

**APLICACION DE UN MODELO BIOECONOMICO A LA PESQUERIA
DE ATUN ALETA AMARILLA *Thunnus albacares*
EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL**

**APPLICATION OF A BIOECONOMIC MODEL TO THE FISHERY
OF YELLOWFIN TUNA *Thunnus albacares*
IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN**

Michel Jules Dreyfus León¹
Héctor Guillermo Manzo Monroy²

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera
Instituto Nacional de la Pesca, SEPESCA
Ensenada, Baja California, México

² Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

Dreyfus León, M.J. y Manzo Monroy, H.G. (1990). Aplicación de un modelo bioeconómico a la pesquería de atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el océano Pacífico oriental. Application of a bioeconomic model to the fishery of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the eastern Pacific Ocean. *Ciencias Marinas*, 16(3): 63-76.

RESUMEN

Con base en información de captura de atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, en el área reglamentaria de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA), durante el período de 1971 a 1987, así como en el número de embarcaciones que han operado de 1976 a 1987 y su capacidad de acarreo, se emplea una medida de eficiencia tecnológica de captura de atún por tonelada de capacidad de acarreo, observándose que la flota atunera mexicana ha sido más eficiente que el promedio de la flota internacional. La estimación de abundancia relativa de esta especie de 1980 a 1987 presenta su máximo en 1986 y tiende a decrecer en la actualidad. Se obtienen las curvas de captura sostenible de acuerdo a los modelos de Schaefer y Fox. Se considera que la estimación de captura sostenible del modelo de Fox es la adecuada para las condiciones actuales del recurso pero que la obtenida con el modelo de Schaefer es mejor a largo plazo. Con los costos de operación y precio internacional del atún en 1987, se aplica un modelo bioeconómico estático, determinándose los puntos de rendimiento económico máximo y de equilibrio de acceso abierto. Se observa que el esfuerzo aplicado a partir de 1983 ha tenido poca fluctuación, encontrándose cercano al correspondiente al punto de equilibrio de acceso abierto, calculado con ambos modelos de producción.

ABSTRACT

A measure of technological efficiency, tuna catch per ton of carrying capacity is used, based on yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, captured in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), as well as on number and carrying capacity of the fishing vessels, during the period 1971-1987. It is observed that the Mexican tuna fleet has been more efficient than the mean of the

international fleet. The abundance index since 1980 has a maximum in 1986, with a declining trend afterwards. With the Schaefer and Fox production models, sustainable yield curves are produced. It is considered that the maximum sustainable yield estimate obtained with the Fox model is correct due to the present condition of the resource but that the one calculated with the Schaefer model is a better one in the long run. With operation costs and the international price for tuna in 1987, a static bioeconomic model is applied, locating the maximum economic yield and open access points. It is observed that the effort applied since 1983 has not varied too much, corresponding to the open access equilibrium effort obtained with the production models.

INTRODUCCION

El atún aleta amarilla *Thunnus albacares* tiene una distribución mundial en aguas tropicales y subtropicales de los océanos Índico, Pacífico y Atlántico. En el océano Pacífico su distribución aproximada va de los 40° N a los 40° S de latitud (Calkins, 1975). La temperatura parece ser determinante en su distribución tanto horizontal como vertical, prefiriendo esta especie temperaturas superiores a los 20°C en combinación con áreas de alta concentración de alimento y de oxígeno disuelto mayores a los 2 ml (Cole, 1980).

Para el océano Pacífico se considera que existen tres poblaciones capturables (Suzuki *et al.*, 1978), presentando en su distribución una clasificación longitudinal desde la costa del continente americano hasta los 170° Oeste. La población oriental representa aproximadamente un 40% de las capturas totales de esta especie en 1985.

La pesquería del atún aleta amarilla (AAA) en el océano Pacífico oriental (OPO) realizada por una flota internacional ha sufrido una serie de acontecimientos políticos en cuanto a su reglamentación, como el retiro de México de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), trayendo como consecuencia que no exista a la fecha un consenso internacional para la mejor administración del recurso (Szekely, 1983; Joseph, 1983).

En los años recientes las capturas por parte de la flota mexicana en el OPO han pasado a ocupar un primer plano con respecto al total. A nivel nacional esta pesquería se ha convertido en la tercera en importancia con respecto al volumen y la segunda en ingresos por exportación.

A pesar de no existir un órgano regulador en la pesquería de AAA en el OPO que involucre a todos los países con interés en este

INTRODUCTION

The yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, is found in tropical and subtropical waters of the Indian, Pacific and Atlantic Oceans. Its approximate distribution in the Pacific Ocean extends from 40° N to 40° S latitude (Calkins, 1975). Temperature seems to be a determining factor in both its horizontal and vertical distribution. This species prefers temperatures higher than 20°C and areas of high concentration of nourishment and of dissolved oxygen higher than 2 ml (Cole, 1980).

Three exploitable stocks are considered to exist in the Pacific Ocean (Suzuki *et al.*, 1978), with a longitudinal distribution from the coast of the American continent to 170° W. The eastern population represented approximately 40% of the total catches of this species in 1985.

The fishery of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean (EPO) by an international fleet has been affected by a series of political events regarding its regulations, such as the withdrawal of Mexico from the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). In consequence, to date there is no international consensus for the best management of the resource (Szekely, 1983; Joseph, 1983).

In recent years the catches by the Mexican fleet in the EPO have become one of the most important in relation to the total. In Mexico, this fishery has become the third in importance with regard to volume and the second in export revenues.

In the absence of a regulating body in the fishery of yellowfin tuna in the EPO involving all the countries interested in this resource, it becomes necessary for Mexico to determine adequate levels of catch and effort for its rational exploitation.

recurso, es necesario que México determine los niveles adecuados de esfuerzo y captura para su explotación racional.

Es objetivo de este trabajo aportar elementos de juicio para la administración de la pesquería, en los que se consideren tanto al recurso pesquero como la operatividad adecuada de la flota. En particular se determinarán los siguientes niveles de explotación: captura máxima sostenible, rendimiento económico máximo y equilibrio de acceso abierto.

METODOLOGIA

Para el cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) trimestral y anual, se utilizó como medida de esfuerzo el lance. El período considerado para este trabajo (1980-1987), se determinó en base al banco de datos del proyecto Pelágicos Mayores del Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada (CRIP), el cual cuenta con datos de 23,165 lances de barcos atuneros cerqueros para ese período. El esfuerzo se estandarizó con respecto a embarcaciones con capacidad de acarreo de 1,000 o más toneladas por ser los barcos más numerosos, los que obtienen la mayor proporción de captura y de los que se cuenta con la mayor información. Con el esfuerzo anual normalizado y la CPUE se calcularon las capturas en equilibrio según los modelos de Schaefer y Fox de acuerdo a la metodología descrita por Ehrhardt (1981) y utilizando la variante propuesta por Pauly (1984) para situaciones en que existe incertidumbre con respecto al valor real de esfuerzo o perturbaciones ambientales que afectan las razones de captura.

ASPECTOS ECONOMICOS

Los costos de operación de las embarcaciones, separadas en tres grupos: vareros, cerqueros con capacidad de acarreo inferior a 680 toneladas y cerqueros con capacidad de acarreo mayor de 680 toneladas, fueron proporcionados por Banpesca, Propemex y la Unión de Pescadores de Atún. Esta clasificación se utilizó, considerando que las embarcaciones así agrupadas presentan poca variabilidad en su capacidad de acarreo. Se obtuvo información adicional sobre costos en SEPESCA (1987) y Hudgins (1986). Los precios nacional e internacional del AAA para

The objective of this work is to contribute facts to be considered in the management of the fishery, taking into account both the resource and the adequate mode of operation of the fleet. In particular, the following exploitation levels will be determined: maximum sustainable yield, maximum economic yield and open access equilibrium.

METHODOLOGY

For the calculation of the quarterly and annual catch per unit effort (CPUE), the haul was used as a measure of effort. The period considered for this study (1980-1987) was determined based on the data base of the project "Pelágicos Mayores" of the Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada (CRIP), which has data concerning 23,165 hauls of tuna purse seiners for this period. Effort was standardized in relation to fishing vessels with a carrying capacity of 1,000 tons or more since they are the most numerous, they obtain the highest catch proportion and they are the ones on which most information is available. The normalized annual effort and the CPUE were used to calculate the catches in equilibrium according to the Schaefer and Fox models following the method described by Ehrhardt (1981), and using the variant proposed by Pauly (1984) for situations when there was uncertainty with regard to the real value of effort or when environmental conditions occurred affecting the catch ratios.

ECONOMIC ASPECTS

The operation costs of the fishing vessels were provided by Banpesca, Propemex and the Unión de Pescadores de Atún. The vessels were separated into three groups: bait boats, purse seiners with carrying capacity under 680 tons and purse seiners with carrying capacity over 680 tons. This classification was used considering that the vessels thus grouped present little variability in their carrying capacity. Additional information on costs was obtained from SEPESCA (1987) and Hudgins (1986). National and international prices of the yellowfin tuna for 1987 were provided by Propemex. This information was integrated into the production models for the static bio-economic analysis as explained by Anderson (1977). Additional data regarding catch for

1987 fueron proporcionados por Propemex; esta información se integró a los modelos de producción para hacer el análisis bioeconómico estático de acuerdo a lo explicado por Anderson (1977). De los reportes trimestrales e informes anuales de la CIAT provienen adicionalmente datos de captura para el período 1971-1987, capacidad de acarreo, así como número de barcos vareros y cerqueros en el lapso 1976-1987. Toda la información de capturas se presenta en toneladas métricas.

RESULTADOS

Observando las capturas de AAA de la flota internacional, compuesta principalmente por EE.UU., México, Venezuela y Ecuador, que opera en el ARCAA (Fig. 1), se observan tres períodos: uno de 1971 a 1981 con capturas alrededor de 160,000 toneladas, otro durante los años de 1982, 1983 con disminución hasta 82,000 toneladas y el último hasta 1987 que presenta un marcado incremento de capturas hasta las 245,000 toneladas.

Las capturas de la flota mexicana y de EE.UU. han tenido una variación inversa. En general las capturas mexicanas se han incrementado gradualmente hasta 1983, y después presentan un aumento notorio; las capturas estadounidenses muestran una marcada disminución hasta 1983, con un incremento posterior pero sin llegar a dominar la pesquería.

En cuanto al número de barcos operando en el ARCAA para el período 1976-1987, se ha presentado una tendencia a la baja para las embarcaciones cerqueras (Fig. 2), de 260 a 188. Las embarcaciones vareras que constituían la totalidad de la flota antes de 1960, descienden de 101 a 28.

La eficiencia de la flota internacional, de México y de EE.UU. (Fig. 3), está representada por las toneladas de AAA capturadas en un año por tonelada de capacidad de acarreo. La eficiencia de la flota internacional, que se puede considerar como un promedio, tiene un descenso desde 1.2 hasta 0.7 toneladas en el período 1976-1983. Después aumenta hasta un máximo de 2.0 ton en 1986. La flota estadounidense se comporta de manera similar con excepción de los años 1986 y 1987 en que se diferencia mayormente por debajo y por encima del promedio, respectivamente. México

the period 1971-1987, carrying capacity as well as number of bait boats and purse seiners for 1976-1987 were obtained from the IATTC quarterly and annual reports. All the information on catches is given in metric tons.

RESULTS

From the catches of yellowfin tuna by the international fleet (mainly composed of the USA, Mexico, Venezuela and Ecuador) operating in the CYRA (Fig. 1), three periods are observed: one from 1971 to 1981 with catches of around 160,000 tons, another during 1982 and 1983 with catches decreasing to 82,000 tons and the last until 1987 with catches notably increasing to 245,000 tons.

The catches of the Mexican and American fleets have had an inverse variation. In general, Mexican catches increased gradually until 1983 after which there was a notable increase. American catches decreased until 1983, and later increased but without dominating the fishery.

With regard to the number of vessels operating in the CYRA for the period 1976-1987 (Fig. 2), a decreasing trend is observed for the purse seiners, from 260 to 188. The number of bait boats, which made up all the fleet before 1960, fell from 101 to 28.

The efficiency of the international, Mexican and American fleets (Fig. 3) is given by the tons of yellowfin tuna caught in a year per ton of carrying capacity. The efficiency of the international fleet, which can be taken as average, decreased from 1.2 to 0.7 tons in the period 1976-1983. Afterwards, it increased to a maximum of 2.0 tons in 1986. The efficiency of the American fleet was similar, except for 1986 and 1987 when it was below and above the average, respectively. The efficiency of the Mexican fleet was usually above the average, obtaining the maximum value observed (2.3 tons) in 1986. However, the efficiency of the Mexican fleet was lower than that of the American fleet in 1987. There are other measures of technological efficiency, such as catch per voyage, but the necessary information for the calculation is unavailable.

The relative abundance (CPUE) of yellowfin tuna for 1980 to 1987 (Fig. 4)



Figura 1. Capturas de AAA en el ARCAA de la flota internacional (a), de México (b) y de los EE.UU. (c) de 1976 a 1987.

Figure 1. Catches of yellowfin tuna in the CYRA by the international fleet (a), Mexican fleet (b) and American fleet (c) from 1976 to 1987.

generalmente tiene valores superiores al promedio y logra el máximo observado (2.3 ton) en 1986 aunque es superado por los EE.UU. en 1987. Existen otras medidas de eficiencia tecnológica, como la captura por viaje, pero no se dispone de la información necesaria para su cálculo.

La abundancia relativa (CPUE) de AAA de 1980 a 1987 (Fig. 4), presenta máximos en el segundo y cuarto trimestre de 1981 (10.6) y un descenso drástico desde el tercer trimestre de 1982 (1.5) hasta el primero de 1983, que es seguido por un período de recuperación que termina en el primer trimestre de 1984 en que se alcanzan los niveles de CPUE de 1981. La

presented maxima in the second and fourth quarter of 1981 (10.6) and a drastic decrease from the third quarter of 1982 (1.5) to the first quarter of 1983. A period of recuperation followed and the CPUE levels of 1981 were reached in the first quarter of 1984. The relative abundance continued to increase reaching a maximum for the period in question of 22.6 in the first quarter of 1986. Subsequently, the CPUE decreased to 13.5 in the last quarter of 1987; this value is high compared to those of 1981.

The maximum sustainable catch (MSC) was calculated with the production models using the functional regression (Pauly's 1984

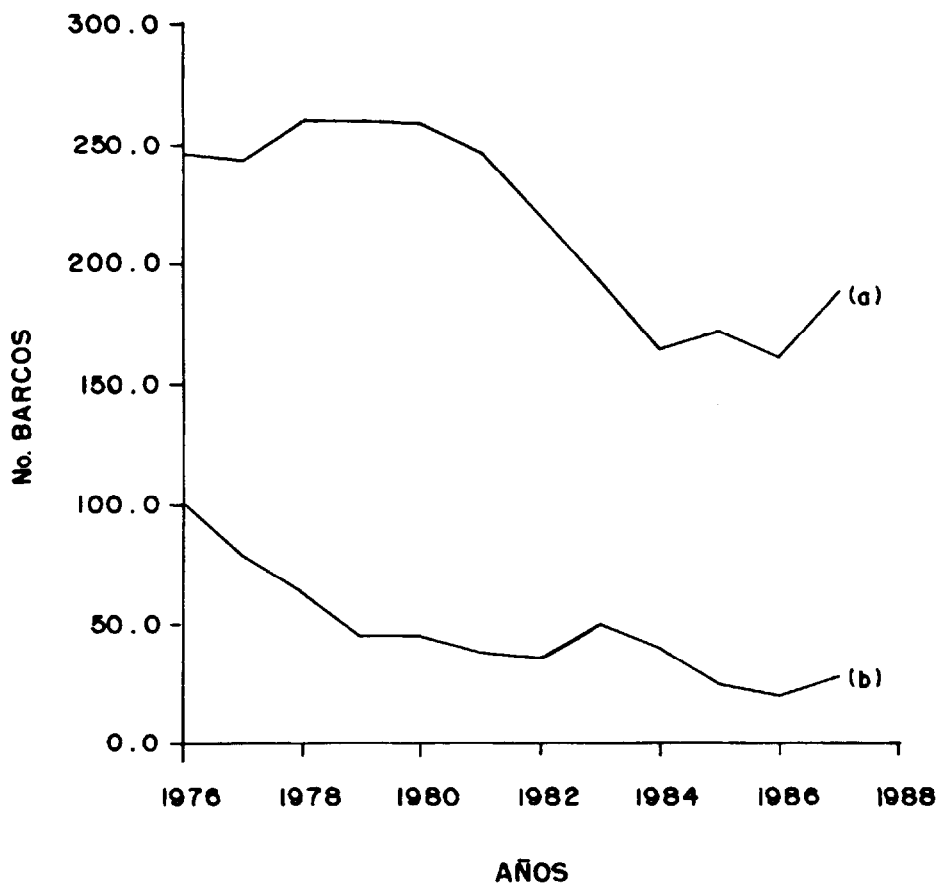


Figura 2. Número de embarcaciones atuneras cerqueras (a) y vareras (b) operando en el ARCAA de 1976 a 1987.

Figure 2. Number of tuna purse seiners (a) and bait boats (b) operating in the CYRA from 1976 to 1987.

abundancia relativa sigue en aumento hasta un máximo del período en cuestión de 22.6 en el primer trimestre de 1986. Posteriormente la CPUE desciende hasta 13.5 en el último trimestre de 1987 que es un valor alto en comparación a los de 1981.

Con respecto a los modelos de producción, utilizando la regresión funcional (variante de Pauly, 1984), se obtuvo con el modelo de Schaefer una captura máxima sostenible (CMS) de 185,439 toneladas con un

variant). A MSC of 185,439 tons with an effort of 13,630 hauls was obtained with the Schaefer model, while the Fox model yielded a MSC of 233,833 tons with an effort of 7,340 hauls (Fig. 5).

For the bioeconomic analysis and considering that the value of yellowfin tuna catch varies according to the weight of the fish, a weighted international price was estimated of \$1,136 dollars per ton for 1987. This considers the catch composition and a cost per unit of

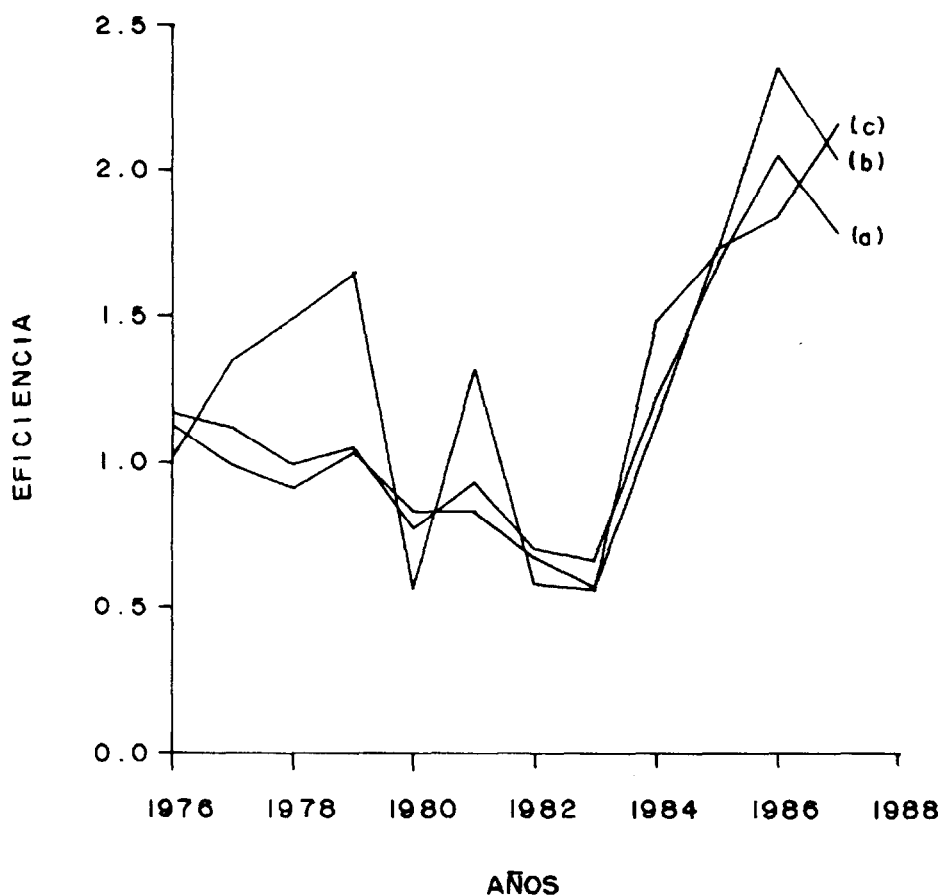


Figura 3. Eficiencia, medida como captura de AAA por toneladas de capacidad de acarreo, de la flota internacional (a), de México (b) y de los EE.UU. (c) en el ARCAA de 1976 a 1987.

Figure 3. Efficiency, measured as yellowfin tuna catch per ton of carrying capacity, of the international fleet (a), Mexican fleet (b) and American fleet (c) in the CYRA from 1976 to 1987.

esfuerzo de 13,630 lances. Con el modelo de Fox se obtuvo una CMS de 233,833 toneladas aplicando un esfuerzo de 7,340 lances (Fig. 5).

Para el análisis bioeconómico y considerando que el valor de la captura de AAA varía de acuerdo al peso de los organismos, se estimó un precio ponderado internacional de \$1,136 dólares por tonelada para 1987 de acuerdo a la composición de las capturas y un costo por unidad de esfuerzo normalizado de \$12,710 dólares para ese mismo año. Esta información permitió calcular los ingresos por captura en equilibrio para los modelos de

normalized effort of \$12,710 dollars for that same year. From this information, the revenue per catch in equilibrium was calculated with the production models and the total operation costs of the international fishery in the CYRA, which considers 20% as the minimum acceptable gain to stay in the fishery, was estimated (Fig. 6).

With the Schaefer model, a maximum economic yield (MEY) is obtained with 7,000 hauls for a catch in equilibrium of 138,145 tons (156 million dollars). With the Fox model, a maximum profit is obtained with

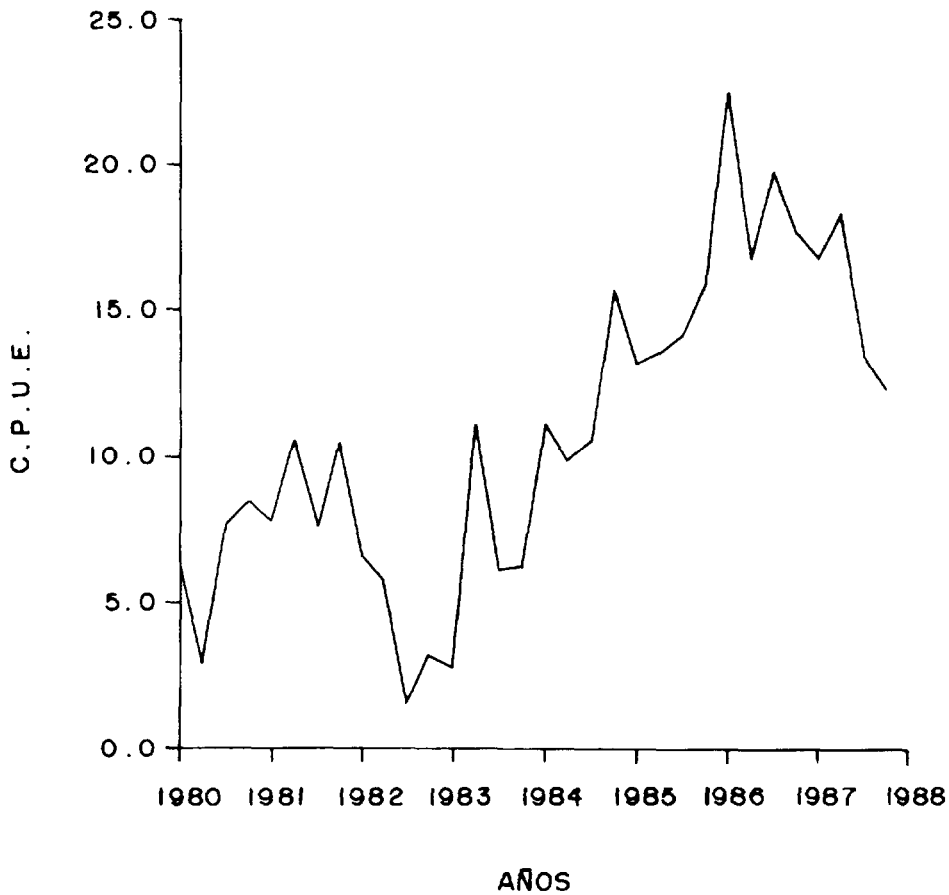


Figura 4. Variación de la CPUE (captura por lance) trimestral de AAA en el ARCAA de 1980 a 1987.

Figure 4. Variation of the quarterly CPUE (catch per haul) of yellowfin tuna in the CYRA from 1980 to 1987.

producción y estimar costos totales de operación de la pesquería internacional en el ARCAA, que incluyen un 20% como ganancia mínima aceptable para mantenerse en la pesquería (Fig. 6).

Se obtiene un rendimiento económico máximo (REM) con 7,000 lances para una captura en equilibrio de 138,145 toneladas (156 millones de dólares) en el modelo de Schaefer. Con el modelo de Fox se logra un máximo beneficio con 4,900 lances y una captura de 217,654 toneladas (247 millones de

4,900 hauls and a catch of 217,654 tons (247 million dollars). The open access equilibrium point is obtained with nearly the same effort, 13,333, 13,571 hauls, and similar catches in equilibrium of 180,885 (205 million dollars) and 184,996 tons (210 million dollars) with the Schaefer and Fox models, respectively.

DISCUSSION

In 1982 and 1983, the catches of the CYRA fleet declined considerably and a noticeable drop in the efficiency is recorded.

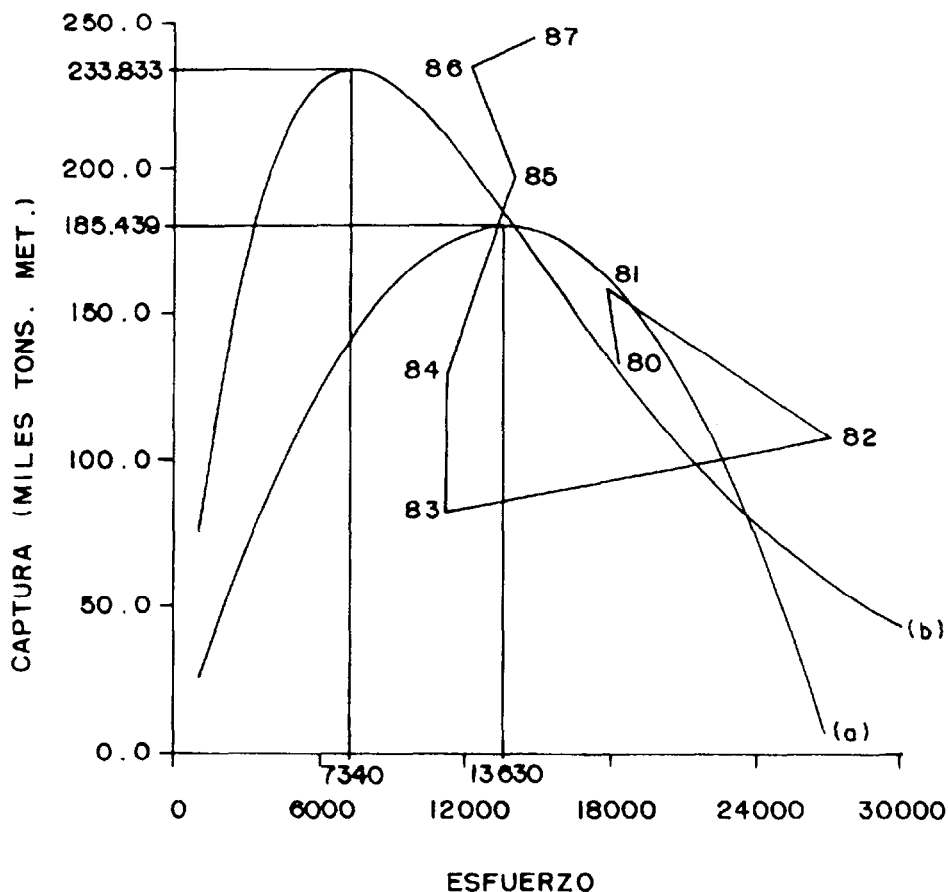


Figura 5. Capturas en equilibrio según el modelo de Schaefer (a) y el modelo de Fox (b) de acuerdo a la variante de Pauly.

Figure 5. Catches in equilibrium according to the Schaefer model (a) and the Fox model (b) using the variant proposed by Pauly.

dólares). El punto de equilibrio de acceso abierto se localiza prácticamente con el mismo esfuerzo, 13,333, 13,571 lances, y capturas en equilibrio semejante 180,885 (205 millones de dólares) y 184,996 toneladas (210 millones de dólares) con los modelos de Schaefer y Fox respectivamente.

DISCUSION

En 1982 y 1983 se aprecia un decremento drástico de las capturas en el ARCAA, así como una baja sensible en la eficiencia. De igual forma la CPUE presentó sus valores más bajos de todo el período de estudio en esos años. Esto está relacionado con el incremento

Likewise, the lowest CPUE values of all the study period also occurred in 1982 and 1983. This is related to an increase in surface temperature in the Pacific Ocean from the middle of 1982 to the end of 1983 and to the presence of the thermocline at a deeper depth caused by the El Niño phenomenon (IATTC Annual Report, 1986). This could have provoked a greater dispersion of the tuna, both horizontally and vertically, making the resource less vulnerable to fishing gear (Dreyfus-León *et al.*, 1986) and would explain the decline in the catches, efficiency and CPUE.

The highest catch and efficiency values are found from 1984 to 1987 and can be

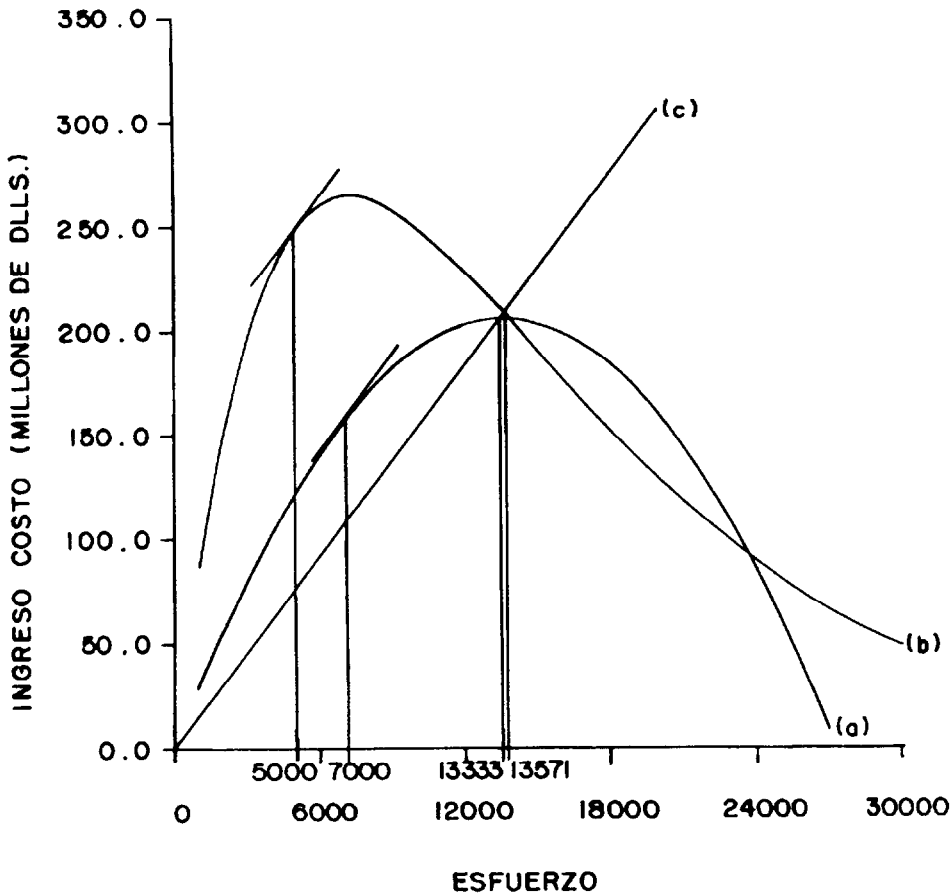


Figura 6. Relación ingreso-costo (costos incluyen 20% de ganancia para mantenerse en la pesquería) para el AAA en el ARCAA según el modelo de Schaefer (a) y de Fox (b), de acuerdo a la regresión funcional.

Figure 6. Income-cost relationship (costs include 20% gain to stay in the fishery) for yellowfin tuna in the CYRA according to the Schaefer model (a) and Fox model (b), using the functional regression.

de la temperatura superficial en el océano Pacífico a partir de mediados de 1982 hasta fines de 1983 y a la presencia de la termoclina a mayor profundidad ocasionados por el fenómeno de El Niño (Informe Anual de la CIAT, 1986). Esto pudo provocar una mayor dispersión del atún tanto horizontal como verticalmente, haciendo al recurso menos vulnerable al arte de pesca (Dreyfus-León *et al.*, 1986), lo que explicaría el descenso en las capturas, eficiencia y CPUE.

explained by the increase in abundance of the resource, i.e. high CPUE. This is probably caused by the low catches of the two previous years which allowed the resource to recuperate, obtaining a higher survival rate of the different age classes and the incorporation of a large number of recruits into the fishery (Dreyfus-León *et al.*, 1986). The recruitment in 1984 and 1985 has been the highest recorded to date (IATTC Annual Report, 1986).

Las capturas al igual que la eficiencia presentaron los valores más altos desde 1984 hasta 1987 que se pueda explicar por el aumento en abundancia del recurso, CPUE elevada. Esto último probablemente causado por las bajas capturas de los dos años anteriores que provocaron que el recurso se recuperara, logrando mayor sobrevivencia de las diferentes clases de edad y a la incorporación de un mayor número de reclutas a la pesquería (Dreyfus-León *et al.*, 1986), reclutamiento que en 1984 y 1985 ha sido el mayor registrado hasta la fecha (Informe Anual de la CIAT, 1986).

En cuanto a la capacidad de la flota internacional, ésta decreció principalmente por la disminución de la flota estadounidense que se trasladó parcialmente al océano Pacífico occidental en 1982 (Informe Anual de la CIAT, 1986).

De los modelos de producción empleados, el que presenta mejor ajuste es el de Fox, con una correlación de -0.734 significativa al 5% y se considera que 233,833 ton es la mejor estimación de CMS utilizando la regresión funcional. Sin embargo, esta CMS tan elevada es debida a una situación anormal ocasionada en parte por El Niño de 1982-1983 ya que anteriormente las capturas fluctuaban poco y la CMS estimada desde 1973 hasta 1985 por la CIAT es de alrededor de 160,000 ton (Informes Anuales de la CIAT, 1973-1985). Por lo tanto, se considera que una CMS de 185,438 ton, de acuerdo al modelo de Schaefer, es más acorde con las características del sistema oceánico prevaleciente en el OPO.

Se puede observar que el esfuerzo se ha estabilizado desde 1983 entre los 11,000 y los 15,000 lances y que lo que ha fluctuado mayormente son las capturas de esos años (de 82,000 a 245,000 ton). De no ocurrir cambios no característicos para esta zona es posible prever un descenso de las capturas a corto plazo, manteniendo los niveles de esfuerzo de los últimos años, al regresar la población de AAA a los niveles de abundancia anteriores a El Niño de 1982-1983.

Esta pesquería, al no existir una regulación internacional es de acceso abierto y por lo tanto el REM no se puede alcanzar ya que

The capacity of the international fleet dropped mainly because of the reduction of the American fleet which was partially transferred to the western Pacific Ocean in 1982 (IATTC Annual Report, 1986).

Regarding the production models used, the best fit was obtained with the Fox model, with a correlation of -0.734 significant to 5% and 233,833 tons is considered the best MSC estimate using the functional regression. However, this high MSC is due to an abnormal situation caused in part by the 1982-1983 El Niño. Previously, the catches fluctuated little and the MSC estimated from 1973 to 1985 by the IATTC is around 160,000 tons (IATTC Annual Reports, 1973-1985). Therefore, it is considered that a MSC of 185,438 tons according to the Schaefer model is in better agreement with the characteristics of the prevailing oceanic system in the EPO.

It can be seen that since 1983 the effort has stabilized between 11,000 and 15,000 hauls and that what has most fluctuated are the catches of those years (from 82,000 to 245,000 tons). If uncharacteristic changes do not occur in this zone, it is possible to predict a decrease in catches in the short-term, maintaining the levels of effort of the last years, when the population of yellowfin tuna returns to the abundance levels prior to the 1982-1983 El Niño.

Since no international regulations exist, this fishery is of open access and, therefore, the MEY cannot be reached as this would also imply a reduction of 45.9% in the effort relative to that applied in 1987 if the Schaefer model is assumed.

The real benefits, not of equilibrium, per tuna catch of 1987 are of 89 million dollars, that is 47.7% higher than the operation costs. This could provoke an increase in the effort.

Considering an acceptable minimum gain of 20% to stay in the fishery, it is noted that both models nearly coincide in the open access equilibrium point regarding catch and effort. It should be noted that this level of effort is found in the range of that observed since 1983. Regarding the condition of the resource, the Fox model implies overexploitation but not so the Schaefer model, in which

esto implica además una reducción de 45.9% en el esfuerzo con respecto al aplicado en 1987 si consideramos el modelo de Schaefer.

Los beneficios reales, no de equilibrio, de 1987 por captura de atún son de unos 89 millones de dólares, es decir 47.7% superiores a los costos de operación lo que puede provocar a corto plazo un aumento en el esfuerzo.

Considerando una ganancia mínima aceptable de 20% para mantenerse en la pesquería, vemos que los dos modelos coinciden prácticamente en el punto de equilibrio de acceso abierto en cuanto a captura y esfuerzo se refiere. Es importante notar que este nivel de esfuerzo se encuentra en el intervalo de lo observado desde 1983. En cuanto a la situación del recurso, el modelo de Fox marca una sobreexplotación pero no así el de Schaefer en que el punto de equilibrio de la pesquería se alcanza casi en el punto de CMS. Esto último parece estar más acorde con la realidad dadas las estimaciones de CMS de años anteriores y condiciones típicas del OPO (corrientes y temperatura). Otra razón que apoya lo anterior es que los niveles de esfuerzo necesarios para lograr las capturas en equilibrio del modelo de Fox son demasiado bajas ya que, para obtener por ejemplo la captura de equilibrio de acceso abierto pero en un nivel de subexplotación, sería necesario aplicar un esfuerzo de 3,451 lances, que implicaría una CPUE de 54 ton, a todas luces irreal. Por lo anterior se considera que el modelo de Schaefer en el análisis bioeconómico presenta puntos de equilibrio y de REM más realistas aunque el modelo de Fox calculado con media geométrica presenta la mejor estimación de CMS para el presente año.

Por otro lado podemos considerar que el AAA está protegido de una sobreexplotación por los altos costos de operación, pero es difícil que el sistema bioeconómico se establezca sólo por fenómenos oceánicos sino por cambios económicos de precio y costo principalmente y a la interrelación de estos dos componentes del sistema.

La pesquería mexicana de atún, al igual que la de los demás países, tiende hacia un bajo beneficio económico de operación debido a lo expuesto y por la contribución de la flota, por compra de las embarcaciones, a la deuda

the equilibrium point of the fishery is reached nearly at the point of MSC. This seems to be closer to reality given the MSC estimates of previous years and typical conditions of the EPO (currents and temperature). Another argument supporting this is that the levels of effort needed to obtain the catches in equilibrium of the Fox model are too low since to obtain, for example, the open access equilibrium catch at an underexploitation level, it would be necessary to apply an effort of 3,451 hauls, implying a CPUE of 54 tons, clearly unreal. Hence, it is considered that, in the bioeconomic analysis, the Schaefer model presents more realistic equilibrium and MEY points, though the Fox model calculated with geometric mean presents the best MSC estimate for the present year.

On the other hand we can consider that the yellowfin tuna is protected against over-exploitation by the high operation costs. However, it is unlikely that the bioeconomic system will stabilize due to oceanic phenomena and to changes in price and cost.

The Mexican tuna fishery, like that of other countries, tends towards a low economic operation profit due to the above reasons and to the fleet's contribution, by the purchase of vessels, to Mexico's foreign debt. However, the investment put into this fleet can be considered part of the justification and defense cost of the exclusive fishing zone. Furthermore, the fishery has provided experience, a processing infrastructure and jobs, which constitute a social benefit that has not been evaluated.

CONCLUSIONS

The resource is found in a high level of abundance due to a drop in fishing mortality during the 1982-1983 El Niño and to the subsequent high recruitment, maximum recorded, of 1984 and 1985. Therefore, in the short-term, a MSC of 233,833 tons, estimated with the Fox model, seems to be appropriate but when the abundance of the resource falls to the levels recorded before 1982, the MSC of 185,439 tons, corresponding to the Schaefer model, will be more adequate.

The MEY of this fishery would be achieved by reducing the effort to 7,000 hauls, according to the Schaefer model which, for

externa de México. Sin embargo, la inversión realizada en esta flota se puede considerar como parte del costo de justificación y defensa de nuestra ZEE. Además, ha permitido una capacitación pesquera que no se tenía, una infraestructura de procesamiento y generación de empleos que conforman un beneficio social que no ha sido evaluado.

CONCLUSIONES

El recurso se encuentra en un nivel alto de abundancia, debido a una baja en mortalidad por pesca durante El Niño de 1982-1983 y al alto reclutamiento subsiguiente, máximo registrado, de 1984 y 1985. Por lo tanto, a corto plazo una CMS de 233,833 ton, estimada con el modelo de Fox, parece ser apropiada pero al descender la abundancia del recurso a niveles registrados antes de 1982, la CMS de 185,439 ton, correspondiente al modelo de Schaefer, será más adecuada.

El REM de esta pesquería se lograría reduciendo el esfuerzo hasta 7,000 lances. Esto de acuerdo al modelo de Schaefer que presenta, para la obtención de las capturas en equilibrio, niveles de esfuerzo más realistas. Sin embargo, con la ausencia de regulación internacional, el REM no se puede lograr y la tendencia es la de alcanzar el punto de equilibrio de acceso abierto. En este aspecto tanto el modelo de Schaefer como el de Fox coinciden en su ubicación con un esfuerzo aproximado de 13,000 lances y captura sostenible de alrededor de 180,000 ton.

RECOMENDACIONES

Se requiere hacer un análisis bioeconómico dinámico, considerando cambios de precio-costo y que la respuesta a éstos por parte de la pesquería no es instantánea.

Es conveniente estimar los beneficios de esta pesquería al considerar un sistema más amplio, que incluya la fase de procesamiento, la de las demás áreas que se activan, como el trabajo en astilleros, y considerando también el aspecto financiero.

En lo referente a la flota mexicana, es recomendable que ésta no aumente en número de embarcaciones ya que una disminución en la abundancia de AAA en combinación con un

catches in equilibrium, presents more realistic levels of effort. However, in the absence of international regulations, the MEY cannot be achieved and the tendency is to reach the open access equilibrium point. In this respect both the Schaefer and Fox models coincide in a maximum effort of 13,000 hauls and sustainable catch of around 180,000 tons.

RECOMMENDATIONS

A dynamic bioeconomic analysis is required which considers changes in cost-price and the non-instantaneous response to these by the fishery.

The benefits of this fishery should be estimated, taking into consideration factors which include the processing phase and other stages involved, such as dockyard repairs, as well as financial aspects.

Regarding the Mexican fleet, it would be inadvisable for it to increase in number of vessels since a decrease in the abundance of yellowfin tuna in combination with a greater effort or a fall in price could mean that the costs would exceed the income.

English translation by Christine Harris.

esfuerzo mayor o tan solo una baja de precio puede provocar que los costos superen a los ingresos.

LITERATURA CITADA

Anderson, L.G. (1977). *The Economics of Fisheries Management*. The Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore and London.

Calkins, T.P. (1975). Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1971-1974. *CIAT Bol.*, 17(1): 1-116.

CIAT (1973-1985). *Informes Anuales de la Comisión Interamericana del Atún Tropical 1973-1985*.

CIAT (1986). *Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical 1986*.

- Cole, J.S. (1980). Synopsis of biological data on the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), in the Pacific Ocean. In: W.H. Bayliff (ed.), Synopsis of Biological Data on Eight Species of Scombrids. CIAT Spec. Rep., (2): 75-150.
- Dreyfus-León, M., Robles R., H., Villaseñor C., A. y González L., M.A. (1986). Análisis de la variación trimestral de la abundancia relativa del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* durante el período 1981-1985 en las zonas de pesca de la flota atunera mexicana. En: Contribuciones Biológicas y Tecnológico-pesqueras. CRIP. Documento Técnico Informativo (Q), pp. 1-15.
- Ehrhardt, N.M. (1981). Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. Cuarta parte, La Paz, B.C.S. Julio 1981. FAO-CICIMAR.
- Hudgins, L.L. (1986). Development of the Mexican tuna industry 1976-1986. Research Report Series (5). Pacific Island Development Program, Honolulu, Hawaii.
- Joseph, J. (1983). International tuna management revisited. In: B.J. Rothschild (ed.), Global Fisheries. Perspectives for the 1980s. Springer-Verlag, New York, pp. 123-150.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters. A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management (ed.), Manila, Philippines.
- SEPESCA (1987). Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca (ed.).
- Szekely, A. (1983). Implementing the new law of the sea: The Mexican experience. In: B.J. Rothschild (ed.), Global Fisheries. Perspectives for the 1980s. Springer-Verlag, New York, pp. 51-72.
- Suzuki, Z., Tomlinson, P.K. y Honma, M. (1978). Estructura de la población del atún aleta amarilla del océano Pacífico. CIAT Bol., 17(5): 273-441.