

Análisis de la Pesquería de Huachinango (*Lutjanus campechanus*) en el Banco de Campeche

CARMEN MONROY GARCÍA, MAURICIO GARDUÑO ANDRADE, y
JUAN CARLOS ESPINOZA

Centro Regional de Investigación Pesquera de Yucalpetén
INP. A. P. 73. Progreso
Yucatán, México 97230

RESUMEN

La pesquería de huachinango es una de las más importantes del estado de Yucatán, México. Se realizó una evaluación del estado actual de la pesquería y se simularon estrategias de manejo. Se utilizó un modelo de biomasa dinámico en tiempos discretos. Se hicieron proyecciones a partir de 1999 y se establecieron dos Punto de Referencia 1) contrastar la biomasa actual y futura con la biomasa inicial (riesgo del stock), para que la biomasa actual se mantenga por arriba del 50% de la biomasa inicial ($B_0/2$); y 2) mantener el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) (riesgo de la pesquería), en donde la mortalidad por pesca no sea mayor a u_{MRS} (0.08/año). Los resultados indican una disminución de la biomasa a través del tiempo. Se estimó una biomasa inicial (1984) de 32,957 t y para 1999 una biomasa de 16,877 t, en los últimos 16 años la biomasa presentó un decremento del 51.2%. De acuerdo a los resultados del modelo se estimó el RMS en 1,271 t año⁻¹ y una tasa de explotación de 0.04/año hasta alcanzar un valor de 0.15/año en 1992, año en que se registró una captura de 3,083 t. De ésta, la flota yucateca capturó 1,334 t y la flota del estado de Campeche 1,749 t. Esto significa que ambas flotas capturaron en 1992, 1,850 t. por arriba del MRS. En los últimos 5 años se estimó un valor promedio de la tasa de explotación de 0.08/año, con una captura promedio de 1,384 t. La serie histórica de la captura (1984 a 1999), siempre excedió el MRS y por consecuencia la biomasa presenta un fuerte decremento. Además, se aplicó un análisis de Monte Carlo para evaluar la probabilidad de alcanzar los puntos de referencia ante diferentes cuotas de captura.

PALABRAS CLAVES: Huachinango, *Lutjanus campechanus*, Campeche, Mexico

ABSTRACT

The red snapper fishery is one of the most important fisheries in Yucatan, Mexico. The current state of the fishery was evaluated with a biomass dynamic model in discrete times to assess the stock size and the yield. Management strategies were simulated, starting from 1999, and two options were proposed:

- i) Contrast the current and future stock biomass with the initial biomass (risk of the stock), it must be 50% of the initial biomass ($B_0/2$), and
- ii) Maintain the Maximum Sustainable Yield (risk of the fishery) using the exploitation rate U_{MSY} .

The results indicate a biomass decline from an initial biomass of 32,957 tons (t) in 1984 to 16,877 t in 1999, 51.2% in the last 16 years. The model estimates that the exploitation rate increased from 0.04/year in 1984 to 0.15/year in 1992, when the yield was 3,083 t. The Yucatan fleet catch was 1,334 t, and the Campeche fleet catch was 1,749 t. Both fleets catches exceeded the MSY in those years. In the last five years the estimated exploitation rate averaged 0.08/year, or an average catch of 1,384 tons. The historical catch series show from 1984 to 1999, always exceeded the MSY and like consequence the biomass presents a decrease. Montecarlo analysis was applied to evaluate the risk of reaching the points of reference with alternative quotas scenarios

INTRODUCCION

En el estado de Yucatán la pesca de especies de escama (Serránidos, Lutjánidos, Spáridos, Haemúlidos, etc.) ha sido la más importante, por su volumen de captura y el número de empleos que genera. El huachinango *Lutjanus campechanus* es una de las especies principales de esta pesquería, la cual por la calidad de su carne la mayor parte de su captura es de exportación (Estados Unidos), siendo generadora de divisas para el estado,

El Banco de Campeche una de las áreas de mayor abundancia de *Lutjanus campechanus*, ha sido objeto de una intensa pesquería comercial; en ésta han participado las flotas de Estados Unidos, Cuba y México (Camber 1955). Es un recurso que en México se captura todo el año. Actualmente participan en la pesca la flota mayor del estado de Yucatán, la flota cubana, la flota menor del estado de Campeche y la flota camaronera que captura juveniles de esta especie en forma incidental.

En la administración de los recursos pesqueros, los modelos matemáticos son una herramienta importante para evaluar el status y productividad de una población. Uno de los métodos más usados son los modelos de biomasa dinámicos. En su forma más simple, solo requieren de una serie de captura y un índice de la abundancia relativa (CPUE) para estimar los parámetros del modelo. De estas estimaciones pueden ser derivados dos parámetros de manejo: el máximo rendimiento sostenible (MRS) y el esfuerzo de pesca en el cual se alcanza el MRS (F_{MRS}). Estos modelos son ampliamente usados y más confiables que los modelos estructurados por edades cuando la información sobre la estructura por edades de la población es pobre o no existe, además de que pueden ser aplicados en situaciones donde solo existan datos de captura y un índice de la abundancia relativa (Punt y Hilborn 1996).

MODELO DINAMICO DE BIOMASA

Para evaluar el estado actual de la pesquería de huachinango (*Lutjanus campechanus*) en el Banco de Campeche y simular algunas estrategias de manejo,

se utilizó un modelo de biomasa dinámico, propuesto por Punt y Hilborn (1996). La información con la que se cuenta es una serie de capturas y un índice de la abundancia relativa (captura por unidad de esfuerzo, CPUE) entre 1984 a 1999.

El supuesto fundamental del modelo es que los efectos de los factores de crecimiento, mortalidad natural y reproducción, pueden ser incorporados en una sola función y ésta proporciona un solo valor del tamaño del stock. De esta forma la función de biomasa dinámica, determina el efecto neto en la combinación de estos factores a un tamaño particular del stock. En el cual, se asume que el cambio en el tamaño de la población de un año a otro, es la diferencia entre la biomasa dinámica y la captura generada por la pesquería. El planteamiento del modelo, propuesto por Punt y Hilborn (1996) es de la siguiente forma:

$$B_{t+1} = B_t + g(B_t) - C_t \quad (1)$$

$$I_t = q B_t e^{\eta t} \quad (2)$$

Donde B_t es la biomasa explotable al empezar el tiempo t , $g(B_t)$ es la función de la biomasa dinámica o del crecimiento poblacional, que toma la forma de Schaefer (1954): $g(B) = rB(1-B/K)$, r es la tasa intrínseca de crecimiento de la población, K es la capacidad de carga (biomasa promedio antes de ser explotada), q es el coeficiente de capturabilidad, C_t es la captura en el tiempo t , I_t es el índice de abundancia relativa en el tiempo t (CPUE) y ηt es el error de observación en el tiempo t .

Para el ajuste del modelo, se consideró un estimador de error de observación (Ludwig y Walters 1985, Polacheck et al. 1993). Que asume que el modelo dinámico de la población, es determinístico y que el error ocurre entre la relación de la biomasa del stock y el índice de abundancia. La serie de tiempo de la biomasa del stock, es estimada proyectando la biomasa al iniciar la serie de captura, empezando con la biomasa inicial (B_0) y continuando con toda la serie histórica de la captura. El error en el modelo observacion se considera que es multiplicativo, con una distribución log-normal (v.g., $I_t = q B_t e^{\eta t}$, $\eta \sim N(0; \sigma^2)$). La estimación de los parámetros del modelo (B_0 , r , y K) se obtuvieron minimizando una función de verosimilitud y se consideró que la biomasa inicial era igual a la capacidad de carga ($B_0 = K$):

$$L(B_0, r, K/\text{datos}) = \Pi \exp \left[-\frac{\hat{u}_t^2}{2\sigma_u^2} \right] * \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_u^2}} \right] \quad (3)$$

Donde el producto es sobre todos los años para los cuales existan datos disponibles de la CPUE.

$$\hat{u}_t = \log (CPUE_{obs})_t - \log(CPUE_{est})_t \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_u^2 = \sum \frac{\hat{u}_t^2}{n} \quad (5)$$

$$CPUE_{est} = \hat{q} \hat{B}_t \quad (6)$$

$$\hat{q} = \exp \left[\frac{1}{n} \sum_t \log \frac{CPUE_{obs,t}}{\hat{B}_t} \right] \quad (7)$$

Donde n es el número de datos, $CPUE$ es la captura por unidad de esfuerzo, q es el coeficiente de capturabilidad que se obtiene minimizando la ecuación (3) con la siguiente ecuación

RESULTADOS DE LA EVALUACION

La estimaciones de los parámetros de la población y de manejo de la pesquería, obtenidos de la evaluación se presentan en la Tabla 1. Los resultados indican una tendencia decreciente de la biomasa a través del tiempo, con una biomasa en 1999 alrededor de las de 16,877 t. Lo cual significa, que en los últimos 16 años la biomasa presentó un decremento alrededor del 50%. Esta disminución también se presentó en el índice de abundancia (CPUE), con un CPUE promedio entre 1984 a 1987 de 1,183 kg de huachinango / viaje, mientras que entre 1988 a 1999 fue de 713 kg de huachinango / viaje (Figura 1). Esto es un reflejo de que las capturas registradas entre 1984 a 1999, siempre excedieron el MRS.

La tasa de explotación se incrementó de 0.04/año hasta alcanzar un valor de 0.15/año en 1992, año en que se registró una captura de 3,083 t. De ésta, la flota yucateca capturó 1,334 t. y la flota del estado de Campeche 1,749 t. Esto significa que ambas flotas capturaron en 1992, 1,850 t por arriba del MRS. En los últimos cinco años se registró una captura promedio de 1,384 t con un promedio de 150 t por arriba del MRS y una tasa de explotación de 0.08/año. A partir de 1999 se hicieron proyecciones analizando tres diferentes cuotas de captura.

A partir de 1999 se hicieron proyecciones del comportamiento dinámico de la biomasa y la tasa de explotación al aplicar tres medidas de regulación; mantener la captura promedio de los últimos cinco años y disminuir e incrementar un 20% esta captura promedio (Tabla 2). Para lo cual se consideró un intervalo de simulación de 12 años, corto (2002), mediano (2005) y largo plazo (2011) (Figuras 2 y 3).

Tabla 1. Estimación de los parámetros de la población y de manejo pesquería, obtenidos con el modelo de biomasa dinámica de Schaefer (1954).

Parametros	Valor estimado
Biomasa inicial (B_0)	33,048 (t)
Capacidad de carga (k)	33,048 (t)
Tasa de crecimiento poblacional (r)	0.16
Coefficiente de proporcionalidad (q)	3.6E-05
Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)	1,271 t año ⁻¹
Esfuerzo en el Máximo Rendimiento Sostenible (E_{MRS})	2,039 / viajes año

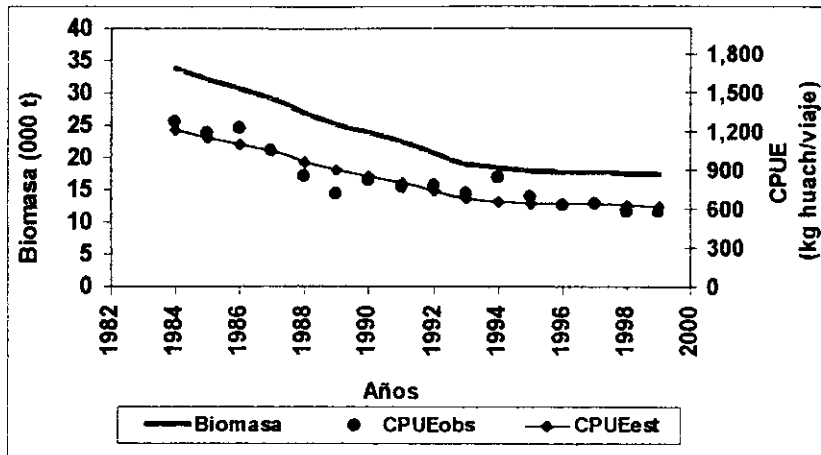


Figura 1. Comportamiento dinámico de la biomasa del stock de huachinango (*Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche e índice de la abundancia relativa (CPUE) observados y estimados por el modelo.

Tabla 2. Análisis de riesgo de la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche, como la probabilidad de alcanzar los PRL, ante diferentes medidas de regulación a corto, mediano y largo plazo (2002, 2005 y 2011).

Cuotas de captura	Probabilidad PRL \leq Bo/2 (16,870 t)	Probabilidad PRL \leq Bo/2 (16,870 t)	Probabilidad PRL \leq Bo/2 (16,870 t)
-2002	-2005	-2011	
1,117	0.36	0.14	0.02
1,384	0.68	0.86	0.88
1,661	0.93	1.00	1

	Probabilidad PRL $>$ u_{MRS} 0.08 año ⁻¹ (2002)	Probabilidad PRL $>$ u_{MRS} 0.08 año ⁻¹ (2005)	Probabilidad PRL $>$ u_{MRS} 0.08 año ⁻¹ (2011)
1,117	0.00	0.00	0.00
1,384	0.96	1.00	1.00
1,661	1.00	1.00	1

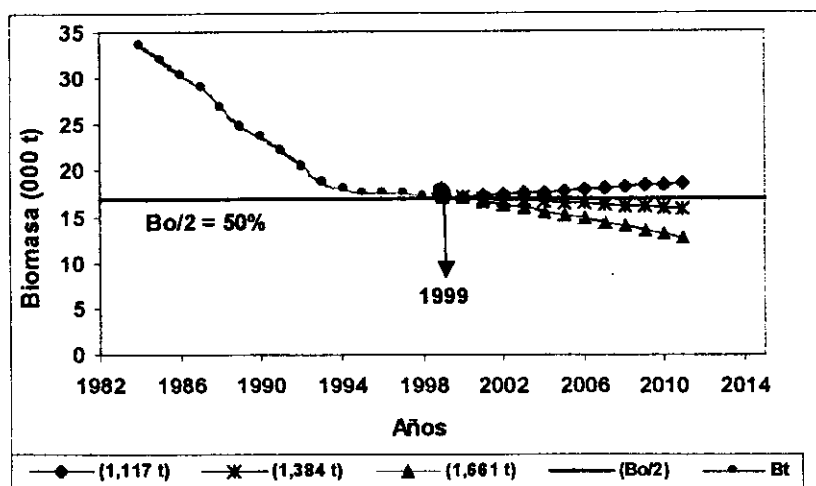


Figura 2. Comportamiento y proyecciones de la dinámica de la biomasa del stock de huachinango (*Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche, ante diferentes cuotas de captura.

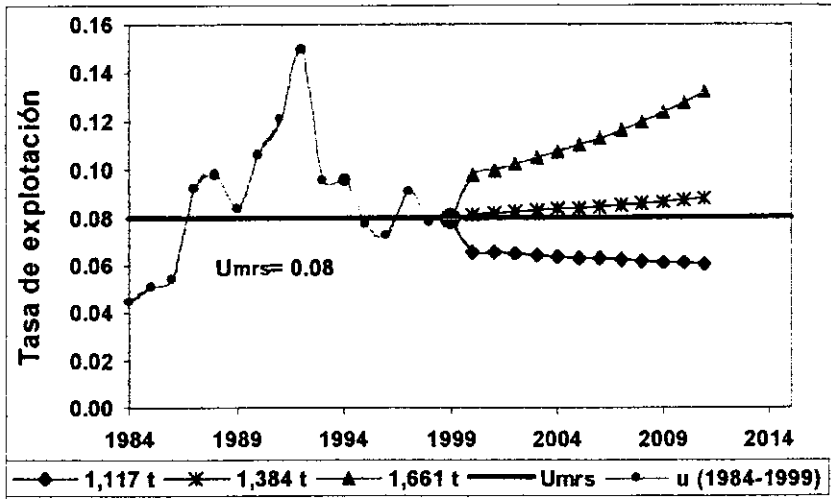


Figura 3. Comportamiento y proyecciones de la tasa de explotación de la pesquería de huachinango (*Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche, ante diferentes cuotas de captura.

ANÁLISIS DE RIESGO

Se realizó un análisis de riesgo para evaluar el impacto de la pesquería al aplicar las cuotas de captura. Para lo cual se definieron dos Puntos de Referencia Límites, a) contrastar la biomasa actual y futura del stock con la biomasa inicial (riesgo del stock) de manera que la biomasa se mantenga por arriba del nivel de $B_0/2$ (16,870 t) y; b) mantener el Rendimiento Máximo Sostenible (riesgo de la pesquería), en donde la mortalidad por pesca no sea mayor a u_{MRS} (0.08/año). Se aplicó un análisis de Monte Carlo, para poder expresar el riesgo en términos probabilísticos y se consideró como fuente de incertidumbre la biomasa inicial (B_0) con una distribución normal como función de densidad probabilística, se realizaron 500 corridas de simulación.

Los resultados indican que disminuir un 20% la captura promedio de los últimos 5 años (1,117 t/año) representa la menor probabilidad de alcanzar el PRL de una biomasa igual o menor a las 16,870 t (riesgo del stock), tanto en el corto, mediano y largo plazo. Las otras estrategias de manejo presentaron mayor riesgo de alcanzar el PRL, con mayor probabilidad la cuota de captura 1,661 t/año (Tabla 2).

En cuanto a la probabilidad de alcanzar el PRL, de que la tasa de explotación sea mayor a $u_{MRS}=0.08$ /año. Solo disminuyendo la captura registrada en la pesquería permitiría mantener una tasa de explotación menor o igual a 0.08 (u_{MRS}) y por lo tanto la cuota de captura de 1,117 t/año no presenta ninguna probabilidad de alcanzar este PRL. Así mismo, una cuota de captura de 1,661 t presenta mayor probabilidad de estar por arriba de este PRL (Tabla 2).

DISCUSION

Los modelos de simulación y el análisis de riesgo son una valiosa herramienta en la difícil tarea de evaluación de los recursos. Esto proporciona a los administradores mayor elementos en la toma de decisiones, que les permite evaluar las consecuencias de implementar una u otra estrategias de manejo. El modelo de biomasa dinámico utilizado para la pesquería de huachinango *Lutjanus campechanus* describió satisfactoriamente el sistema. Los resultados muestran una disminución en la biomasa vulnerable del stock y del índice de abundancia relativa de la población (CPUE). Esto puede ser el reflejo de que las capturas (1984 - 1999) siempre excedieron el RMS; a partir de 1993 se registró una caída paulatina en el rendimiento de la pesquería, tanto de la flotas de Yucatán como de Campeche.

Hay que mencionar que la captura de huachinango por la flota yucateca se realiza en zonas donde se distribuyen los organismos adultos. Esta flota se mantiene activa por la combinación de la captura de mero, huachinango y otras especies como pargos, coronado, mojarrones, cazones y pulpo que presentan un margen de ganancias. Sin embargo, es obvio que en el estado existe una sobrecapilización; en 1999 de las 598 embarcaciones con permiso para pesca de escama, realizaron en promedio 308 viajes mensuales, que equivale a que sólo el 52 % de la flota estuvo activa. Lo que indica que los factores económicos están reajustándose y que se esperan tiempos difíciles para la actividad pesquera.

Respecto a la captura de las flotas de Campeche y principalmente el de la flota camaronera que es considerada una pesquería que captura una gran cantidad de juveniles de huachinango, ya que estos se distribuyen en las mismas zonas donde habita el crustáceo, se ha propuesto introducir excluidores de peces que tiene como fin la reducción de la captura de la fauna de acompañamiento. Sin embargo, la captura en el estado de Campeche ha disminuido a partir de los problemas que afronta la pesquería de camarón que ha obligado a establecer vedas a partir de 1993 y cada año son más prolongadas. Por otro lado, el esfuerzo de la flota menor se ha mantenido debido a la lejanía de la zona de pesca incrementa sus costos variables y requieren de instrumentos de navegación y ecodetección.

En México y en particular dentro de la Sonda de Campeche es probable que en la medida que el esfuerzo ejercido por la flota camaronera se contraiga, además de la salida de los barcos arrastreros que trabajaban dentro de la plataforma, se permitirá que los juveniles lleguen a tallas mayores, beneficiándose la flota yucateca a mediano plazo y probablemente se presente una recuperación en la población.

Para la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche no existen medidas de regulación, los pescadores mexicanos solo deben de contar con un permiso oficial de la Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Sin embargo, dentro de un contexto de manejo precautorio de los recursos pesqueros, se sugiere que debido a que la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche se encuentra ligeramente por arriba de su máximo rendimiento sostenible, es necesario establecer todas las medidas pertinentes para que el stock y la pesquería se mantengan en niveles que no sobrepasen los PRL, ya que de continuar pescando en estos niveles, se ocasionará un deterioro de la Biomasa, que puede llevar a una sobreexplotación del recurso. Tomando en cuenta la situación actual de la pesquería y los resultados obtenidos en el plan de manejo de esta especie en los Estados Unidos (Goodyear 1995, Baker et al. 1998), se hace necesario instrumentada una estrategia de manejo donde se integren diferentes medidas de regulación como: cuotas de captura, talla mínima y reducción de la captura incidental de la flota camaronera que opera en el Banco de Campeche.

LITERATURA CITADA

- Baker, P., F. Cox, and P. Emerson. 1998. Managing the Gulf of Mexico Commercial Red Snapper Fishery. Presented to the Committee to Review Individual Fishing Quotas Ocean Studies Board National Research Council.
- Camber, I.C. 1955. A survey of the red snapper fishery of the Gulf of Mexico, with special reference to the Campeche Bank. *Technical Series of the Florida State Board of Conservation* 12:1-64.
- Goodyear C.P. 1995. Red snapper in U.S. waters of the Gulf of Mexico, National Marine Fisheries service, Southeast Fisheries Science Center, Miami Laboratory, Miami, Florida USA. MIAC95/96-05. 171 pp.
- Ludwing, D. And C.J. Walters. 1985. Are age-structured models appropriate for catch-effort data? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 42:1066-1072.
- Polacheck, T., R. Hilborn, and A.E. Punt. 1993. Fitting surplus-production models: comparing methods and measuring uncertainty. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 50:2597-2607.
- Punt, A.E. and R. Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. Use's manual. FAO. Computerized Information Series. Fish. FAO No. 10. FAO, Rome, Italy. 62 pp.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 1:27-56.