

# Máximo rendimiento sostenible y esfuerzo óptimo de pesca del huachinango (*Lutjanus peru*) en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México

Del Monte-Luna, Pablo<sup>1</sup>, Guillermo Guzmán-Jiménez<sup>2</sup>, Rodrigo Moncayo-Estrada<sup>1</sup>, Susana Sánchez-González<sup>1</sup>, Aníbal Ayala-Cortés<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> CRIP Bahía de Banderas. La Cruz de Huanacastle, Nayarit. Apdo. Postal #59, C.P. 63732. Bucerías, Nayarit. E-mail: ebimap@pvnet.com.mx.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico del Mar N° 6. Apdo. Postal #32, C. P. 63732. Bucerías, Nayarit.

DEL MONTE-LUNA, P., G. Guzmán-Jiménez, R. Moncayo-Estrada, S. Sánchez-González y A. Ayala-Cortés. 2001. Máximo rendimiento sostenible y esfuerzo óptimo de pesca del huachinango (*Lutjanus peru*) en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México. *INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.*

Se aplicaron los modelos en equilibrio de producción excedente de Schaefer y Fox a datos de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de huachinango (*Lutjanus peru*) en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México, de 1987 a 1997 con el fin de calcular el máximo rendimiento sostenible (*RMS*) y el esfuerzo óptimo (*EO*) de la pesquería. Los resultados obtenidos fueron, por el modelo de Schaefer: *RMS* = 263 toneladas; *EO* = 2930 viajes; por el modelo de Fox: *RMS* = 221 toneladas; *EO* = 2313 viajes. Con base en el coeficiente de determinación  $r^2$  entre la *U* observada y calculada por ambos modelos se determinó que el modelo más adecuado es el de Schaefer ( $r^2 = 0.63$ ) porque se ajusta mejor a los datos debido al tipo de distribución del recurso.

*Schaefer and Fox surplus production models under equilibrium conditions were applied to catch, effort and catch per unit of effort data of the Pacific red snapper (Lutjanus peru) in La Cruz de Huanacastle, Nayarit, Mexico, during the 1987-1997 period, in order to achieve the maximum sustainable yield (MSY) and the optimum effort (OE) for the fishery. The resulting values are: Schaefer model: MSY = 263 tones; OE = 2930 trips; Fox model: MSY = 221 tones; OE = 2313 trips. The regression coefficient between the observed and simulated U was considered to determine that Schaefer's model ( $r^2 = 0.63$ ) was better than Fox's model ( $r^2 = 0.59$ ), because the type of distribution of the specie was better described by the Schaefer's model.*

## Introducción

La incorporación y manejo de modelos matemáticos para describir y pronosticar las respuestas de las poblaciones sometidas a explotación toma cada día mayor importancia, a medida que se cuenta con técnicas más precisas y rápidas para llevar a término los cálculos y poner en práctica medidas tendientes a controlar y administrar de manera científica los recursos naturales (De la Cruz<sup>1</sup>, 1980).

Particularmente en el ámbito de las pesquerías, el desarrollo de este tipo de modelos se ha convertido en la herramienta más útil en cuanto a manejo y evaluación (Hilborn y Walters, 1992).

Entre los modelos más sencillos y comúnmente utilizados se encuentran los modelos de equilibrio de producción excedente. Esta sencillez, sin embargo, no es la única razón de su prestigio. Los modelos de equilibrio de producción excedente parten de la idea fundamental de que, a largo plazo, altos niveles de esfuerzo pesquero ge-

neran bajos niveles de biomasa, y a partir de esta idea calculan los niveles óptimos de captura y esfuerzo. Este hecho los han convertido en una herramienta provechosa y directamente aplicable al manejo de los recursos pesqueros (Gulland, 1983).

El objetivo del presente trabajo es calcular el rendimiento máximo sostenible (*RMS*) y el esfuerzo óptimo (*EO*) de la pesquería del huachinango en La Cruz de Huanacastle, Nayarit mediante la aplicación de dos modelos de equilibrio de producción excedente: el modelo de Schaefer (1954) y el de Fox (1970) y evaluar las diferencias y el desempeño de cada uno.

## Antecedentes

El uso de los modelos de biomasa dinámica ha sido común a lo largo de la historia. Desde sus primeras aplicaciones en recursos pesqueros del Mar del Norte (Graham, 1935) se han convertido en la herramienta principal para la evaluación de muchas pesquerías en el ámbito mundial, particularmente para la realizada por agencias dedicadas a la pesquería de túnidos (Schaefer, 1954), como la Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT), la Comisión Interamericana del Atún Tropical (IATTC); agencias que explotan peces de pico y merluza, como la Comisión Internacio-

1 DE LA CRUZ A., G. Programa para calcular la captura en equilibrio. *Laboratorio de Ecología Marina. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. México. 1980. 19pp. (Inédito)*

nal de Pesquerías del Atlántico Sureste (ICSEAF) y, más recientemente, la Comisión Internacional del Lenguado del Pacífico (IPHC) (Hilborn y Walters, 1992; Hilborn y Mangel, 1997; OSB, 1998).

En México, recientemente, también ha sido común el uso de modelos de producción excedente. Arreguín-Sánchez (1991) desarrolló un método basado en el modelo de Schaefer para calcular el tiempo de recuperación de distintas poblaciones sujetas a explotación (pulpo y mero en el banco de Campeche y abulón amarillo en la península de Baja California). En Colima, Ramírez (1977) realizó un análisis de la pesquería ribereña aplicando modelos tradicionales de producción y Cruz-Romero *et al.* (1992, 1995) y Cruz-Romero *et al.*<sup>2</sup> han aplicado los modelos de Doi-Pauly, Schaefer y Fox a los datos de las principales familias que componen la captura comercial del estado para calcular el potencial de producción de la actividad. En Jalisco, Rojo-Vázquez (1991) realizó un análisis cuantitativo de la producción pesquera en la entidad.

En 1998, el Instituto Nacional de la Pesca (INP) realizó una revisión del estado de salud de las principales pesquerías del país<sup>3</sup>. Muchos de los análisis aplicados en este estudio se basan en modelos matemáticos. En Nayarit, sin embargo, no se han realizado hasta ahora análisis biológicos de evaluación sobre los recursos pesqueros de sus costas.

## Métodos y materiales

La información sobre captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo de huachinango se obtuvo de los avisos de arribo de la oficina de la SEMARNAP en la Cruz de Huanacaxtle, Nayarit de 1987 a 1997, por considerar que tienen una menor desviación con respecto a la realidad (Tabla 1).

**Tabla 1.** Series históricas de captura (C), esfuerzo (E) y captura por unidad de esfuerzo (U) de huachinango en La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit, México.

Año	E (viajes)	C (toneladas)	U (kg./viaje)
1987	2718	84	22
1988	4370	204	41
1989	4742	165	25
1990	5049	205	29
1991	1551	189	109
1992	1832	282	143
1993	2985	382	135
1994	3982	270	63
1995	2469	307	111
1996	2804	325	112
1997	1408	195	145

Fuente: avisos de arribo de la oficina de SEMARNAP de La Cruz de Huanacaxtle.

<sup>2</sup> CRUZ-ROMERO, M., E. Espino-Barr y A. García-Boa. Estudio de aproximación del rendimiento máximo sostenible de la pesca ribereña en el estado de Colima. Informe Técnico CRIP-Manzanillo, Col., 1996. INP/SEMARNAP. México. 10p.

<sup>3</sup> Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo. INP. SEMARNAP. México. Resumen ejecutivo.

Los avisos de arribo son los formatos manejados por las oficinas regionales de Pesca donde se vierte la información que los pescadores y permisionarios aportan sobre las capturas, número de embarcaciones y de pescadores que participan, así como las ganancias obtenidas por cada pescador o permisionario.

La captura anual se determinó sumando los datos de producción mensual; los datos anuales de esfuerzo, que son la suma del número de viajes por mes, asumiendo que cada aviso de arribo representa un viaje de pesca; y la captura por unidad de esfuerzo anual, que representa el promedio de los valores mensuales de captura por unidad de esfuerzo, ya que no presenta características aditivas como ocurre con la captura y con el esfuerzo.

Es necesario advertir que, en virtud de los pocos estudios realizados sobre los recursos pesqueros en la región, mucha de la información utilizada para apoyar los argumentos relacionados con las características históricas de esta pesquería se obtuvo a través de comunicación verbal con los protagonistas de la actividad (Tabla 1).

### Los modelos

El modelo de Schaefer puede expresarse como una familia de modelos alimentados con tres variables: la captura total  $C_t$ , el esfuerzo pesquero  $E_t$ , y la captura por unidad de esfuerzo ( $U$  o  $U_t$ ) al tiempo  $t$  (Schnute, 1989). Estos tres grupos de datos son dependientes entre sí, ya que

- (1)  $C_t/E_t = U_t$ , la versión más sencilla del modelo asume una relación lineal entre  $E$  y  $U$ .
- (2)  $U_t = \alpha - \beta E_t$ , cuya restricción es que los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  sean positivos independientemente de  $t$ .  
A partir de (1) y (2) se obtiene  $C$  en términos de  $E$ .
- (3)  $C_t = (\alpha - \beta E_t)E_t$ .  
Derivando (3) con respecto a  $E$  e igualando a 0, se obtiene el esfuerzo óptimo ( $EO$ ).
- (4)  $E_t = (\alpha/2\beta) = EO$ , y para calcular la captura máxima o rendimiento máximo sostenible ( $RMS$ ), se sustituye (4) en (3).
- (5)  $CEO = (\alpha^2/4\beta) = RMS$   
El modelo de Fox, a diferencia del modelo de Schaefer, implica que la relación entre  $U$  y  $E$  es exponencial y no lineal, expresándose como:
- (6)  $U_t = \alpha^{(-\beta E_t)}$ .  
De manera análoga al modelo de Schaefer,  $C$  se obtiene en términos de  $E$  a partir de (1) y (6)
- (7)  $C_t = \alpha^{(-\beta E_t)E_t}$ . Derivando (7) con respecto a  $E$  e igualando a 0, se obtiene  $EO$
- (8)  $E_t = (1/\beta) = EO$ , y sustituyendo  $EO$  en (7) se calcula el  $RMS$ .
- (9)  $CEO = (\alpha/\beta^{(1)}) = RMS$   
Para obtener  $U$  se calcularon los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  por mínimos cuadrados. En el modelo de Schaefer los parámetros pueden calcularse directamente de (2) y en el caso del modelo de Fox (6) se transforma a una relación lineal de la forma
- (10)  $\ln(U_t) = \ln \alpha - \beta E_t$ ,

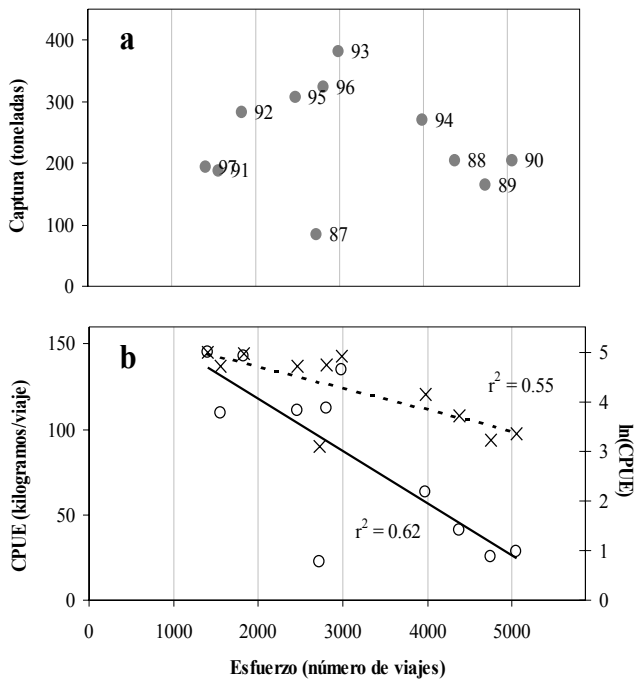
## Resultados

Los cálculos de *RMS*, *EO*, los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  y el desempeño de ambos modelos en términos del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) se presentan en la *tabla 2*.

**Tabla 2.** Rendimiento máximo sostenible (*RMS*), esfuerzo óptimo (*EO*), parámetros de regresión (modelos de Schaefer y Fox) ajustados a los datos de *U* y captura de huachinango en La Cruz de Huanacastle, Nay., México, de 1987 a 1997.

Modelo	RMS	EO	a	b	r <sup>2</sup>
Schaefer	263	2930	179	0.03	0.63
Fox	221	2313	260	0.0004	0.59

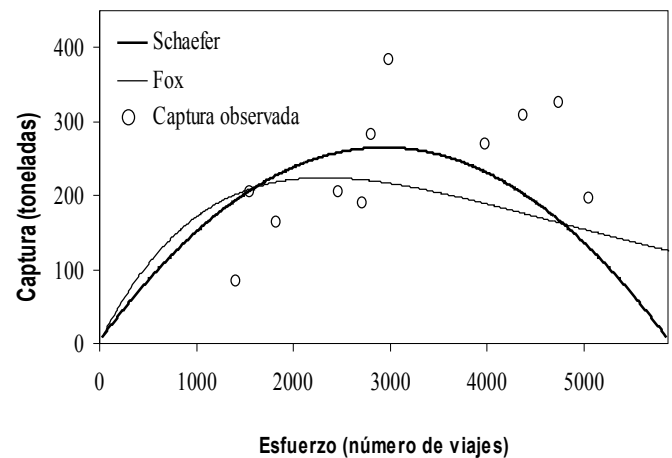
El comportamiento anual de la captura con respecto al esfuerzo sugiere dos etapas diferentes en la pesquería: 1) los primeros años (1987 a 1990) un esfuerzo algo elevado y bajos niveles de captura; y (2) un periodo de magnitudes intermedias de esfuerzo, pero con capturas sostenidamente altas (1991 a 1997). Particularmente en 1997 se presentan capturas bajas y el esfuerzo más bajo registrado de 1987 a 1997 (Fig. 1a, Tabla 1). Por otra parte, la relación entre los datos de *U* con respecto al esfuerzo se explica en un 62% ( $r^2 = 0.62$ ) por el modelo de Schaefer y en un 55% ( $r^2 = 0.55$ ) por el modelo de Fox (Fig. 1b).



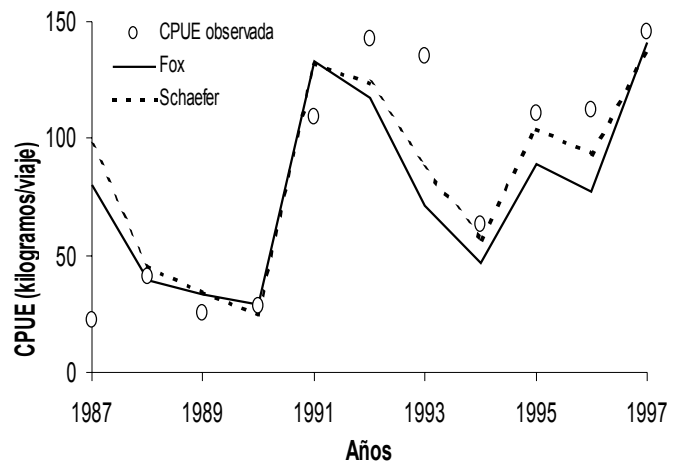
**Fig. 1.** (a) Diagrama de dispersión entre la captura y el esfuerzo y (b) rectas del modelo de Schaefer (línea continua) y Fox (línea intermitente) ajustadas a los datos de *U* (CPUE) y esfuerzo para el huachinango en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México, durante el periodo 1987-1997.

La *figura 2* presenta las curvas ajustadas de los modelos de Schaefer y Fox a los datos de captura y esfuerzo. La captura calculada por el modelo de Schaefer tiene, en promedio, menor desviación con respecto a la calculada, si se compara con la captura calculada por el modelo de Fox, lo cual se denota por el valor del coeficiente de determinación de cada modelo.

Con el modelo de Schaefer el *RMS* es de 263 toneladas anuales y el *EO* es de 2,930 viajes anuales. Con el modelo de Fox el *RMS* se alcanza en las 221 toneladas con un esfuerzo de 2,313 viajes por año. El *RMS* obtenido con el modelo de Schaefer difiere en un 16% del obtenido con el modelo de Fox, en tanto que el *EO* difiere en un 21%. A pesar de estas diferencias, el comportamiento de la *U* obtenida por los dos modelos es notablemente similar, sin embargo, en ambos casos *U* al tiempo 1 es sobrestimada alrededor de cuatro veces (Fig. 3).



**Fig. 2.** Ajuste de los modelos en equilibrio de producción excedente de Schaefer y Fox con respecto a la captura y el esfuerzo para huachinango en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México, durante el periodo 1987-1997.



**Fig. 3.** Captura por unidad de esfuerzo estimada mediante los modelos de Schaefer y Fox en equilibrio en comparación con la *U* (CPUE) observada para el huachinango en La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México.

## Discusión

El sistema de los avisos de arribo asume que los pescadores reportan la información de manera oportuna y completa. En la realidad, sin embargo, es una práctica habitual no registrar toda la captura, registrar más de la extraída o rezagar los reportes. Esto ha convertido los avisos de arribo en uno de los métodos menos directos para estimar captura y esfuerzo. Por ello, en la literatura es común encontrar advertencias acerca de su uso como fuente de información. Sin embargo, la calidad de las evaluaciones sigue dependiendo de la calidad y cantidad de los datos y si éstos son escasos o inapropiados convierten a la evaluación de los recursos en un proceso problemático, ya que cuando no se capta toda la información de las capturas hay una alta posibilidad de que se excedan los valores límite de mortalidad por pesca.

En el presente análisis, posiblemente el hecho de registrar las capturas a partir de los avisos de arribo no sea el problema fundamental sino la medida empleada para ponderar el esfuerzo. Se parte de la suposición de que un aviso de arribo equivale a un viaje de pesca, pero esto rara vez corresponde a la realidad. En el caso particular de la flota ribereña esta apreciación puede ser válida porque las operaciones de pesca implican jornadas de 8 a 12 horas diarias y los reportes generalmente se hacen el mismo día del desembarque, de manera que la magnitud del esfuerzo no depende del tiempo de operación del arte de pesca (que es constante) sino del número de viajes que se hacen para conseguir el producto. En contraste, cuando se registra la actividad de los barcos nodriza como un solo viaje, en realidad se está presentando la captura de varias embarcaciones que operan temporal y espacialmente de forma muy diferente a las que conforman la flota ribereña, como si hicieran diariamente viajes más cortos y frecuentes hasta durante una semana.

En vista de que los avisos de arribo combinan registros de dos flotas con distinto poder de pesca, se presentan varias situaciones: 1) existe un efecto substancial en el resultado de los modelos que suponen capturabilidad constante; 2) en las evaluaciones que emplean datos obtenidos a partir de esta fuente, el esfuerzo se subestima y el recurso puede encontrarse más explotado de lo que se supone; 3) la  $U$  resulta ser un mal indicador de la abundancia y 4) es posible remediar el problema normalizando el esfuerzo, lo que implica un experimento que determine el poder relativo de pesca de cada flota; sin embargo, esto escapa a los objetivos del presente trabajo y sólo resta hacer constar que considerar el viaje como unidad de esfuerzo obtenido a partir de avisos de arribo es una práctica muy cuestionable.

Con todo, dicha situación es transparente a la demanda de soluciones con respecto a la administración de los recursos pesqueros. En estas circunstancias, es decisiva la pertinencia de respuestas por parte de quienes están involucrados en la toma de decisiones, de tal suerte que se debe recurrir a cualquier fuente de información disponible. Es aquí donde se aprecia en su justa medida el empleo de los avisos de arribo.

Los datos anuales de captura y esfuerzo se obtuvieron sumando los valores mensuales de cada variable y son expresados en toneladas y miles de viajes, respectivamente, asumiendo que un aviso de arribo equivale a una unidad de esfuerzo (viaje). El índice de abundancia se calculó como el promedio anual del cociente entre la captura y el esfuerzo mensuales, cuyas unidades se expresan en kg/viaje. La razón de utilizar el promedio en lugar de la suma, obedece a que el cálculo del índice de abundancia no tiene un efecto aditivo como en los casos anteriores.

Se puede dividir la historia de la pesquería en dos regímenes. El primero, de 1987 a 1991, caracterizado por niveles elevados de esfuerzo y bajas capturas; y el segundo, de 1991 a 1998, caracterizado por bajos niveles de esfuerzo y capturas moderadamente altas. El comportamiento de la relación entre la captura y el esfuerzo que se observa durante la segunda etapa de la pesquería no es congruente con la condición de equilibrio que asumen los modelos, ya que la captura correspondiente a los valores de esfuerzo más cercanos al cálculo del esfuerzo óptimo se encuentra por arriba del rendimiento máximo sostenido.

Informes de los pescadores indican que antes de 1991 los pescadores de La Cruz de Huanacastle operaban en un área muy restringida dentro de la bahía, lo cual implica grandes esfuerzos y bajos volúmenes de captura durante este periodo. Entre 1991 y 1994 entró en operación una flotilla de mediana altura compuesta por siete barcos nodriza, los cuales tienen una mayor capacidad de carga (entre 5 y 12 t), están mejor equipados, acopian y transportan las capturas de diversas embarcaciones de menor calado y cubren las necesidades de los pescadores durante viajes prolongados. De esta manera se optimizaron las operaciones de captura y se amplió notablemente el área de operaciones. Esta situación plantea un problema para las suposiciones hechas en el presente trabajo: los barcos operan varios días consecutivos y el producto, una vez desembarcado, se comercializa por dos o tres intermediarios que se encargan de reportar la captura; la interpretación de estos reportes es que con un esfuerzo muy bajo se obtiene un volumen de captura muy elevado, y esta situación altera los resultados arrojados por el modelo (Tabla 1).

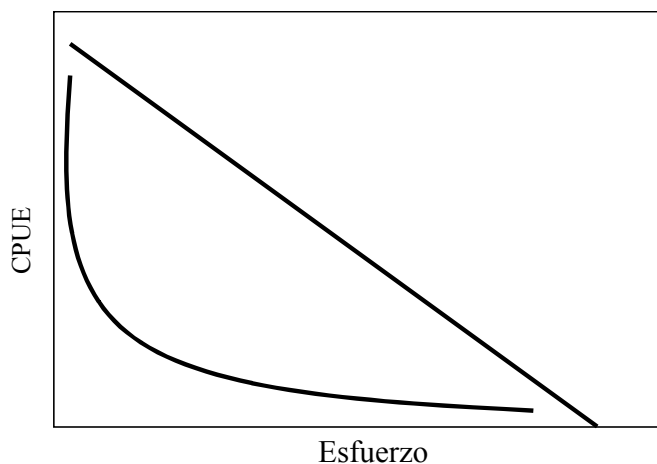
A partir de 1992 no disminuyó la captura ni el esfuerzo, a pesar de que se rebasaron los niveles óptimos. Desde la temporada de pesca 1994-1995 la situación se equilibró y los volúmenes de captura han disminuido ligeramente al mismo tiempo que ha disminuido el esfuerzo (Tabla 1).

La diferencia entre los resultados calculados del esfuerzo óptimo es mayor que la diferencia entre los obtenidos del rendimiento máximo sostenido de ambos modelos. Estas diferencias pueden deberse a características ajenas a la estructura de los modelos, como el tipo de distribución del recurso o el comportamiento del esfuerzo (Gallucci *et al.*, 1996).

En el caso de la pesquería de huachinango, y en general en cualquier pesquería, los pescadores dirigen su esfuerzo donde el recurso es más abundante e interrumpen la actividad cuando las jornadas dejan de ser rentables (Hilborn y Walters, 1992). Por otra parte, el esfuerzo puede aumentar a medida que se logra más captura o se va en pos de la búsqueda de otros sitios de pesca. Por ello, la captura promedio obtenida en cada viaje puede ir creciendo, pero se necesita cada vez más esfuerzo para dar con los cardúmenes.

Si se ilustrara en una gráfica este tipo de relación entre la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo, se obtendría una tendencia lineal con pendiente negativa, como la que asume el modelo de Schaefer (Fig. 4).

En el modelo de Schaefer la relación lineal entre el índice de abundancia y el esfuerzo significa que la razón a la que se incrementa la captura por cada viaje es proporcionalmente menor al incremento de los viajes que se hacen para conseguirla; es decir, la captura puede aumentar en cada viaje siempre y cuando este aumento sea a un ritmo menor al que se incrementa el esfuerzo. Una situación así puede dar-



**Fig. 4.** Relaciones teóricas entre la  $U$  (CPUE) y el esfuerzo en función de la distribución del recurso. Si el recurso presenta una distribución gregaria, se esperaría un comportamiento lineal con respecto al esfuerzo como la supone el modelo de Schaefer (a); si presenta una distribución uniforme o azarosa, el comportamiento de la relación se esperaría de tipo exponencial negativo, como en el modelo de Fox (b).

se en los peces que forman cardúmenes, ya que es posible obtener rendimientos sostenidamente altos, incluso si se intensifica el esfuerzo (Hilborn y Walters, 1992).

En la figura 4 puede verse que la recta ajustada por el modelo cruza ambos ejes en la intersección con el eje de las  $y$ . Se asume que en ausencia de esfuerzo la CPUE adquiere su mayor valor y en la intersección con el eje de las  $x$ , con altos niveles de esfuerzo, la CPUE se vuelve cero. De aquí se derivan dos situaciones improbables: en primer lugar, no es posible tener capturas altas por viaje si no se realiza ninguno, de modo que la línea tendría que partir por lo menos de un viaje; en segundo lugar, asumiendo que se cumple la ecuación 1, con un esfuerzo de 7,600 viajes el stock se extinguiría por completo, hecho que hasta el momento no ha podido comprobarse (Hilborn y Mangel, 1997).

Si los peces presentaran una distribución distinta de la formación de cardúmenes, al azar por ejemplo, se necesitaría cada vez más esfuerzo para pescar a los peces que se encuentran más alejados y dispersos. En este caso, la captura obtenida en cada viaje disminuiría notablemente conforme aumenta el esfuerzo. El modelo de Fox supone una relación de tipo exponencial negativa, asintótica en el eje de las  $x$ , entre la CPUE y el esfuerzo, lo que puede interpretarse como una rápida disminución de la captura en cada viaje a medida que se realizan más viajes para extraerla, hasta un punto en el que por más viajes que se hagan la captura será siempre baja. La ventaja comparativa del modelo de Fox es que no asume la extinción del recurso.

En el caso del huachinango, las observaciones de campo realizadas por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Bahía de Banderas durante 1997 sugieren una distribución diferencial de la especie tanto por áreas como por tallas, encontrando a los individuos más grandes formando cardúmenes en las zonas rocosas, a los más pequeños con una distribución azarosa en zonas arenosas cercanas a la costa y a los de tallas medianas (de talla "sartenera" o "platillera") en zonas intermedias con una distribución comparativamente más uniforme. Sin embargo, existe mayor mezcla entre los organismos

medianos y grandes que entre organismos medianos y de tallas más pequeñas; y es precisamente hacia las tallas medianas donde se dirige la mayor parte del esfuerzo, lo que hace suponer que la relación entre el índice y el esfuerzo tienda a ser lineal porque el esfuerzo recae principalmente sobre los peces que presentan una distribución uniforme.

Comparativamente, la curva calculada por el modelo de Schaefer representa mejor las observaciones de captura y esfuerzo, excepto en 1987 (Fig. 2). En ese año se registró la captura más baja de la serie obtenida con un esfuerzo considerablemente alto, lo que resulta discordante en el contexto del modelo si se coteja, por ejemplo, con 1990, cuando se registró el máximo esfuerzo, con una captura que es más del doble de la de 1987, o con 1994 que muestra una mayor captura pero obtenida con un esfuerzo semejante. En teoría, una captura tan baja como la de 1987 debería relacionarse con un esfuerzo muy bajo o muy alto, o bien, si se habla en términos de esfuerzo, la captura debería ser por lo menos tres veces más grande, como se esperaría en la relación teórica especificada en la ecuación 2.

A pesar de esto, el ajuste del modelo de Schaefer es más congruente que el del modelo de Fox. Considerando el valor de los parámetros calculados, el  $RMS$  y el  $EO$  tienen una dimensión comparable con los datos observados; el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) se encuentra dentro de un intervalo admisible con respecto a otros cálculos (Hilborn y Walters, 1992) y el modelo se ajusta de tal forma que se logra descubrir la relación entre la captura y el esfuerzo (Fig. 2).

Como consecuencia de lo anterior, se obtiene una sobrestimación de  $U$  al tiempo 1 en ambos modelos. Para ilustrar este punto pueden eliminarse los datos correspondientes a 1987, correr de nuevo los modelos y comparar los valores de los parámetros, los  $RMS$ , los  $EO$  y los coeficientes de determinación de ambos modelos.

En este caso, al eliminar los datos de captura, esfuerzo y  $U$  correspondientes a 1987, aumenta la magnitud de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , aumenta la diferencia entre el esfuerzo óptimo de ambos modelos, disminuyen el rendimiento máximo sostenido y el coeficiente de determinación  $r^2$  se incrementa, lo que indica que el valor correspondiente a 1987 no es congruente con las suposiciones de los modelos y, en consecuencia, su supresión incrementa el desempeño de los modelos.

En cuanto al estado del recurso en 1997, las series históricas muestran medidas bajas de esfuerzo y niveles intermedios de captura en comparación con el periodo completo, pero ambos están por debajo de los niveles óptimos de captura y esfuerzo calculados por los dos modelos.

No hay que perder de vista que tanto la evaluación como el manejo de los recursos pesqueros son procesos dinámicos que deben adaptarse a las condiciones cambiantes y a los nuevos conocimientos. No es posible conocer lo suficiente de algún recurso como para establecer un régimen de administración siempre efectivo (Prager, 1994), de manera que una falla en la implementación del  $RMS$  no se consideraría error en ningún momento.

## Conclusiones

1. El  $RMS$  propuesto para La Cruz de Huanacastle basado en los modelos utilizados está entre las 221 y 263 t anuales con un esfuerzo de alrededor de 2,500 viajes anuales.

2. Se encontró que el modelo de Schaefer se ajusta mejor a los datos observados que el modelo de Fox, lo cual puede deberse a que la relación lineal entre la  $U$  y el esfuerzo que supone el modelo es más congruente con el tipo de distribución gregaria del recurso.
3. A partir de 1992, la incorporación de una flota más eficiente, con posibilidades de explotar nuevas áreas de pesca, como las Islas Mariás, disminuye el grado de dependencia lineal entre la  $U$  y el esfuerzo, dando como resultado que no disminuya la captura a pesar de rebasarse el nivel óptimo de esfuerzo.
4. Dada la condición de equilibrio supuesta en los modelos, la calidad de los datos y las características inherentes a la especie, se recomienda actualizar sobre una base anual a partir de 1997 los valores óptimos de captura y esfuerzo, si la finalidad es utilizarlos como criterio para la evaluación y manejo del recurso.

## Agradecimientos

A la Biól. Elizabeth Martínez y a los alumnos del Instituto Tecnológico del Mar #6 de La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit, que participaron activamente en la captura de 10 años de avisos de arribo.

## Referencias bibliográficas

- ARREGUÍN-SÁNCHEZ, F. 1991. Time recovery for exploited fish populations based on surplus yield models. *Fishbyte* 9 (2):39-41.
- CRUZ-R., M., E. Espino-B. y R. Macías-Z. 1992. Análisis de la captura de escama ribereña del estado de Colima. Temporada 1980-1985. *Res. VII Congr. Nal. Oceanogr. México*. 313-322.
- CRUZ-ROMERO, M., E. Espino-Barr y A. García-Boa. 1995. La pesca ribereña en el estado de Colima. *Estudios Jaliscienses* 20:14-26.
- CRUZ, M., E. A. Chávez, E. Espino and A. García. 1996. Assessment of a Snapper Complex (*Lutjanus spp.*) of the Eastern Tropical Pacific. En: F. Arreguín-Sánchez, J. L. Munro, M. C. Baigos and D. Pauly (eds.). *Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Conf. Proc.* 48:331-337.
- FOX, W. W. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish population. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 1:80-88.
- GALLUCCI, V., S. B. Saila, D. J. Gustafson and B. J. Rothschild. 1996. Stock assessment. Quantitative methods and applications for small-scale fisheries. *Lewis Publishers. USA*. 527pp.
- GRAHAM, M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery and application to North Sea trawling. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 10:264-274.
- GULLAND, J. A. 1983. Fish Stock Assessment. *John Wiley & Sons. USA*. 223 pp.
- HILBORN, R. and C. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. *Chapman & Hall. USA*. 570 pp.
- HILBORN, R. and M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. *Princeton University Press. Princeton, New Jersey*. 315 pp.
- OCEAN STUDIES BOARD (OSB). 1998. Improving fish stocks assessment. *National Academy Press. Washington, D.C.* 176 pp.
- PRAGER, H. M. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus production model. *Fish. Bull.* 92:374-389.
- RAMÍREZ-G., R. 1977. Estudio de factibilidad de una terminal pesquera en Manzanillo, Colima. *Dep. Pesca, México. Tomo 2*, pp. 268-338.
- ROJO-VÁZQUEZ, J. A. 1991. Análisis cuantitativo de la producción pesquera en el estado de Jalisco en un periodo de 10 años (1979-1989). *Tesis de Licenciatura. Univ de Guad., Fac. Cien. Biol. México*. 166 pp.
- SCHAEFER, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.* 1(2):27-56.
- SCHNUTE, J. 1989. The influence of statistical error on stock assessment: illustrations from Schaefer's model, p. 101-109. In: R. J. Beamish and G. A. McFarlane (ed.) *Effects of ocean variability on recruitment and evaluation of parameters used in stock assessment models. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 108.