).

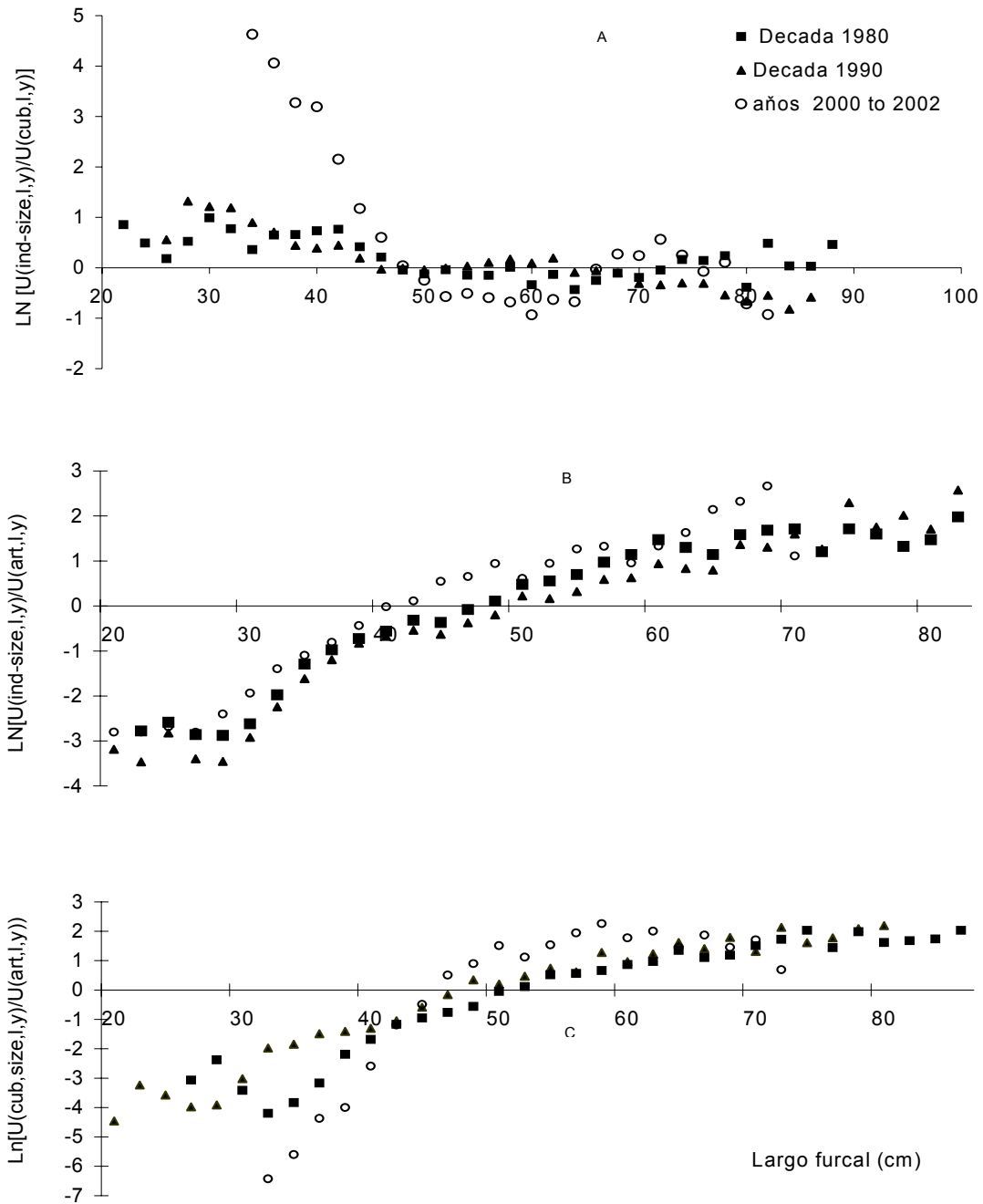


Figura 12. Tendencias de las diferencias de capturabilidad de tallas entre flotas (A: ind-cub; B: ind-art y C: cub-art) para tres etapas durante el periodo 1984 – 2002, según la ecuación  $\text{Ln}[q(g, \ell, t)/q(h, \ell, t)] = \alpha_2(f) + \beta_2(f) \cdot \ell$ . Los valores positivos indican mayor vulnerabilidad y los cercanos a cero indican equivalencia de vulnerabilidad entre flotas.



El cambio de capturabilidad entre estas flotas ocurría en los 50 cm en la década de los años 80 y 90 mientras que en la actualidad (años 2000) los peces a partir de 40 cm son más probables de ser capturados por la flota industrial, lo cual se debe a un cambio de la estrategia de pesca de esta flota incrementando  $q$  en esta talla. La figura 12(C) muestra las tendencias de la flota cubana en comparación con la artesanal, se aprecia que en individuos inmaduros ( $< 50$  cm) la capturabilidad en la flota artesanal es mayor que para la cubana, no obstante, a partir del año 2000 la capturabilidad de estos peces disminuye para la flota cubana. Los peces mayores de 50 cm cambian su capturabilidad durante las tres etapas analizadas, incrementándose  $q$  a partir del año 2000 y los individuos mayores de 70 cm no son accesibles a la flota cubana como en las dos décadas anteriores.

### **Cantidad de pesca y capturabilidad denso-dependiente**

Los valores de  $\beta_1(t)$  de la tabla III fueron graficados contra el esfuerzo en el tiempo  $t$ . La magnitud y signo de  $\beta_1(t)$  suministra información sobre cambios en la densidad de la población. Un signo negativo significa que para bajos nivel de pesca,  $q$  se incrementará con la talla de los peces. La figura 13 muestra las tendencias de la flota industrial (figura 13A) y artesanal (figura 13B) ambas tendencias son positivas a pesar de que la primera muestra la mayoría de los valores negativos mientras la segunda posee la mayoría de estos positivos. En ambas flotas disminuye la  $q$  con el incremento del esfuerzo. Este patrón está más definido para la flota industrial, ya que la flota artesanal presenta mayor dispersión de los valores. En la flota cubana (figura 13C) se aprecian dos tendencias, una ascendente durante el periodo 1984-1993 semejante a las anteriores y otra descendente durante 1994-2001 que caracteriza la situación actual de la flota, donde existe una reducida zona de pesca en

profundidades donde se favorece la captura de ejemplares mayores con el incremento del esfuerzo.

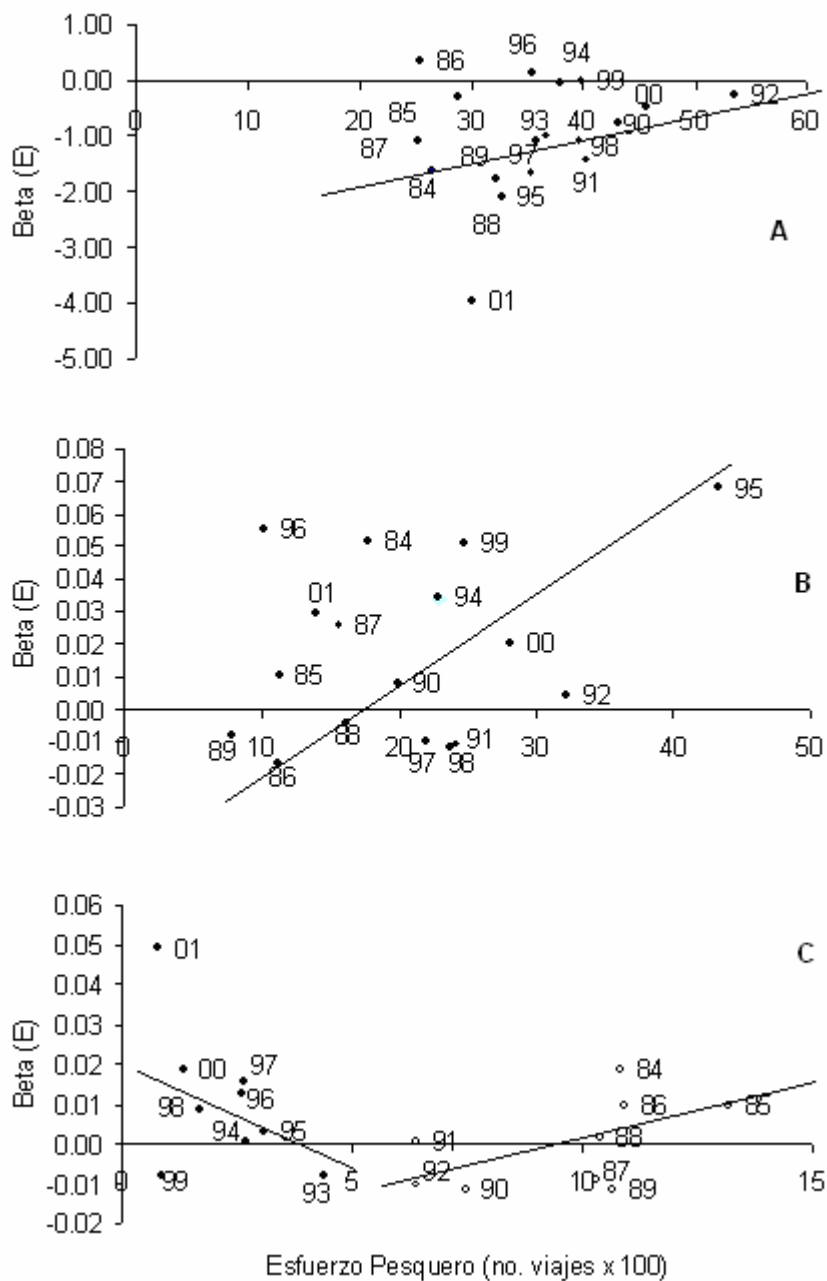


Figura 13. Estimación del efecto denso-dependencia en el patrón largo – capturabilidad para el periodo 1984 -2001. A: flota industrial; B: flota artesanal y B: flota cubana.

### **3.6 Mortalidad por Pesca (F)**

La estimación de la mortalidad por pesca se obtuvo a partir de los valores de capturabilidad a la edad y el esfuerzo estandarizado de cada flota. La figura 14 muestra las variaciones de la mortalidad por pesca en la pesquería del mero así como la correspondiente a cada una de las flotas.

Se aprecia el incremento ocurrido en la flota artesanal a partir del año 1996 hasta finales del periodo (figura 14B), lo cual aumenta la secuencialidad en la pesquería limitando la captura de las otras flotas, situación que afecta fundamentalmente a la flota cubana a partir del mismo año. A final del periodo la flota industrial disminuye la mortalidad como producto del decremento del esfuerzo pesquero en la búsqueda de rentabilidad de la pesquería. La mortalidad por pesca total se incrementa variando de 0.34 en 1984 a 0.88 en el 2001, se observan valores elevados de F en los años 1987, 1994 y 1999 motivados por altos valores de q de las flotas cubana (1987) y artesanal (1994 y 1999) (figura 14B).

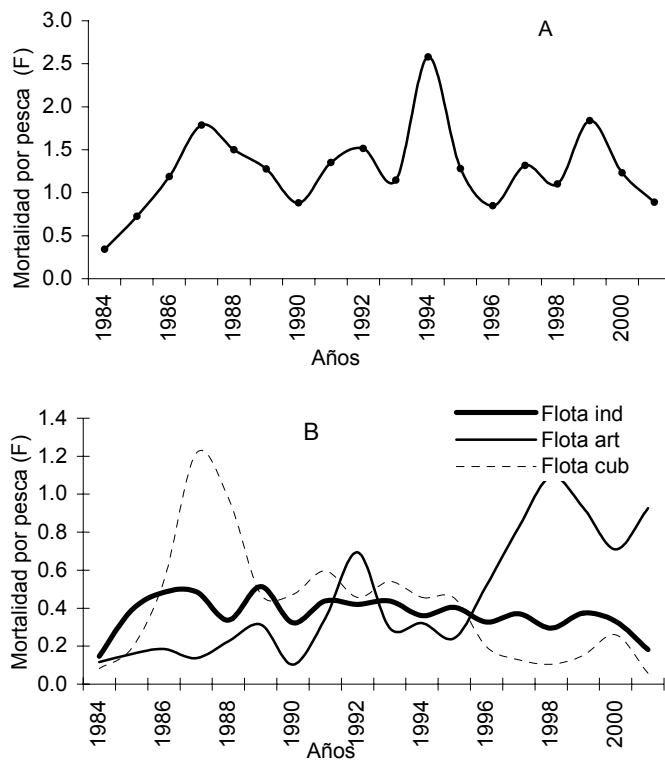


Figura 14. Variación de la mortalidad por pesca ( $F \text{ año}^{-1}$ ), (A): total anual de la pesquería; (B): Anual de las flotas en la pesca de mero del Banco de Campeche.

### 3.7 Solapamiento de tallas capturadas

La distribución geográfica de las flotas determina diferentes grados de vulnerabilidad de los peces al arte de pesca, dado el gradiente de distribución por tallas con la profundidad que presenta el mero (González et al., 1974<sup>a</sup>). La figura 15 muestra las proporciones de captura por edad para cada una de las flotas que capturan mero. Se aprecia con claridad la superposición de las tallas capturadas a partir de los individuos de 2 años, edad a partir de la cual comienza a ser capturado.

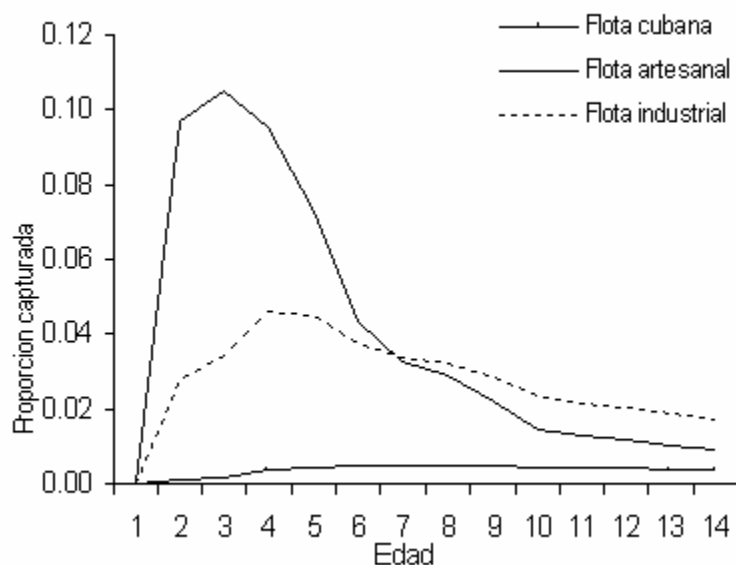


Figura 15. Proporción de tallas capturadas por las flotas en el Banco de Campeche durante el periodo 1990 - 2003.

Las estimaciones del solapamiento de tallas entre las flotas la Industrial y artesanal muestran un 90 %, mientras que ente la industrial y la cubana es de un 55% (tabla IV). La flota cubana y la artesanal muestran un solapamiento del 53 %. Comparando estos valores con los obtenidos en años precedentes (Moreno et al., 1991),

Tabla IV.- Valor del solapamiento entre las tallas de mero capturadas por las flotas (%) en el Banco de Campeche.

| Flotas                 | Autores            |              |
|------------------------|--------------------|--------------|
|                        | Moreno et al. 1991 | Este trabajo |
| Industrial y cubana    | 52-57              | 55           |
| Industrial y artesanal | 60                 | 90           |
| Cubana y artesanal     | 12-18              | 53           |

se aprecia su incremento de forma sustancial. Este factor reviste especial importancia si tenemos en cuenta el estado de sobre explotado del recurso establecido por Moreno et al. (1997) y la disminución de su biomasa.

### **3.8 Tamaño de la Población**

El tamaño de la población (1 a 14 años de edad) en número se reduce de 121.5 millones en 1984 a 33.7 millones en el años 2001 lo que representa una reducción al 27 % durante el periodo. Por su parte el número de individuos adultos (3 a 14 años) se reduce en el año 2001 a un 30 % respecto al inicial ( $96.4 \times 10^6$  ind.), lo cual significa una disminución sustancial si tenemos en cuenta lo que estos representan para las clases anuales que se incorporan a la pesca (Figura 16).

La biomasa al final del periodo es de 67.9 mil t. lo que constituye una reducción al 26 % en peso, cifra cercana a la obtenida por Hernández *et al.* (1999) (69 mil t) y Monroy et. al. (2001) (60 mil t). En evaluaciones previas del recurso (Moreno *et al.*, 1997) se designaron los Puntos de Referencia Limite (PRL) y Objetivo (PRO) como 74 000 t y 120 000 t respectivamente, lo cual significa que la biomasa actual se encuentra por debajo del *PRL* y *PRO*.

Esta disminución de la biomasa se refleja en las capturas de las flotas donde el rendimiento (Cpue) se han reducido en un 32 % al igual que los correspondientes a los Cruceros de investigación.

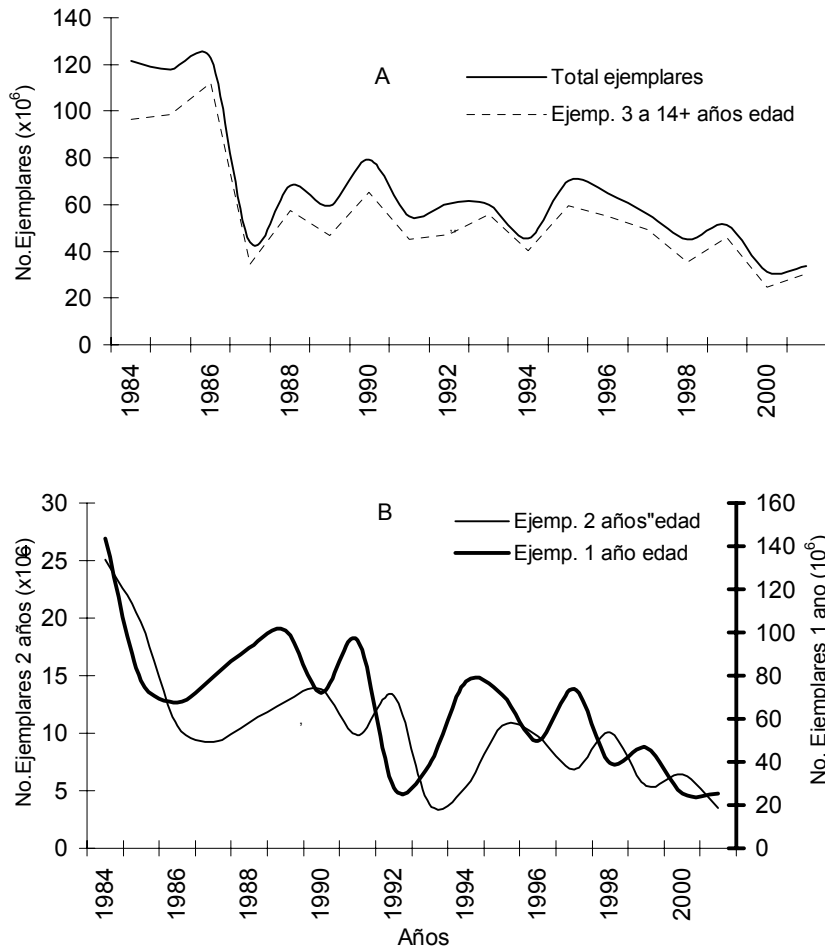


Figura 16.- Variación anual del número de individuos en la población de mero del Banco de Campeche. (A): Total ejemplares y 3 a 14 años; (B): 1- 2 años de edad.

El reclutamiento correspondiente a los individuos a 1 año de edad muestra disminuciones durante los años 1986, 1990, 1992 y 1996 y a partir del año 1997 existe una tendencia a la disminución. En los individuos de dos años se presentan estas características como es de esperarse por la disminución en el año anterior de los individuos más jóvenes. Por su parte los ejemplares a partir de los 3 años de

edad también presentan una tendencia a la disminución lo que se manifiesta en las capturas de las flotas cubana e industrial mexicana.

La vulnerabilidad promedio de la biomasa disponible es cercana a 1 en la flota industrial y cubana durante todo el periodo, no así en la flota artesanal donde la vulnerabilidad de la biomasa disponible solo se acerca a 1 a partir del año 1997 (Figura 17). Por su parte la variabilidad de la vulnerabilidad en la flota industrial se mantiene hasta la edad 8 mientras que en la artesanal esta variabilidad solo se manifiesta hasta la edad 5 a partir de la cual la vulnerabilidad es cercana a 1. En la flota cubana la variabilidad se mantiene en casi todas las edades de la captura.

La captura observada y estimada se ajustan mejor en las flotas cubana e industrial que en la artesanal lo cual influye en los resultados de la vulnerabilidad cercana a 1 en ambas flotas durante el periodo.

### **3.9 Relación Stock-Reclutamiento**

La tabla V muestra los resultados de los parámetros obtenidos en cada modelo analizado, así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de su ajuste.

La relación Stock-Reclutamiento obtenida para ambos indicadores de la abundancia muestra mejor ajuste con el correspondiente entre individuos de un año y el número de huevos producidos y en particular con los modelos de Ricker (1954) y generalizado de Schnute (1985). Estos modelos explican la relación entre ambos variables con un 22.4 y 23.1 % de dependencia.



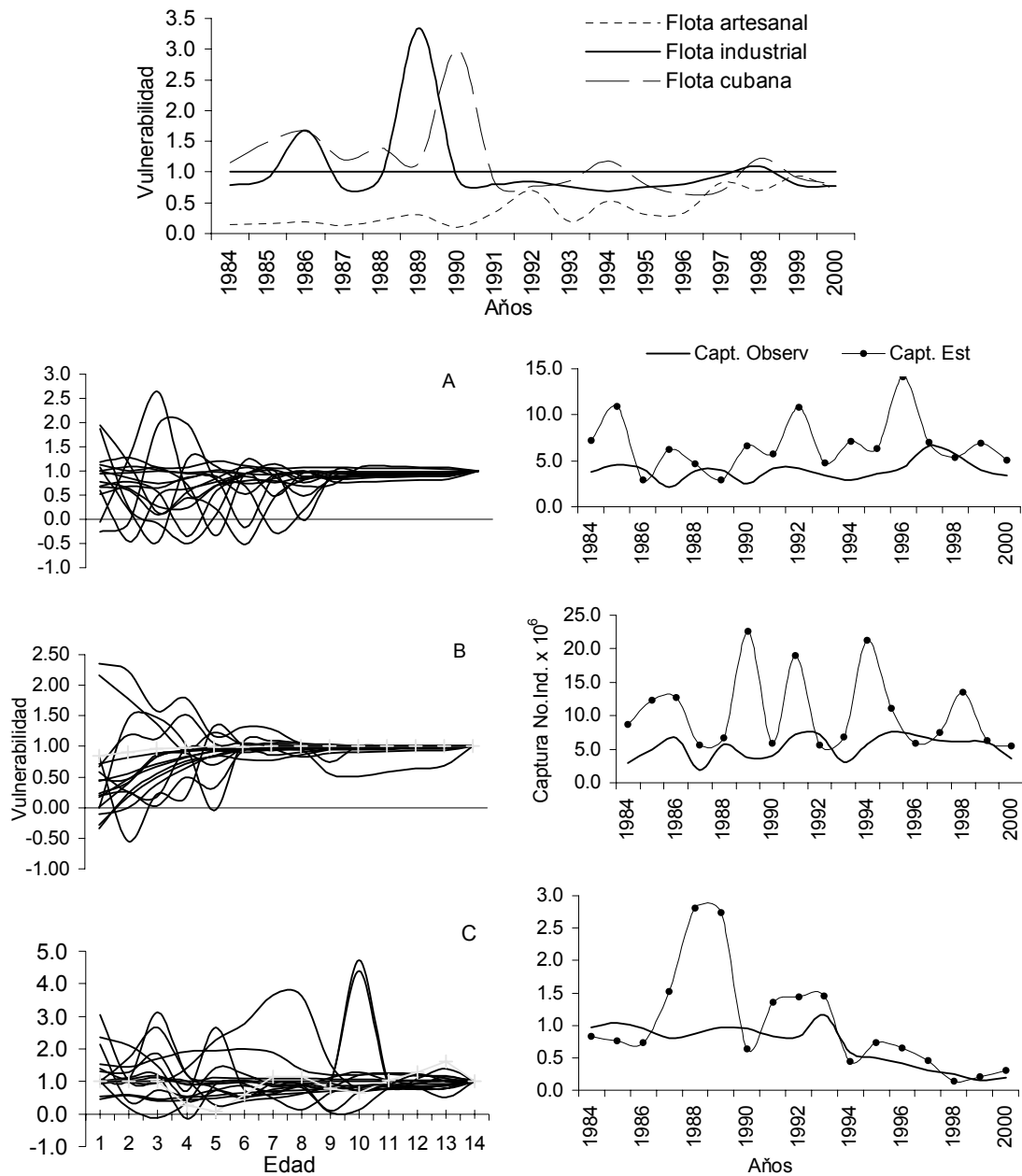


Figura 17. Variación de la vulnerabilidad anual de los peces a ser capturados por las flotas, captura estimada y observada, así como la vulnerabilidad en cada una de ellas (A, industrial; B, artesanal y C, cubana).

Tabla V. Parámetros estimados en la relación de Stock – Reclutamiento,  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta),  $\gamma$  (gamma), así como el coeficiente de determinación,  $R^2$ , obtenido en cada modelo.

| <b>Relación S/R - individuos de 1 año y número de hembras de 3 a 14+ años</b> |                   |                  |                  |       |  |
|---|-------------------|------------------|------------------|-------|--|
| Modelo  | Parametros        |                  |                  | $R^2$ |  |
|   | $\alpha_a$ (alfa) | $\beta_b$ (beta) | $\gamma$ (gamma) |       |  |
| Denso-Independiente   | 1.6181            | *                | - inf            | 9.1   |  |
| Beverton y Holt (1957)  | 4.655             | 0.0435           | -1               | 8.3   |  |
| Ricker (1954)   | 2.8879            | 0.0129           | 0                | 7.6   |  |
| Schaefer (1954)   | 2.4624            | 0.0074           | 1                | 7.7   |  |
| Deriso-Schnute (1985)   | 5.5226            | 0.0626           | -1.161           | 8.5   |  |

| <b>Relación S/R - individuos de 1 año y número promedio de huevos</b> |                   |                  |                  |       |   |
|---|-------------------|------------------|------------------|-------|---|
| Modelo  | Parametros        |                  |                  | $R^2$ | Formula   |
|   | $\alpha_a$ (alfa) | $\beta_b$ (beta) | $\gamma$ (gamma) |       |   |
| Denso-Independiente   | 1.4156            | *                | - inf            | 15.9  | $R = 1.4156 S$                                    |
| Beverton y Holt (1957)  | 2.0471            | 0.0109           | -1               | 20.3  | $R = 2.0471 S / (1 + 0.0109 S)$                   |
| Ricker (1954)   | 1.9752            | 0.0078           | 0                | 22.4  | $R = 1.9752 S \exp^{-0.0078 S}$                   |
| Schaefer (1954)   | 1.2               | 0.0008           | 1                | 15.3  | $R = 1.200 S (1 - 0.0032 S)$                      |
| Deriso-Schnute (1985)   | 1.7278            | 0.0032           | 2.4228           | 23.1  | $R = 1.7278 S (1 - 0.0032 * 2.4228 S)^{1/2.4228}$ |

La figura 18 muestra el comportamiento de ambos modelos respecto al tamaño del stock, demostrando un efecto denso dependiente para ambos, al aumentar la población disminuye el reclutamiento. Los valores anuales de reclutamiento observados y estimados por ambos modelos son similares.

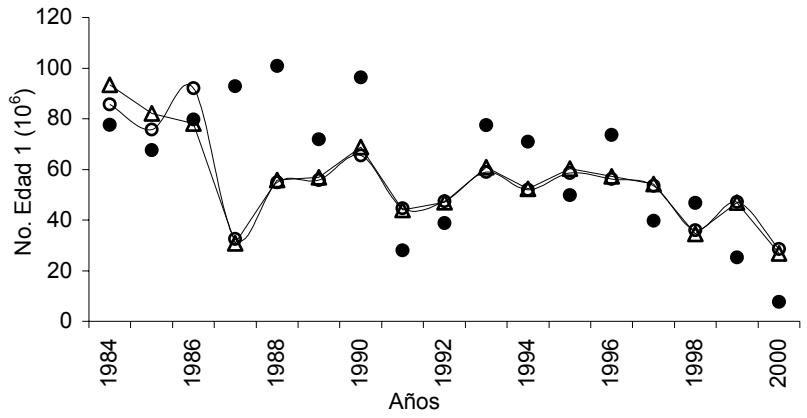
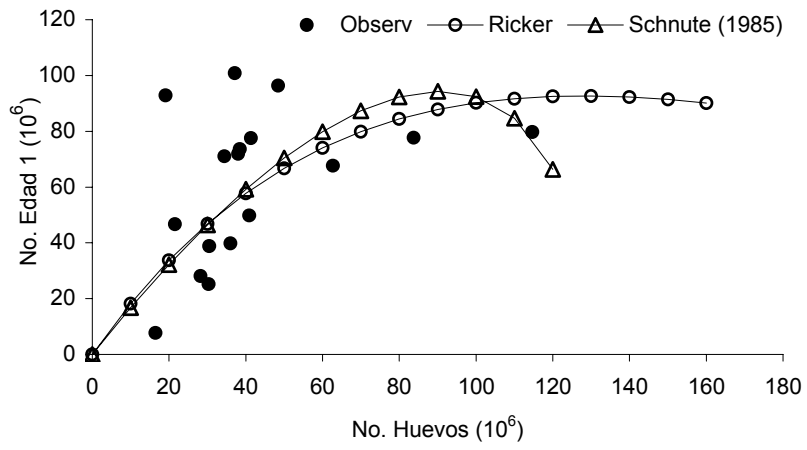


Figura 18 Curvas de relación Stock - Reclutamiento según los modelos de Ricker (1954) y Schnute (1985). Reclutamiento anual observado y estimado según estos modelos en el mero del Banco de Campeche.

### 3.10 Simulación

## Cuotas de captura

Con el objetivo de estimar la probabilidad de que la biomasa sobrepase un nivel por encima del *PRL* de 74,000 t y alcance el *PRO* de 120,000 t, se simularon tres escenarios de manejo a corto, mediano y largo plazo con la participación de las tres flotas y manteniendo la proporción de la captura promedio registrada, en el último año, por cada una de las cuotas. (Figura 19). Se aprecia la recuperación de la biomasa al nivel del *PRL* para los tres escenarios, en el año 2008 para la cuota de 8,310 t, en el año 2007 para la cuota de 7,500 t y en el 2006 para la cuota de 6,500 t manteniendo la proporción de participación actual de las flotas. El *PRO* (120,000 t) no se alcanza en ningún caso antes del año 2022 (fin de la simulación).

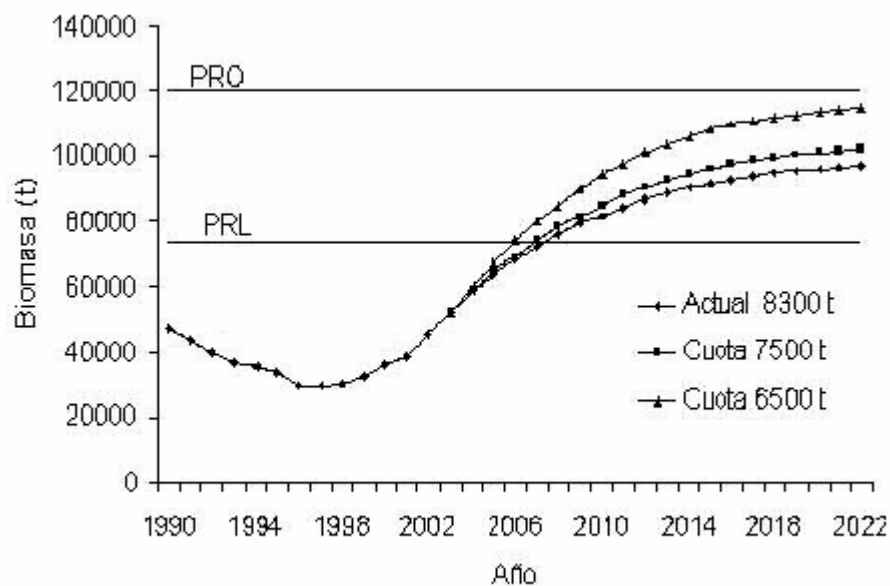


Figura 19. Probabilidad de recuperación de la biomasa al *PRL* y *PRO* manteniendo la proporción de participación de las tres flotas y con tres cuotas de captura.

## Exclusión de flotas

Los resultados de la simulación de la eliminación de cada flota con reemplazos consecutivos y un nivel de captura de 8300 t se presentan en la Figura 20. Este muestra el impacto que tiene cada una de las flotas por separado en la biomasa de la población.

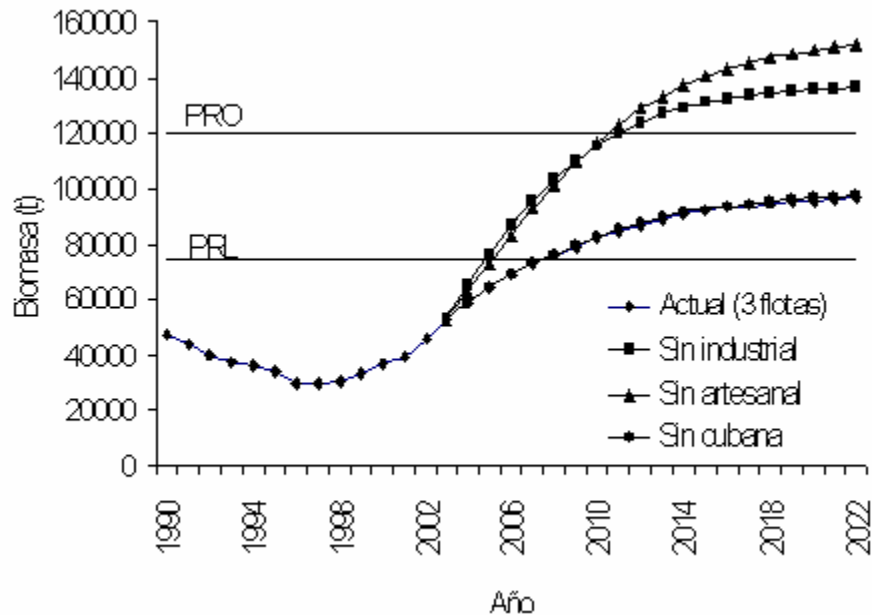


Figura 20. Simulación del comportamiento de la biomasa vulnerable al excluir alguna de las flotas actualmente en operación en la pesquería de mero.

Al excluir a la flota Industrial, el recurso puede recuperarse al *PRL* en el corto plazo (año 2005) y al *PRO* en el mediano plazo (año 2012). Al excluir a la flota artesanal el recurso podría recuperarse al nivel de *PRL* en el corto plazo (año 2006) y al nivel del *PRO* en el mediano plazo (año 2011). Estas flotas son las que mayor impacto causan en la biomasa vulnerable de mero ya que capturan en conjunto el 99 % de la captura total en el Banco de Campeche. La flota cubana es la que impacta en menor grado a la biomasa vulnerable del mero en el Banco de Campeche. Esto es debido al escaso aporte (en la actualidad) de la misma a la captura (1%). La recuperación del recurso

al eliminar esta flota tendrá prácticamente el mismo comportamiento que al operar todas las flotas.

### **3.11 Rendimiento por reclutas (Y/R)**

La figura 21 muestra el rendimiento por recluta y la biomasa por recluta (B/R) para el mero. La variación de la edad de primera captura ( $T_c$ ) de 2 a 3 años muestra incrementos en el máximo de Y/R de 0.8 a 0.93 kg/r. Con una  $T_c = 4$  años el máximo es semejante al de  $T_c = 3$  además de ser una edad de primera captura imposible de implementar en la actualidad. Se aprecia que con un  $T_c = 3$  años se alcanza el máximo con una reducción del 40 % de la F actual, corroborando la necesidad de una disminución del esfuerzo pesquero y a un 12 % de la biomasa por recluta virgen. La edad de primera captura actual es de 2 años de edad y a partir de 3 son completamente reclutados a la pesca (edad de primera maduración), lo cual no hace sustentable la pesquería y se requiere de medidas de manejo que propicien el incremento de la talla de primera captura.

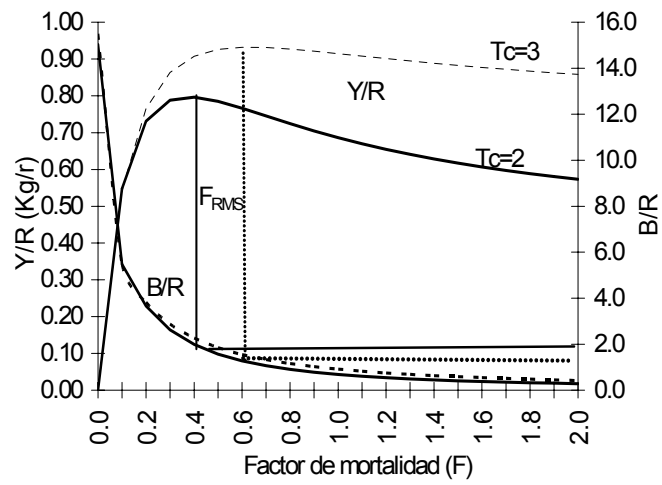
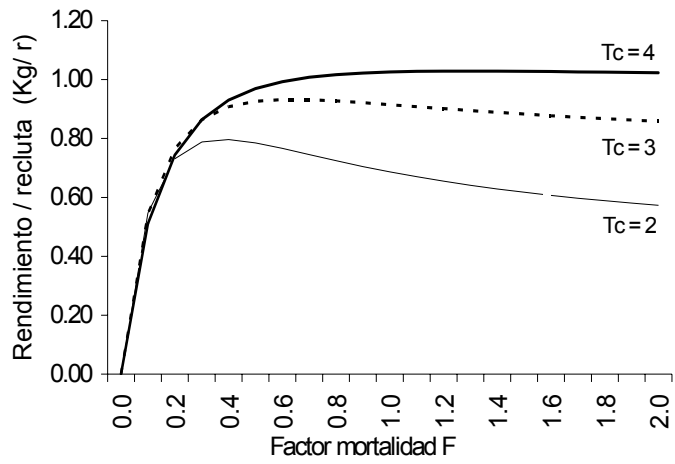


Figura 21. Rendimiento ( $Y/R$ ) y la biomasa por recluta ( $B/R$ ) variando la edad de primera captura ( $T_c$ ) del mero en el Banco de Campeche.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Discusión de los resultados

La pesquería de mero se encuentra en fase de declinación habiéndose decretado su estado de sobreexplotación por Hernández et al. (1999). Durante los últimos trece años la composición por tallas obtenida tanto en la captura total como en cada una de las flotas se aprecia que la mayoría de los individuos (50 % en la captura total; 40 % flota Industrial, 80 % flota artesanal y 19 % en flota cubana) son capturados con tallas menores a la correspondiente de la primera maduración, lo cual no hace sustentable la explotación del recurso. Durante este periodo las tallas medias presentes en las capturas de las flotas no muestran disminución respecto a los años anteriores a pesar de la disminución de la biomasa. La moda total de 36 cm (Lf) obtenida es similar a la observada por Doi *et al.* (1981): 32-42 cm y superior a la observada por Hernández *et al.* (1999): 34.5 cm para la misma población. Estos solo tienen en cuenta las capturas de las flotas de mediano porte (cubana e industrial mexicana) y no la artesanal mexicana lo que puede sobre estimar esta moda. El mantenimiento de la talla media puede ser explicado por la expansión de las flotas a profundidades mayores obteniendo tallas superiores en las capturas y menos tallas pequeñas. Este cambio se comienza a mostrar a partir del año 2001 donde los individuos de 5 años incrementan su representación y disminuye la de 3 años.

La práctica convencional asume la mortalidad natural como constante para todas las tallas que participan en la pesquería, lo cual no es muy exacto para especies de vida larga como el mero. La tabla VI muestra los valores de la mortalidad natural estimada



por varios autores. Las variaciones de M estimada por estos autores varían de  $0.22 \leq M \leq 1.22$  un rango amplio que puede acarrear sesgos en las estimaciones. Los valores de la mortalidad ofrecida por GIM para los estadios de huevo a adulto reflejan las características en cada uno de ellos, aportando por vez primera valores de M que permiten interpretar el comportamiento de las clases anuales desde su inicio.

Tabla VI.- Estimación de la tasa de mortalidad natural (M) realizada por varios autores en el mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche.

| Referencias                          | M año <sup>-1</sup> | Estadio         |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Muhlia (1976)                        | 0.20                | Adulto          |
| Moreno (1980)                        | 0.330               | Adulto          |
| Doi et. al. (1981)                   | 0.330               | Adulto          |
| Doi et. al., (1981)                  | 13. 6               | Huevo a juvenil |
| Chávez y Arreguín-Sánchez (1986)     | 0.437               | Adulto          |
| Chávez y Arreguín-Sánchez (1986)     | 0.371               | Adulto          |
| Guzmán (1986)                        | 0.371               | Adulto          |
| Arreguín-Sánchez et al., (1987a y b) | 0.397               | Adulto          |
| Salazar (1988)                       | 0.400               | Adulto          |
| Contreras et. al. (1994)             | 0.300               | Adulto          |
| Stiles and Burton (1994)             | 0.170               | Adulto          |
| Moreno et. al. (1997)                | 0.220               | Adulto          |
| Monroy (1998)                        | 0.240               | Adulto          |
| Burgos (1999)                        | 0.196, 0.31, 0.35   | Adulto          |
| Burgos (2004)                        | 0.16 , 0.35         | Adulto          |

El uso de la M a la edad aportados por GIM evita sesgos en las estimaciones del tamaño de la población ya que estima un valor de M para cada edad presente en la pesquería. Otras estimaciones que no consideran la variación en el valor de M introducen sesgos en las estimaciones, por sobrestimar o subestimar M en las edades mayores y menores respectivamente. En ausencia de estimaciones directas de M y a pesar de que el método no tiene en cuenta las condiciones ambientales, efectos denso – dependientes, la depredación, ni los eventos catastróficos en la

mortalidad natural, el enfoque propuesto por Caddy muestra estimados plausibles de  $M$ . Este modelo ha sido utilizado para especies de vida corta (un año) como el camarón y calamar (Royer et al., 2002; Ramírez-Rodríguez and Arreguín-Sánchez, 2003) y en especies de vida de mayor duración (7 años) como la sardina del pacífico, *Sardinops caeruleus*, con buenos resultados (Martínez- Aguiar et al., 2003).

La aplicación del modelo de capturabilidad propuesto por Arreguín-Sánchez (1996) y Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) a la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche permite identificar y analizar aspectos importantes de su desarrollo, que incluyen la capturabilidad de las flotas además de dar posibilidades de estimar la capturabilidad por clases de largo o edades para ser incorporados a modelos de evaluación. La variación anual de este parámetro (figura 9) demuestra que en la década del 90 la flota artesanal extiende su zona de pesca por la incorporación de nuevos barcos y motores que le permiten obtener mayor estancia en las áreas de pesca. Moreno et al. (1997) señalan un incremento en la tasa de explotación en la flota artesanal a partir de 1990 lo cual se refleja en el incremento de  $q$  a partir de este año. El nivel de captura de la flota menor se incrementa del 20 % en los años 60 y 70 al 40 % en 1995. Por su parte la flota industrial a pesar de realizar el mayor esfuerzo pesquero, su capturabilidad tiende a la disminución a finales del periodo. El mayor valor de capturabilidad observado en la flota cubana esta relacionado con la eficiencia del arte de pesca (palangre de 350 anzuelos operado por cada lancha) y disminución del esfuerzo pesquero el cual se considera en el cálculo de  $q$ . Generalmente el número de anzuelos en los palangres operados por las pangas (lanchas) de los barcos mereros mexicanos es mayor que los correspondientes a los barcos de la flota artesanal. A pesar de esta diferencia en

capturabilidad de las tres flotas (cubana > artesanal> industrial) el esfuerzo pesquero ejercido por la flota artesanal determina que la mortalidad por pesca ( $F$ ) de esta flota se incremente a partir de 1996.

El patrón de capturabilidad de la flota artesanal e industrial respecto a la talla ha cambiado. Comparando los resultados obtenidos por Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) durante el periodo 1975 -1987, con los del presente trabajo (1984 -2002), en la flota industrial se aprecia que durante la primera etapa este patrón mostraba valores de capturabilidad inferiores en ejemplares inmaduros (menores de 50 cm) y se incrementaba en las tallas superiores, lo cual no ocurre en la actualidad para esta flota, que posee valores semejantes para todas las tallas (Figura 10a). La flota artesanal en la actualidad (1990–2003) muestra un patrón de  $q$  similar al que presentaba la flota industrial durante el periodo 1975–1987, incrementándose en las tallas mayores de 50 cm. Estas circunstancias demuestran cambios sustanciales en las estrategias de pesca determinadas por la búsqueda de mayores capturas basadas tanto en ejemplares jóvenes como adultos. Arreguín-Sánchez y Pitcher (1999) señalan la importancia del incremento de  $q$  durante la agregación reproductiva del mero.

A partir del año 2000 se incrementa sustancialmente el coeficiente de capturabilidad lo que representa un síntoma del estado de sobreexplotación del recurso. Respecto al coeficiente de capturabilidad, Arreguín – Sánchez (1992) reporta que este puede ser considerado constante hasta los 50 cm de longitud, talla a partir de la cual se incrementa su valor y varianza, alcanzando mayores valores durante la época de desove cuando existen agrupaciones de peces para el desove y son más vulnerables al arte de pesca.

Palohemio y Dickie (1964) señalan por primera vez que la "q" varia en función de la abundancia de la población explotable, siendo la tendencia más común que "q" se incremente con el tiempo y la población disminuya con incrementos de la presión de pesca. En este caso la variación de la población se explica en un 53 % por el incremento de "q", este valor está determinado por la variabilidad de las flotas que capturan el mero. En la pesca del mero este incremento de "q" se aprecia en la flota artesanal no así en la industrial y la cubana. Cuando la abundancia es menor, cada unidad de esfuerzo captura una parte importante de la población, la cual se incrementa en épocas de concentración en un área restringida del Banco de Campeche, como ocurre en la porción Oriental del Banco durante el desove. Es necesario considerar además el conocimiento por parte de los pescadores de los posibles movimientos del recurso en el área, lo cual hace más susceptible este a los artes de pesca.

Las tendencias de la capturabilidad entre flotas muestran la probabilidad de captura de las tallas a cada una de ellas, lo cual es importante en una población sobreexplotada donde una limitación en la mortalidad de ciertas tallas puede incrementar la supervivencia de la población desovadora y los reclutas.

En la pesquería existen dos etapas bien definidas. En años previos a 1996 cuando la densidad de la población permite variaciones del esfuerzo pesquero y a partir de 1996 cuando se incrementa la mortalidad por pesca de la flota artesanal. En la evaluación realizada por Hernández et al. 1999 se comienza a considerar la población en un estado de sobre explotación siendo la principal manifestación la reducción de la Cpue de las flotas comerciales. Todo parece indicar que el

incremento de las capturas ocurrido a partir de 1990 en la flota artesanal deteriora el estado de la población de mero del Banco de Campeche.

La aplicación del modelo de capturabilidad permitió la estimación de la mortalidad por pesca a la edad para cada flota, la cual describe adecuadamente la participación de cada flota y posibilita su aplicación en estimaciones del tamaño de la población. La mortalidad por pesca ( $F$ ) de esta pesquería fue estimada por Contreras *et al.* (1994) durante el periodo (1973 – 1987) y señala que los valores de  $F$  para las edades entre 3 – 5/6 se mantienen en niveles semejantes (0.2 – 0.4) durante el periodo y para el resto de las edades en valores de 0.2.

Los resultados obtenidos muestran el incremento de la  $F$  para la edad 2 lo cual coincide con el desarrollo de la flota artesanal durante los años (1991 – 2000) y confirma un incremento de la presión de pesca sobre los ejemplares jóvenes de la población. El incremento del valor de la mortalidad por pesca ( $F$ ) esta acorde con lo mencionado por Burgos (1999) quien señala un incremento de la mortalidad total ( $Z$ ) durante los últimos años, lo cual es un reflejo del incremento de la mortalidad por pesca. Al inicio del periodo (1984) la tasa de explotación ( $E$ ) tenía un valor de 0.4 valor que se incrementa a nivel de 0.7 en 1986 y se mantiene hasta el año 2000. Durante el año 2001 disminuye a 0.63 fundamentalmente por disminución de  $F$  en la flota industrial.

Resulta significativo el incremento de la superposición de las tallas capturadas por las flotas durante el presente estudio (1990-2003) comparados con las obtenidas por Moreno *et al.* (1991), lo cual esta determinado por la expansión de la flota artesanal (Tabla IV). González-Cano *et al.* (1993) señalan signos de interferencias entre flotas

a inicios de los 90's lo cual sugiere una explotación al máximo de su capacidad biológica (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1997).

Teniendo en cuenta la fase de "declinación" (Giménez *et al.*, 2005) en que se encuentra la pesquería, resulta importante los valores de solapamiento entre las tallas capturadas por las flotas que explotan el recurso. En este sistema, donde la flota cubana recibe cuotas de capturas anuales y realiza menos esfuerzo pesquero por su lejanía del área de pesca, resulta evidente que posee menos posibilidades de realizar capturas importantes. De igual forma la flota artesanal posee menos posibilidades de captura que la industrial, por lo que con el nivel de solapamiento existente y su carácter secuencial, las medidas de manejo a través de cuotas de captura no resultan eficientes.

El recurso mero comienza a ser evaluado en el año 1974, época a partir de la cual se ha estudiado su estado de explotación con bastante sistematicidad. En la actualidad el recurso se encuentra en su fase de declinación mostrando signos de sobreexplotación como es, disminución de la biomasa de la población, disminución en la Cpue, incrementos en la mortalidad por pesca (F), incrementos en la capturabilidad (q), incrementos de los costos de operación, lo que unido al incremento de solapamiento en las tallas capturadas por las flotas hace necesaria una ordenación urgente de la pesquería.

La tabla VII muestra los resultados de las evaluaciones realizadas por varios autores, a partir de 1974 hasta la fecha, en varios años la captura alcanza valores cercanos o sobrepasa la Captura Máxima Sostenible señalada por estos autores, lo cual sugiere

que el recurso es explotado por encima de su máxima capacidad biológica (Fuentes y Contreras, 1986; Seijo, 1986; Arreguín-Sánchez, 1987).

Tabla VII. Biomasa potencial, Captura Máxima Sostenible (CMS) obtenida por varios autores y captura anual de mero en el Banco de Campeche.

| <b>Autor y año</b>               | <b>Período consdo.</b> | <b>Biomasa potencial t.</b> | <b>CMS t.</b> | <b>Captura Anual (1) t.</b> | <b>Estado del recurso (2)</b> |
|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|
| González <i>et al.</i> , (1974a) | 1973-74                | 50,000                      | 8,000         | 16,524                      | Subexplotado                  |
| González <i>et al.</i> , (1974b) | 1974-75                | 50,000                      | 10,000        | 16,524                      | Subexplotado                  |
| Sauskan y Olaechea, (1974)       | 1964-72                | 22,000                      |               | 16, 524                     | Subexplotado                  |
| Klima, (1976)                    | 1967-70                |                             | 19,000        | 14, 938                     | Subexplotado                  |
| Buesa, (1978)                    | 1978                   | 61,000                      | 24,900        | 14, 965                     | Subexplotado                  |
| Blanco <i>et al.</i> , (1980)    | 1962-74                |                             | 18,000        | 16,524                      |                               |
| Doi <i>et al.</i> , (1981)       | 1972-75                | 138,000                     | 16,560        | 17,208                      | Subexplotado                  |
| Seijo, (1986)                    | 1985                   | 148,834                     | 9,404         | 10, 728                     | Intens.Explot.                |
| García <i>et al.</i> , (1986)    | 1982-84                |                             | 12,584        | 11,061                      | Intens.Explot.                |
| Fuentes y Contreras (1986)       | 1985                   | 156,139                     |               | 10,728                      | Intens.Explot.                |
| Arreguín-Sánchez (1987)          | 1956-81                | 228,000                     | 12,000        | 11,792                      | Intens.Explot.                |
| Valdés <i>et al.</i> , (1989)    | 1977-87                | 60,551                      | 14,723        | 13, 028                     |                               |
| Valdés <i>et al.</i> , (1991)    | 1989-90                | 79,206                      | 15,470        | 12,642                      |                               |
| Contreras <i>et al.</i> , (1993) | 1991-92                | 111,985                     | 16,739        | 12,,466                     |                               |
| Moreno <i>et al.</i> , (1995)    | 1993-94                | 52, - 60,mil                | 13,500-14,500 | 11, 053                     | NME (3)                       |
| Moreno <i>et al.</i> , (1997)    | 1972-96                | 67,000                      |               | 7,548                       | NME (3)                       |
| Monroy, (1998)                   |                        | 89,000                      |               | 7,543                       |                               |
| Hernández <i>et al.</i> , (1999) | 1958-1998              | 65,000                      | 7,500-9,500   | 7,543                       | Sobreexplotado                |
| Burgos, (1999)                   |                        | 89,450                      | 11,222-13,342 | 8,300                       | Sobreexplotado                |
| Monroy (2001)                    | 1958-2000              | 60,000                      | 9,500         | 7,425                       | Sobreexplotado                |

(1) Captura anual obtenida al final del periodo considerado.

(2) Criterio sobre el estado del recurso ofrecido por el autor.

(3) N.M.E. Nivel máximo de explotación.

La captura anual muestra tres escalones bien definidos, el primero con capturas entre 14 -17mil t (1974-1988), el segundo con capturas entre 10 -13 mil t (1989-1995) y el tercero y ultimo escalón más bajo con capturas entre 7 – 8 mil t (1996-2003), durante estos periodos y a partir de 1984 el esfuerzo ha permanecido con pocas variaciones; solo las disminuciones ocurridas durante 2001 y 2002 han producido aumentos sustanciales de la Cpue (figura 8). Esta explotación ha producido la

disminución de la abundancia del recurso durante el periodo y la reducción de la captura de la especie en las tres flotas. La biomasa disponible muestra que el año 1997 está marcado por el aumento de la vulnerabilidad en la flota artesanal, a partir de este año decrece sustancialmente el número de individuos en la población y la tendencia del reclutamiento es a la disminución. Las otras flotas mantienen su vulnerabilidad a la biomasa disponible en valores semejantes a los históricos. Este aspecto reviste especial interés ya que las tres flotas muestran tener acceso a la biomasa disponible del recurso que se encuentra en estado de sobreexplotación. Por otra parte la biomasa desovadora posee una tendencia a la disminución la cual solo es interrumpida en los años 1988, 1990 y 1995 con ligeros incrementos. La disminución de la biomasa desovadora puede tener efectos de sobreexplotación del reclutamiento, situación que parece estar mostrando los primeros síntomas en la tendencia a la disminución en los ejemplares de 1 y 2 años.

Moreno *et al.* 1997 establecen un Punto de Referencia Limite (PRL) de 74 mil t cifra por debajo de la cual no debía encontrarse la biomasa de la población y en 1999 se establece el estado de sobreexplotación del recurso, el nivel de biomasa actual (67 mil t) ratifica los resultados de las 3 últimas evaluaciones (tabla VII) y recalcan la necesidad de algún tipo de manejo que recupere la biomasa a niveles más altos.

En este contexto y a partir del año 1990 la Flota cubana ha reducido su zona de pesca, principalmente hacia la parte oriental del Banco, y las flotas presentan superposición en su área de trabajo así como en las tallas capturadas. El desarrollo de la flota artesanal ha permitido que alcance las zonas de pesca de las otras dos, es decir explota una porción de la parte adulta de la población, por lo que es importante



reglamentar la operación de cada flota para reducir la presión que se ejerce sobre juveniles y reproductores.

La falla del reclutamiento (1 año edad) observada en el año 1986 en este análisis, fue señalada por Arreguín-Sánchez *et al.* (1996) junto a otra durante 1980 motivada, esta última, al parecer por un derramamiento de petróleo ocurrida en la época de desove del mero en el Banco de Campeche. La mayor falla del reclutamiento observada durante esta etapa, ocurre durante el 1992 y se repite con menor intensidad durante en el año 1996 y continua en el 1998 y 2000, lo cual tiene resultados negativos en la pesca del mero cuya captura total ha disminuido al 57 % en el 2003 respecto a 1992. Estas fallas del reclutamiento se reflejan fundamentalmente en la captura de la flota artesanal la cual disminuye en un 75 %, mientras que la industrial se reduce en un 29 % durante el periodo señalado. La disminución de la captura en la flota cubana posee diversas causas.

Existen reportes aislados sobre la estimación del reclutamiento, Arreguín-Sánchez, (1987) estimó un índice de reclutamiento señalando que sus fluctuaciones producen variaciones de la Captura Máxima Sostenible de 3000 t. En la actualidad el nivel de reclutamiento se encuentra en los niveles más bajos de la historia de la pesquería lo cual no permite fluctuaciones de la captura del nivel señalado y se alerta que la pesquería puede colapsarse por un deterioro del reclutamiento ya sea por la pesca, condiciones meteorológicas o ambas a la vez.

El mero del Banco de Campeche posee una la relación S/R denso-dependiente, que responde a los modelos de Schnute (1985) y Reicker (1954) con coeficientes de determinación de 23 % y 22 % respectivamente. Arreguín (1987) obtuvo resultados

semejantes señalando que los efectos denso-dependientes pueden ser explicados por los hábitos de la especie tales como depredador activo y territorialidad.

La disminución del reclutamiento con el tamaño de la población puede ser explicada en términos de competencia por el alimento y el refugio, sin descartar la ocurrencia de canibalismo. Los juveniles comparten el territorio con el resto de la población lo cual impone una distribución del hábitat y alimentación, a pesar de que existe un gradiente de tallas por profundidad. El mero es una especie demersal de fuertes hábitos territoriales y alimentación carnívora desde su inicio en la vida demersal (Colin, 1996). Solo presenta gregarismo en pequeños grupos en época de reproducción. Su alimentación se fundamenta en cangrejos, camarones y en menor medida por peces, los cuales se incrementan en la dieta con el aumento de la talla. A medida que el animal crece es capaz de cambiar su hábitat a zonas más profundas en la medida de existir espacios libres y alimento disponibles. Los estudios de alimentación (Giménez et al., 2001; Brulé y Déniel, 1994) no muestran el canibalismo como forma de alimentación frecuente en la especie. La denso dependencia esta contenida en los modelos de Ricker (1954) y Schnute (1985) por el incremento de la mortalidad compensadora implícita en el parámetro  $\beta_b$  (beta) la cual hará decaer la curva en su parte derecha en mayor o menor cantidad dependiendo del valor de  $\gamma$  (gamma), que al incrementar su valor, la curva caerá mas rápidamente. Se descarta la relación de Beverton - Holt (1957) ya que esta ocurre en poblaciones donde las fases prerreclutas tienen la oportunidad de crecer y desarrollarse en un ambiente diferente al que normalmente ocupa el resto de la población, lo cual no ocurre en la practica en el mero del Banco de Campeche.

El análisis del comportamiento de los estadios gnomónicos propuestos por GIM corrobora que los 6 primeros se desarrollan en un ambiente (pelágico) distinto al de los adultos (demersal) y a partir de la aparición del juvenil bentónico se empieza a compartir el área de distribución de adultos.

La simulación, con objeto de proporcionar bases para el manejo de la pesquería, muestra la recuperación de la biomasa, con tres cuotas de captura, al *PRL* en un periodo de cinco años máximo. Esto es alentador en términos de manejo. Sin embargo el *PRO* no se alcanza ni en el largo plazo con los escenarios propuestos. Proponer otros escenarios con cuotas inferiores causaría problemas económicos y sociales de los productores. La imposición de cuotas de captura no parece ser la vía de manejo adecuada para este recurso, dado la imposibilidad de su control en la práctica, el carácter secuencial de la explotación y el solapamiento de tallas capturadas entre las flotas. Las embarcaciones con menos posibilidades (flota artesanal) resultarían menos favorecidas en este sistema.

Los resultados del modelo de Y/R muestran la necesidad del incremento de la talla de primera captura y reducción de la mortalidad por pesca a niveles semejantes a los aplicados al final de los años 80. Estas estimaciones son generalizadas ya que no considera las tallas reales de entrada para cada flota.

## **4.2 Opciones de Manejo**

### **4.2.1 Manejo del recurso**

El manejo del mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche debe estar acorde al conocimiento biológico que se posee de la especie, sin descuidar aspectos sociales que están involucrados en las posibles medidas a poner en práctica.

Además las medidas deben ser de relativamente fácil implementación y control. En ocasiones se argumenta la falta de conocimientos como la causa de ausencia de medidas, las cuales demorarían demasiado tiempo en obtener para una decisión adecuada, pues generalmente la pesca va delante de la investigación científica. El mero representa una especie de gran valor comercial para toda la costa Yucateca, pero el manejo de esta pesquería no está a la altura de la importancia del recurso y ni al nivel de conocimientos que sobre el se posee. La población de mero del Banco de Campeche se encuentra sobreexplotada (Hernández et al., 1999; Burgos y Defeo, 2000; Giménez et al., 2005) y su estabilidad es frágil si el reclutamiento falla ya sea por razones naturales o inducidas, por lo cual las medidas de manejo se imponen de forma inmediata. El colapso de la pesquería puede ser evitado no solo limitando la pesca y el esfuerzo pesquero, sino también protegiendo los "habitats críticos" de la especie, tales como zonas de cría, áreas de reproducción y habitats de adultos de alto poder reproductor, lo cual puede recuperar y/o incrementar el nivel de reclutamiento a la población.

El ordenamiento pesquero del mero en la población del Banco de Campeche es todavía incipiente, comparando las medidas vigentes para esta pesquería, con las impuestas por Estados Unidos en la población del mero en el norte del Golfo de México (Brulé et al., 2003). Las estrategias a seguir en el manejo de esta pesquería deben constituir un sistema en el cual las medidas impacten de forma tal que se complemente la acción de cada una de ellas y se incrementen los resultados esperados. Con el objetivo de asegurar la recuperación de esta pesquería es necesario implementar un conjunto de medidas dirigidas a reducir la captura de

juveniles, la pesca de reproductores y adultos viejos de mayor poder reproductor, y disminuir el esfuerzo pesquero, así como ampliar las AMP's.

#### **4.2.2 Reducción de pesca de juveniles**

##### **4.2.2.1 Talla mínima de captura**

Su objetivo es disminuir la captura de juveniles en la población y disminuir los efectos de secuencialidad en la pesquería.

Los muestreos de las tallas comerciales muestran que el 50 % de la captura total y el 80 % de la correspondiente a la flota artesanal esta compuesto por individuos juveniles que no alcanzan la talla de primera maduración. En este caso se recomienda en una primera etapa una talla mínima de 30 cm Lt. Esta talla, si bien no corresponde a la de primera maduración (38cm Lt) representa el 40 % de los peces de la flota artesanal (promedio 1990-2003), el 11% de la industrial y el 4 % de la cubana. La perdida en peso durante el primer año de imposición representarían 700 t para la flota artesanal, 140 t para la industrial y 2 t para la cubana. Si bien esta medida no protege a todos los peces menores de la talla de primera maduración, representa una disminución del 27 % del número total de peces capturados en la actualidad. La implementación de esta medida puede ser obtenida como un resultado de la combinación de limitación en zonas de pesca y selectividad del arte de pesca. La distribución horizontal del mero sobre el Banco de Campeche muestra un fuerte gradiente de tallas, la cual se incrementa con la profundidad. González et. al. (1974<sup>a</sup>) muestran la relación longitud-profundidad apreciándose que en profundidades mayores de 20 m los peces poseen tallas mayores de 40 cm de longitud total. Los resultados de los cruceros de investigación muestran como entre los 10 y 20 m de profundidad el número de individuos con tallas menores o iguales a 30 cm Lt

constituye el 20 % de la captura y en profundidad mayor esta proporción disminuye sustancialmente (figura 22)

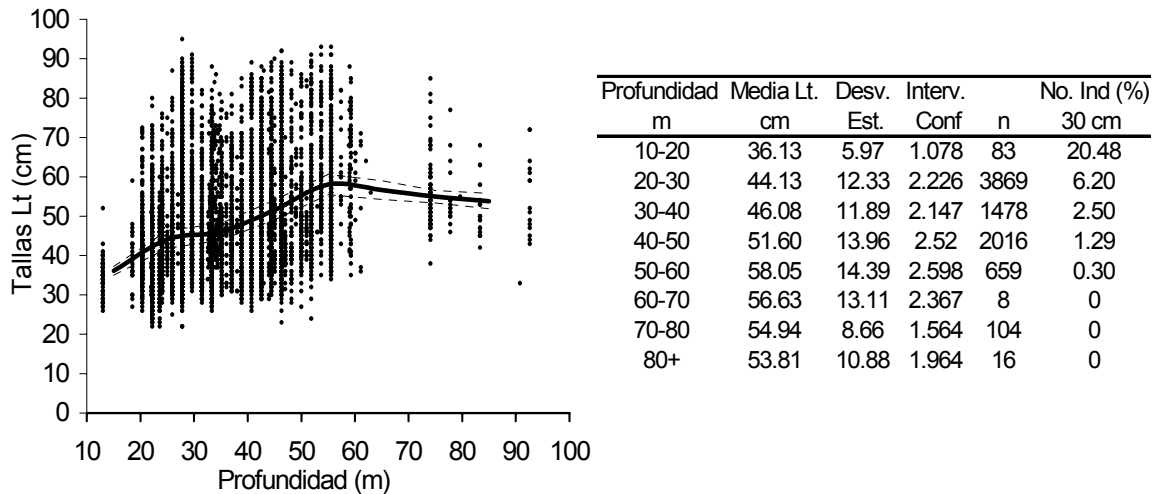


Figura 22. Talla media observada por profundidad (línea continua), rangos de talla (puntos) y el intervalo de confianza (( $P \geq 95\%$ ) de los ejemplares de mero capturados por los cruceros de investigación en el Banco de Campeche. Se ofrecen además las desviaciones y número de individuos (%) iguales y menores de 30 cm capturados por profundidad.

Zetina et al. (1991) en experiencias realizadas en la selectividad de anzuelos usados por la pesca artesanal, muestran que los anzuelos circulares No.5 capturan ejemplares con una media de 34.3 cm ( $ds = 10.8$ ). Una combinación de ambos resultados puede favorecer el incremento de la talla de primera captura del mero y prevenir la sobrepesca del crecimiento.

Pensar en la devolución al mar de los peces de tallas menores es poco práctico en la pesca con anzuelo que se realiza en el Banco de Campeche, ya que los individuos capturados a ciertas profundidades emergen con la vejiga natatoria expulsada o reventada, al igual que otros órganos internos, lo que le provoca la muerte en un

corto plazo. Wilson y Burns (1996) señalan una mortalidad entre un 14 y 100% para individuos capturados en 44 m y entre 54-75 m de profundidad. Brulé et al. (2003) menciona 3 sitios de áreas de crías para el mero en las costas de Yucatán: Punta Palmar, San Felipe y Río Lagartos.

#### **4.2.3 Limitación de pesca de reproductores**

##### **4.2.3.1 Veda de zona Reproductiva**

Su objetivo es proteger los ejemplares adultos durante su época de reproducción asegurando el desove de la mayoría de los individuos de la especie.

El mero del Banco de Campeche posee su máximo de reproducción durante los meses de febrero, marzo y abril - (Valdés y Padrón, 1980; Brulé et al., 1999; Giménez et al., 2003). La zona donde ocurre el desove de *Epinephelus morio* no está localizada, la presencia de hembras en estadio IV en varias regiones del Banco demuestra que el desove tiene lugar donde existen condiciones idóneas o convergen varios factores que lo hacen factible. Uno de esos factores es la temperatura, la cual debe ser cercana a los 22 °C (Giménez et al., 2003). La agregación masiva no ocurre en esta especie como en otras tropicales, pero las investigaciones demuestran que existe un movimiento Oeste-Este en el Banco de Campeche (González et al., 1974<sup>a</sup>, 1974<sup>b</sup>). Esta característica del recurso es bien conocida por los pescadores y ha sido señalada por Arreguín-Sánchez (1999) como una etapa donde se incrementa la capturabilidad en la pesquería de la especie por cambios de la estrategia de pesca. Los Cruceros de Investigación muestran que la Cpue en esta etapa se incrementa (Figura 23) en la región Oriental del Banco (Este de los 87° 45') y las capturas están constituidas por un 41 % de ejemplares en estadio IV de maduración

gonadal; peces listos para el desove (Giménez et al., 2003). Estas características hacen de la zona al Este de los 87° 45' un área potencial para una propuesta de Área Protegida (con manejo especial) ya sea temporal o permanente en el Banco de Campeche.

Es importante mencionar que durante el año 2003 se estableció una veda de captura total en el Banco de Campeche del 15 febrero al 15 de marzo, la cual solo protege los individuos antes del desove, no durante. Es prematuro un análisis del efecto de esta veda pero puede no tener el efecto deseado si el impacto sobre la población juvenil y/o adulta continua o se incrementa.

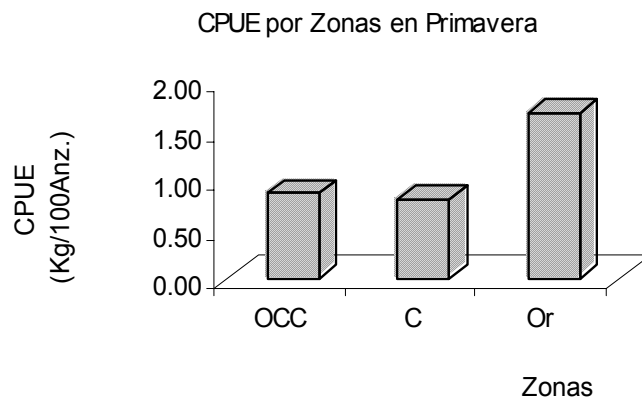


Figura 23. Variación de la Cpue en las zonas Oriental (Or); Central (C) y Occidental Occ) del Banco de Campeche durante la primavera.

#### 4.2.3.2 Protección de adultos viejos

El mero es una especie hermafrodita protogínica donde la proporción hembra/macho es 1:1 a partir de los 75 cm de largo total (Giménez *et al.*, 2003; Brulé et al., 1999). Estos individuos se encuentran en profundidades mayores de 60-65 m de



profundidad (González et al., 1974a) de tal forma que las hembras constituyen el 100 % de las capturas en profundidades someras.

Alonso and Magel (2003) pronostican que la captura de machos en poblaciones con hembras protoginicas, puede producir limitación de esperma y decrecimiento en la fertilización, señalando que este efecto puede reducir el éxito reproductivo de la especie. Giménez *et al.* (2003) señalan que la proporción hembras /machos es superior en la actualidad, con respecto de la proporción de sexos reportada por Valdés & Padrón (1980), confirmando que el número de hembras aumenta con la explotación, como una estrategia dirigida a asegurar la reproducción (Moe, 1969) o simplemente por la reducción en el numero de machos. En ambos casos el éxito reproductivo de la especie puede ser afectado.

Giménez *et al.* (2003) muestran que el 32 % de los ejemplares son capturados antes de concurrir al desove y que los individuos mayores de 65 cm (Lh) aportan la mayor cantidad de huevos en los desoves. Estas poseen una fecundidad relativa entre 3 y 5 veces mayor en comparación con las más chicas (40-50cm). Los individuos de mayores tallas se encuentran a partir de los 50 m de profundidad (González et. al., 1974<sup>a</sup>), por lo que una limitación en profundidades de pesca puede estar dirigida a la protección de hembras adultas de alto poder reproductor así como a los machos de la población.

#### **4.2.4 Disminución de esfuerzo Pesquero**

##### **4.2.4.1 Limitación de Esfuerzo Pesquero**

Esta medida esta encaminada a limitar la captura a través del nivel de esfuerzo, manteniendo la captura en iguales o menores niveles. En la actualidad la pesca de mero es de libre acceso para las embarcaciones mexicanas y limitada por cuotas de

captura y número de permisos de pesca, que se asignan anualmente a la flota cubana. Una de las medidas recomendadas dado el estado de sobreexplotación en que se encuentra el recurso es la limitación del esfuerzo pesquero, para lo cual se aconseja no asignar nuevas licencias de pesca ni reponer las embarcaciones que sean dadas de baja técnica en las flotas. Generalmente la disminución de rentabilidad en las faenas de pesca por si solas, motiva disminuciones en el esfuerzo pesquero. En la pesca del mero se han observado disminuciones en el esfuerzo pesquero durante los años 2001 y 2002 en un 30 % respecto al promedio ejercido durante el periodo 1995-2000 en la búsqueda de disminución de costos de operación.

#### **4.2.5 Otras medidas de manejo**

En la actualidad junto al tipo de medidas propuestas que pueden considerarse convencionales, a nivel internacional se promueven las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) como una variante de protección o restauración de los recursos renovables, evitando en lo posible que exista un cambio en la distribución espacial del esfuerzo pesquero, intensificándose el mismo en un área no protegida que pueda contrarrestar los efectos positivos anhelados.

Las AMPs pueden tener resultados exitosos en el mero dado su longevidad y fuerte comportamiento demersal y territorial. Sadovy (1999) y Koenig et al. (2000) reportan resultados exitosos en Serránidos tanto de pequeños como de gran tamaño. En el caso del mero estas pueden estar dirigidas a proteger habitas críticos de la especie tales como áreas de cría, zonas de desove, y áreas de distribución de machos y hembras de alto poder reproductor.

Otras medidas tales como asignación de cuotas de captura a las flotas no se consideran prudentes por el carácter secuencial de la pesquería y estar operando 3 flotas de diferente capacidad de pesca.

El comanejo es una estrategia necesaria en el contexto actual en la pesquería del mero, haciendo participe a los usuarios del recurso (pescadores, comerciantes y personal relacionado). Un intento en este sentido fue el "Foro del mero" desarrollado en Progreso, México, durante mayo del 2003 y en el cual se reunieron científicos, pescadores, armadores, etc., y se discutieron los problemas de esta pesquería y del cual se promovió la primera veda impuesta al recurso.

Las medidas de ordenación propuestas (tabla VIII) ayudan a solucionar algunos de los principales problemas de la pesquería del mero. En una primera etapa pueden disminuir problemas de secuencialidad así como disminuir el impacto de la pesca sobre juveniles de la población, permitiendo de esta forma un incremento del reclutamiento a la población y posteriormente un incremento de captura. La imposición de veda reproductiva y protección de adultos de igual forma contribuye al incremento del reclutamiento y posteriormente incrementa la captura con la incorporación de nuevos individuos a la población comercial. La limitación del esfuerzo pesquero permite el mantenimiento de la captura en niveles sustentables e incrementa la Cpue, aumentando las ganancias y permitiendo la rentabilidad de la pesquería. La implementación de la AMP's permite que no se realicen incrementos de esfuerzo en áreas no deseadas, incrementando el resultado de las otras medidas. El mero es una especie que se recluta completamente a la pesca a los tres años de edad por lo cual los resultados pueden ser esperados a partir de este tiempo de imposición de las medidas.

Tabla. VIII.- Posibles medidas de manejo pesquero para el recurso mero en el Banco de Campeche.

| <b>Medida de manejo</b>   | <b>Objetivo y Estrategia de implantación</b>   | <b>Resultado esperado</b>  |
|---|--|--|
| <b>Reducción de pesca de juveniles</b>                            |  |  |
| Talla mínima de 30 cm Lt  | Disminuir captura de juveniles y secuencialidad en la pesquería. Promover el uso de anzuelo huachinanguero de numeración menor del No. 5                                     | Disminución de captura inmediata. Incremento de captura a partir 1 año. Incremento de tallas capturadas    |
| Prohibición de pesca en profundidades < 20 m                      | Protección de áreas de cría y complementar la medida anterior. Disminuir secuencialidad. Promover la pesca en profundidades mayores de 20 m.                                 | Disminución de captura inmediata. Incremento de captura a partir de 1 año. Incremento de tallas capturadas |
| <b>Limitación de pesca de reproductores</b>                       |  |  |
| Veda reproductiva Febrero, marzo, abril <u>Este</u> de los 87°47' | Protección del evento reproductivo. Promover el comanejo con el sector productivo.   | Incremento de reclutamiento. Incremento de captura a partir de 3 años.                                     |
| Prohibición de pesca en profundidades > 70 m                      | Protección de machos y hembras de alto poder reproductor. Limitación de captura en áreas de distribución de adultos de grandes tallas.                                       | Incremento de reclutamiento  |
| <b>Disminución del esfuerzo pesquero</b>                          |  |  |
| Limitación del esfuerzo pesquero                                  | Mantener y/o aumentar la captura por barco. No asignar nuevos permisos de pesca ni reponer las embarcaciones de baja técnica. Promover el comanejo con el sector productivo. | Incremento de la Cpue<br>Incremento de ganancias<br>Rentabilidad de la pesquería.                          |
| <b>Otras medidas</b>  |  |  |
| Creación de AMPs  | Protección de habitats críticos de la especie. Promover el comanejo con el sector productivo   | Incremento de la biomasa total a través de la mejora del reclutamiento.                                    |

## 5. CONCLUSIONES

### Conclusiones generales

La pesca de mero en el Banco de Campeche se encuentra en *fase de declinación* caracterizada por una disminución de las capturas del 42 % en el 2002 respecto al máximo en la *etapa de madurez* (1972). Durante los últimos trece años se aprecia que en la composición por tallas obtenida tanto en la captura total como en las flotas artesanal e industrial, los individuos son capturados con tallas menores a la de primera maduración (50 % en la captura total; 40 % flota Industrial, 80 % flota artesanal y 19 % en flota cubana), lo cual no hace sustentable la explotación del recurso.

Mediante la función  $Y = 2.73634 e^{-0.31985 X}$  es posible, por vez primera, el cálculo de los valores de la mortalidad natural a la edad para los individuos que participan en la pesquería.

El patrón de capturabilidad a la edad muestra cambios en la flota industrial y artesanal durante el presente trabajo y los correspondientes al periodo 1975-1987 lo cual demuestra cambios en las estrategias de pesca de las flotas. A partir del año 1984 se incrementa sustancialmente el coeficiente de capturabilidad lo que representa un síntoma del estado de sobreexplotación del recurso. La vulnerabilidad de las tallas a las flotas cambia durante los tres periodos considerados.

La estandarización del esfuerzo pesquero permite un análisis integral de la Cpue para las tres flotas la cual muestra una reducción del 32 % en el periodo 1990-2002 respecto al 1984-1989. La relación Cpue & esfuerzo es lineal y descende con el

incremento del esfuerzo, con un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) de 0.65 lo cual muestra la relación entre ambos y permite su utilización en otros modelos.

La estandarización del esfuerzo pesquero y la determinación de la capturabilidad a la edad permiten calcular la mortalidad por pesca ( $F$ ) para cada una de las flotas, la cual muestra incrementos en las edades participantes en la pesquería. La  $F$  total varía de 0.34 a 0.86 al final del periodo. En la pesquería existen dos etapas bien definidas antes y después de 1996. A partir de este año se incrementa la mortalidad por pesca de la flota artesanal lo que contribuye a deteriorar el estado de la población de mero del Banco de Campeche.

La interacción entre flotas, medida como el solapamiento entre las tallas capturadas por ellas muestra incrementos sustanciales a partir de 1990 respecto a años previos, lo cual reviste especial importancia si tenemos en cuenta el estado de sobreexplotación del recurso y lo cual limita la biomasa para las flotas de menor posibilidades de pesca.

La biomasa de la población muestra un decremento al 26 % (67 mil t) estando por debajo del PRL mientras que la biomasa desovadora posee una tendencia a la disminución. La incorporación por vez primera del cálculo de la mortalidad natural a la edad y el de la capturabilidad por tallas incorpora nuevas posibilidades a la estimación de la biomasa de la población así como al análisis de la pesquería de mero, detectando y cuantificando cambios de estos parámetros en el tiempo.

La relación  $S/R$  se ajusta a los modelos densos dependientes propuestos por Ricker (1954) y Schnute (1985) donde la mortalidad compensadora tiende a regular el reclutamiento en función de la abundancia de la población mediante la competencia por el alimento y refugios.

En el análisis se detectan síntomas de sobreexplotación tales como, disminución de la biomasa de la población, decrementos en la Cpue de las flotas comerciales y Cruceros de Investigación, incrementos en la mortalidad por pesca (F) y aumentos en la capturabilidad (q), lo que junto al incremento del solapamiento en las tallas capturadas por las flotas, deteriora cada vez más la población de mero, siendo necesaria una ordenación urgente de la pesquería.

La simulación de imposición de cuotas de captura para alcanzar el PRL y PRO muestra la recuperación de la biomasa al nivel del *PRL* para los tres escenarios. *El PRO* (120,000 t) no se alcanza en ningún caso antes del año 2022. La simulación teniendo en cuenta la exclusión de flotas muestra que la flota artesanal e industrial son las que ejercen un mayor impacto negativo en la biomasa de la población.

La relación Y/R muestra la necesidad de un incremento de la talla de primera captura ( $T_c$ ) y una disminución de la mortalidad por pesca para alcanzar el máximo de rendimiento. Edades superiores a 3 años en la primera captura serían recomendables pero no posibles en la actualidad. Las medidas de ordenación propuestas tienen sentido en el contexto actual y pueden contribuir a una recuperación de la pesquería en el corto plazo, si se aplican de forma conjunta formando parte de un plan de manejo para la especie. La profundización en los estudios de la biología de la especie puede promover otras medidas en el manejo del recurso.

## **Bibliografía.**

- Alonso, S.H. and M. Mangel. 2004. The effects of size-selective fisheries on the stock dynamics of and sperm limitation in sex-changing fish. *Fishery Bulletin* 102:1-13.
- Arreguín-Sánchez, F. 1987. Present status of the red grouper fishery in the Campeche Bank. *Proc. Gulf and Caribb. Fish. Inst.* 38:498-509.
- Arreguín-Sánchez, F. 1992. An approach to the study of the catchability coefficient with application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery from the continental shelf of Yucatán. México. PhD. Dissertation, CINVESTAV-IPN. Unid. Mérida, 222 p
- Arreguín-Sánchez, F y E. Valero. 1996. Trophic role of the red grouper (*Epinephelus morio*) from the continental shelf of Yucatán , Mexico, p.19-27. In: In F. Arreguín-Sánchez, J.L.Munro.M.C.Balgpós and D. Pauly (eds) *Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers*. ICLARM Conf. Proc.48, 449 p
- Arreguín-Sánchez, F. M. Contreras, V. Moreno, R. Burgos y R. Valdés. 1996. Population Dynamics and Stock Assessment of Red Grouper (*Epinephelus morio*) Fishery on Campeche Bank, México. p 202 – 217. In F. Arreguín-Sánchez, J.L.Munro.M.C.Balgpós and D. Pauly (eds) *Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers*. ICLARM Conf. Proc.48, 449 p
- Arreguín-Sánchez, F., M. Contreras, V. Moreno, R. Valdés & R. Burgos. 1997. La pesquería de mero (*Epinephelus morio*) de la sonda de Campeche, México. p. 307-332. En: D. Flores-Hernández, P. Sánchez-Gil, J. C. Seijo y F. Arreguín-Sánchez (Eds.) *Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica, 7. 496 p.
- Arreguín-Sánchez, F and T. J. Pitcher. 1999. Catchability estimates and their application to red grouper (*Epinephelus morio*) fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fish. Bull.* 97:746-757.
- Benssonov N.M. y O. González. 1966. Primeros resultados de las investigaciones hidroquímicas en el Banco de Campeche. 1er. Forum Indust. Alimenticia Habana. Archivo CIP. 7pp.



- Benssonov N.M. y O. González. 1967. Principales particularidades de la formación de la productividad de las aguas del Banco de Campeche. III Congreso de Oceanografía, México, Inst. Nacional de la Pesca, CIP. Archivo CIP. 18 pp
- Benssonov N.M., A. Elizarof y O. González. 1968. Resultados de las Investigaciones cubano soviéticas en el Banco de Campeche. FAO. 1er. Simposio sobre el Caribe y regiones adyacentes. 317 – 323. p
- Beverton, S.H., y S.J. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fish. Invest. Ser.2. vol.19,533p.
- Blanco, R., R. Valdés y A. Pérez. 1980. Evaluación de la pesquería de la cherna americana (*Epinephelus morio*, Perciformes: Serranidae) en el Banco de Campeche. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5 (1): 38-45.
- Bogdanov, D.V. 1965 Algunos rasgos de la oceanografía del Golfo de México y del Mar Caribe. Invest. Pesq. Soviético-Cubanas *VNIRO-CIP*, Moscú. pp. 23-45
- Buesa, R. J. 1978. La captura máxima permisible como función de la relación producción / generaciones anuales. Primer foro Científico. MIP/CIP Cuba
- Burgos, R. 1999. Modelo bioeconómico captura-mortalidad para la pesquería de mero *Epinephelus morio* del Banco de Campeche: un marco de manejo precautorio. Tesis de Maestría en Ciencias. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, 95p.
- Burgos, R. y O. Defeo. 2000. Un marco ecológico de manejo precautorio para la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) del banco de Campeche, México. *Oceanides* 15, 129-140.
- Bulanienkov, S.K. y C. García. 1973: Influencia de los procesos atmosféricos del Banco de Campeche. Informe de investigación No.2. IV Reunión de Balance de trabajo. Centro Inv. Pesqueras. Inst. Nac. Pesca. 28p
- Bulanienkov, S.K. y C. García. 1975. Cartas de corrientes superficiales de invierno en el Banco de Campeche. INP / CIP, Cuba, Res. Invest., No.1.p 26
- Brulé, T y T. Colas-Marrufo. 1996. Groupers Exploitation on the Southwest Gula of México: History and Present. *Gulf and Caribbean Fisheries Inst., Inc.* 49:173 -214

- Brulé, T. y C. Déniel. 1994. Exposé synoptique des données biologiques sur le merou rouge *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828) du Golfe du México. FAO Synopsis sur les pêches. No. 155. Rome, 1994
- Brulé, T. y C. Déniel, T. Colas-Marrufo, y M. Sánchez-Crespo. 1999. Red grouper reproduction in the Southern Gulf of Mexico. Transactions of the American Fisheries Society 128 : 385 – 402, 1999
- Brulé, T., T. Colas-Marrufo, X. Renan, A. Tuz-Zulub. E. Falfán-Vázquez, E. Pérez-Días y C. Déniel. 2003. Bases biológicas para la explotación racional y la protección del recurso Mero del Banco de Campeche. I Foro del mero. CRIP Yucalpeten. Febrero/2003. Yucatán, México.
- Cabrera-Vázquez y Arreguín-Sánchez. 1994. Cambios en la varianza y tamaño del intervalo e frecuencias de longitudes de *Epinephelus morio* y su efecto en el comportamiento del método de matriz de proyección. En prensa. In. Proc. 45<sup>th</sup> Ann. Sess. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. USA
- Caddy, J. F. 1991. Death rates and time intervals: is there an alternative to the Constant natural mortality axiom. Rev. Fish Biol. Fish. 1, 109– 138.
- Caddy, J.F. y O. Defeo. 1996. Fitting the exponential and logistic surplus yield models with mortality data: some explorations and new perspectives. Fish. Res., 25:39-62.
- Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper 347. FAO, Roma.
- Camber, Y. 1955. A survey of red snapper fishery of the Gulf of México with special reference to the Campeche Bank. Florida St. Board of Conser. Tech. Ser. 12
- Chenaut V. 1985. Los pescadores de la península de Yucatán. Cuadernos de la Casa Chata. No. 121. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. México D.F. 175 p
- Contreras, M., R. Reyes, M. Sáenz, F. Mendoza, C. Zetina, S. Nieto y J. P. García. 1987. Informe de crucero de Investigación al Banco de Campeche, LAM 87-05, del 20 de octubre al 4 de noviembre de 1987. Doc. Int. Conv. de pesca México-Cuba. Sec. de Pesca y Min. de la Ind. Pesquera.
- Contreras, M., R. Valdés A., V. Moreno G., R. Burgos R., S. Nieto M., J. Pol P. & V. Moreno. 1993. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero

- (*Epinephelus morio*, Val., 1828) en el Banco de Campeche 1991-1992. SEPESCA, INP, CRIP-Yucalpeten, Méx., MIP, INP, CIP-La Habana, Cuba Documento Interno,36p.
- Contreras, M., F. Arreguín-Sánchez, J.A. Sánchez-Chávez, V. Moreno y M. A. Cabrera. 1994. Mortality and Populations size of the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery from the Campeche Bank.
- Colin, P.L., C.C. Koenig and W.A. Laroche. 1996. Development from to juvenile of the Red Grouper (*Epinephelus morio*) (Pisces: Serranidae) in the laboratory. P. 399-414. In F. Arreguín-Sánchez, J.L. Munro, M.C. Balgos and D. Pauly (eds.) Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snapper. ICLARM Conf. Proc.48, 449 p.
- Csirke, J.B.1989. Introducción a la Dinámica de Peces. Instituto del Mar de Perú, Callao, Perú Documento Técnico de pesca 192.
- Csirke, J.B. y J. F. Caddy. 1983. Production modeling using mortality estimates. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40: 43-51.
- Depestre, C. y E. Blanco. 1985. Diccionario de especies marinas. Editorial Científico – Técnica, La Habana. 176 p
- Deriso,R. T., Quinn, T., Collie, J., Hilborn, R., Jones, C, Lindsay, B., Parma, A., Saila, S., Shapiro, L., Smith,S. J. and C. Walters.1998. Improving fish stock assessment. Committee on fish stock assessment methods. National Academy Press, Washington, DC.
- Doi,T. D. Mendizábal y M. Contreras. 1981. Análisis preliminar de la población de mero *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche. Cien. Pesq. Inst. Nac. Pesca Dpto. Pesca. México, 1:1 – 15.
- FAO. 1984. An alternative to equilibrium theory for management of fisheries, por J.F. Caddy. FAO Fisheries Report No. 289, Suppl. 2. Roma. 214 p.
- Fischer, W. 1978. FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31). Vols. 1 –7. FAO Rome. Pag. Var
- Fuentes, D. & M. Contreras. 1986. Situación de la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en Yucatán. Análisis 1985. CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (Documento Interno no Publicado).

- Fuentes, D., Valdés, R., Zetina, C., Nieto, S., Ríos, V., Monroy, C., Contreras, M. y V. Moreno. 1989. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*, Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche. Convenio de pesca México-Cuba. Documento interno, 30 pp.
- Frías, M.P. 1982. Distribución larvaria de la cherna Americana (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) (Pisces: Serranidae) en el Golfo de México. Rev. Cub. Inv. Pesq 7(4):26-39.
- García, C., y J. Gómez. 1974. Carta preliminar de fondos del Banco de Campeche INP/CIP, Cuba, Res. Invest. (1) p.37
- García, C. 1980. Caracterización general del Banco de Campeche. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5(2).
- García, F., P. Arceo & R. Puerto. 1986. Análisis de la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche durante el periodo 1982-1984 según los modelos de Shaefer y Fox. CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (Documento Interno no Publicado).
- Giménez, E., B. Anderes, V. Moreno & R. Burgos. 2001. Aspectos de la conducta alimentaria del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera 15: 165-170 pp.
- Giménez, E., V. Moreno, R. Burgos y S. Alfonso. 2003. Reproducción y Fecundidad de la cherna americana (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Revista "Oceanides" México. Vol.18 No.1
- Giménez-Hurtado, E., R. Coyula-Pérez-Puelles, S. E. Lluch-Cota, A. A. González-Yañez, V. Moreno-García<sup>4</sup> and R. Burgos-Rosas. 2005. Historical biomass, fishing mortality, and recruitment trends of the Campeche Bank red grouper (*Epinephelus morio*). Fisheries Research 71: 267-277
- Giménez-Hurtado, E., F. Arreguín-Sánchez y S. E. Lluch-Cota. 2005a. Cálculo de la mortalidad natural (M) del mero (*Epinephelus morio*) del Banco de Campeche mediante el modelo de Intervalos gnomónicos, (GIM). Trabajo presentado en simposio sobre Ciencias Pesqueras. Mayo 2005 La Paz, B.C.S.
- Giménez-Hurtado, E., F. Arreguín-Sánchez y S. E. Lluch-Cota. 2005b. Capturabilidad en la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de

- Campeche. Trabajo presentado en simposio sobre Ciencias Pesqueras. Mayo 2005 La Paz, B.C.S.
- González-Cano, J., Arreguín-Sánchez, M. Contreras, V. Moreno, R. Burgos, C. Zetina y V. Ríos. 1993. Diagnostico del estado de la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Inf. Grupo de expertos. Inst. Nal. Pesca, México, 26 p
- González P., S. Zupanovich, H. Ramis. 1974a. Biología pesquera de la cherna americana del Banco de Campeche. Res. de inv. INP, CIP-La Habana, Cuba. Mayo/74. 1: 107-111.
- González P., S. Zupanovich, H. Ramis. 1974b. Evaluación de los niveles de explotación de la cherna americana en el Banco de Campeche. Res. de inv. INP, CIP-La Habana, Cuba. Mayo/74. 1: 172-175.
- Gulland, J. A. 1965. Manual of method for fish stock assessment Part I. Fish Population Análisis. FAO. Fish. Tech. Pap. 40-68
- Gulland, J. A. 1966. Métodos de análisis de poblaciones de peces. FAO.Doc.No.281-SR.Oct/85
- Gulland, J. A. 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester, U.K, Wiley Interscience, FAO/ Wiley series on food and agriculture, Vol.1: 223pp.
- Guitart, D.J.1977. Sinopsis de los peces marinos de Cuba. Tomo III. Consejo Editorial de la Academia de Ciencias, La Habana. 608 p.
- Grece, M., K. Rademacher y M. Russell. 1994. Pictorial guide to the Groupers (Teleostei: Serranidae) of the western North Atlantic. NOAA. Technical Report NMFS 118. May 1994
- Heemstra, P. C. & J.E. Randall. 1993. FAO Species catalogue. 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.
- Hernández, A., C. Monroy, V. Moreno y E. Giménez. 1999. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1999. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento

- Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall Pub. Co., New York, 570 pp
- Hoose, H. y R. Moore. 1997. Fishes of the Gulf of Mexico, Texas, Louisiana and adjacent waters. Texas, A & M. University Press, 331p.
- Jordan, D. S. et B. W. Everman. 1963. The fishes of north and middle America. Smith. Inst. T.H.F., Fund Reprint, Washintong. 3313 p
- Klima, E.F. 1976. An assessment of the fish stocks and fisheries of the Campeche Bank. WECAF Stud. FAO 5: 1-24.
- Koenig, C.K., F.C..Coleman., G.R. Grimes., K.M. Fitzhugh., C.T.Gledhill, and M.Grace. 2000. Protection of spawning habitat for the conservation of warm-temperature reef-fish fisheries of shelf-edge reefs of Florida. Bulletin of Marine Science, 66:593-616.
- Konstantinos, I.S., D.K. Moutopoulos and G.Krassas. 2004. Body size overlap in industrial and artisanal fisheries for five commercial fish species in the Mediterranean Sea. Scientia Marina., 68 (1): 178 – 188.
- Martínez- Aguilar,S., F.Arreguín-Sánchez and E.Morales-Bojórquez. 2003. Natural mortality and life history stage duration of Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) based on gnomonic time divisions. Fisheries Research 71(2005) :103– 114
- Martínez-Aguilar, S., E. Morales-Bojórquez, F. Arreguín-Sánchez y J.A. De Anda-Montañés.1999. Catchability: programa computarizado para estimar el coeficiente de capturabilidad en función de la longitud. Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz del INP, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja, California Sur, México. 16p.
- Merino, M y L. Otero. 1993. Atlas ambiental costero Puerto Morelos – Quintana Roo, Inst. Ciencias del Mar y Limnología UNAM. Centro Inv. De Quintana Roo.
- Monroy, C., R. Burgos, V. Moreno y E. Giménez. 2001. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1999. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento

- Moreno, V., M. Contreras, R. Burgos, C. Mena, R. Valdés, y S. Nieto. 1995. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1995. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento interno, 26p
- Moreno, V., A. Hernández, M. Contreras, R. Burgos, E. Giménez y S. Nieto. 1997. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1997. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento interno, 21p
- Mexicano-Cintora, G. 1990. Análisis preliminar de algunos aspectos reproductivos del mero (*Epinephelus morio*) de las costas de Yucatán. Rep. Espec. Acad. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mérida, México, 42 p.
- Moe, M. A. 1969. Biology of the red grouper, *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the eastern Gulf of México. Fla. Bd. Conserv. Mar. Lab. Prof. Pap. Ser. 10:1-95.
- Monroy, C. 1997. Stock assesment of the grouper (*Epinephelus morio*) in Campeche Bank, Gulf of Mexico. (Manuscrito). CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. Documento Interno.
- Monroy, C. 1998. Análisis bioeconómico de la pesquería de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche, bajo condiciones de riesgo e incertidumbre. Tesis de Maestría, CINVESTAV, Unidad Mérida, Yucatán, México. 139 pp.
- Moreno, V. 1980. La pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en el Estado de Yucatán. Memoria Licenciado en Biología. UAEM, México 41 p
- Moreno, V., F. Arreguín-Sánchez, M. Contreras y R. Burgos. 1991. Analisis of usage patterns in shared stocks: the red groupers fishery from the continental shelf of Yucatán, México. In: Proc. 44<sup>th</sup> Ann. Sess. Gula and Caribb. Fish. Inst.
- Moreno C. G, R. Burgos, C. Monroy, & C. Mena. 2002: Informe del proyecto “ Investigación biológico- pesquero del mero (*Epinephelus morio*) de Yucatán, 2002. Informe Interno. Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén.INP.33p.

- Mulhia, A. 1976. Aspectos biológicos pesqueros del mero (*Epinephelus morio*, Valenciennes). Mem. Simp. Nat. Recursos Pesq. Marinos de México. S.I.C. I.P.N:223-264
- Palohemio, J.E and L.M. Dickie. 1964. Abundante and fishing success. Rapp. Paper V. Réuni. Cons. Int. Explor. Mer. 155: 152-163
- Paré L., y J. Fraga. 1994. La costa de Yucatán: desarrollo y vulnerabilidad ambiental. Cuadernos de Investigación No. 23. Instituto de Investigaciones Sociales. Universidad Nacional autónoma de México. México DF. 120 p.
- Pauly, D. Moreau, J. & N. Abad. 1995. Comparison of age-structured and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. *Fish. Res.*, 22: 197-204.
- Piñeiro, R y E. Giménez. 2001. Características térmicas del Banco de Campeche. *Ciencia Pesquera* 15. Julio, 2001 p. 83 -87
- Ramírez-Rodríguez, M and Arreguín-Sánchez. 2003. Life history stage duration and natural mortality for the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Burkenroad,1939) in the southern Gulf of Mexico, using the gnomonic model for time division. *Fisheries Research* 60 (2003):45– 51
- Richardson,L.R and J.R.Gold. 1997. Mitochondrial DNA diversity in and population structure of red grouper, *Epinephelus morio*, from the gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 95: 174 – 179.
- Rihani Valdés, C., R. Torres-Lara, J. Peraza Menéndez, I. Mendoza Rodríguez, y F. Domínguez Rivas. 1989. Información básica de la actividad pesquera en Yucatán, 1988. Departamento de Desarrollo Pesquero del Gobierno del Estado de Yucatán / Delegación Federal de pesca, Mérida Yucatán. 59 p.
- Rivas, L. R. 1970. The red grouper of the Golf of México. *Commer. Fish. Rev.*, 32(18):24-30.
- Robson, D. S. 1966. Estimation of relative fishing power of individual ships. *Res. Bull. ICNAF*, (3):5-14
- Rodríguez, A. E. Valdés-Muños y R. Valdés (1984): Lista de nombres científicos y comunes de peces marinos de Cuba (Nomenclator) CIP / MIP, La Habana. 82 p.
- Rodríguez, A. y R. Valdés (1987): Peces marinos importantes de Cuba. Editorial Científico Técnica, La Habana. 238 p.



- Rodríguez, H. S. 1986. Determinación de la edad y el crecimiento del mero (*Epinephelus morio*, Valenciennes) en el Banco de Campeche utilizando dos estructuras ósea diferentes (otolitos y hueso mesopterigoides). Tesis Profesional. Univ. Autónoma de Monterrey, México.
- Rodríguez, H. S. 1994. Determinación de la edad y el crecimiento del mero (*Epinephelus morio*, Valenciennes) en mediante la lectura de otolitos y cuatro métodos basados en frecuencias de longitudes. Tesis de maestría en biología marina. Univ. de La Habana, Cuba.
- Royer, J., P. Périès and J.P. Robin. 2002. Stock assessment of English Channel loliginid squids: updated depletion methods and new analytical methods. ICES. J. Mar. Sci. 59,45– 457.
- Ruiz Durá, M. F. 1985. Recursos pesqueros de las costas de México. Editorial Limusa, México. Segunda Edición. 208 pp.
- Sadovy, Y. 1999. MPAs as generis tool, with emphasis on the protection of long-lived fishes, Duch groupers. ACP-EU Fish. Rep. 5:43-45
- SAGARPA. 2002a. Anuario Estadístico de Pesca 2002. Mexico  
<http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/planeacion/anuario2002/anuario2002.htm>
- SAGARPA. 2002b. Antecedentes de medidas regulatorias del recurso mero efectuadas en Yucatán. Propuestas al plan de manejo del mero en Yucatán. INP. CRIPY. 7p.
- Sanchez, R.M y F. Gomez de la Masa. 1952. La pesca en Cuba. Min. de agricultura.,272p. Ilus.
- Sauskcan, K. y A. Olaechea. 1974. Ictiofauna bentónica del Banco de Campeche. Rev. Res. Inv. Pesquera. Mayo/1974 INP- CIP. Cuba.
- Schoener, T. 1970. Non synchronous spatial overlap of lizard i patchy habitats. Ecology, 51: 408-418.
- Seijo, J.C. 1986. Comprehensive simulation model of a tropical demersal fishery red grouper (*Epinephelus morio*) of the Yucatán continental shelf. Ph.D. Thesis. Michigan State University.
- Seijo, J. C., and J. Caddy. 2000. Uncertainty in bio-economic reference points and indicators of marine fisheries. Marine Freshwater Research 51: 477- 483.

- SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y pesca.
- Sevilla, M.L. 1987. Biología Pesquera. México, CECOSA, 100p
- Sierra, C.J. 1977. Reseña histórica de la pesca en México (1821 – 1977). Justo Sierra Zepeda. Departamento de Pesca. México, D.F
- Smith, C. L. 1961. Synopsis of biological data on groupers (*Epinephelus* and allied genera) of the western North Atlantic. Fish. Biol. Synopsis 23: 1-61.
- Schnute, J. 1985. A general theory for analysis of catch and effort data. Journal du Conseil International pour L'Exploration de la Mer, 42:414-429.
- Solis, M. 1970. The red grouper fishery of Yucatan peninsula, México. Proc. Gulf Carib. Inst., 22: 122 – 129.
- Stewart, V.N. 1989. Grouper. Sea Stats Series, No.8, Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida, 1 – 9 pp.
- Valdés, E. & G. Padrón. 1980. Pesquerías de palangre. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5 (2): 38 - 55.
- Valdés, R., D. Fuentes, S. Nieto, M. Contreras, C. Zétina, V. Moreno, R. Burgos V. Ríos C. Monroy y F. Mendoza. 1989. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1991. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento interno, 21p.
- Valdés, R., V. Moreno, S. Nieto, M.E. González, J. Pol, V. Ríos, C. Zetina, R. Burgos y M. Contreras. 1991. Informe de investigaciones conjuntas México – Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*) (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1991. Convenio de Pesca México – Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA, México, CIP / MIP, Cuba. Documento interno, 21p
- Wilson, R.R., and K.M. Burns. 1996. Potential survival of released groupers caught deeper than 40m based on shipboard and in-situ observation, and tag-recapture data. Bulletin of Marine Science 58:234-247.
- Zupanovic, S. y P. González. 1975. Investigación y pesquería de la cherna en el Banco de Campeche. Rev. Mar y Pesca No. 112, p. 22-27.

Zetina, C., V. Ríos y F. Arreguín-Sánchez. 1991. Selectividad de los anzuelos en la pesquería costera de mero (*Epinephelus morio*) en el estado de Yucatán. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, Yucalpetén, INP. Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, INP