

UN MODELO BIOECONOMICO PESQUERO

Por
JUAN C. SURIS REGUEIRO (*)

I. INTRODUCCION

En la actualidad, nadie duda que los recursos naturales forman parte de un capital que puede y debe ser explotado de forma racional por parte de la sociedad.

Las características propias que rodean a la extracción de las riquezas vivas del océano han obligado a los economistas a construir formalizaciones teóricas diferentes de las que normalmente son utilizadas para el análisis de otros procesos productivos. El carácter renovable de las poblaciones de peces, la estructura institucional de propiedad de estos recursos y la existencia de efectos externos en la utilización de los mismos, entre otros factores, han propiciado el desarrollo de un instrumental teórico específico para el análisis de las explotaciones pesqueras: los denominados modelos bioeconómicos (1). En este tipo de enfoque, el estudio se centra en la determinación de las trayectorias óptimas de explotación del recurso natural renovable de forma sostenida a lo largo del tiempo. En la estructura general de estos modelos, aparece una función a maximizar, generalmente de beneficios, condicionada por la restricción biológica del recurso natural, normalmente expresada en términos de crecimiento de la población de peces. La combinación de aspectos económicos y

(*) Profesor del Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Vigo.

(1) M. C. Gallastegui y R. Franquesa (1988).

– Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 160 (abril-junio 1992).

biológicos en el mismo cuerpo teórico explica la denominación de este tipo de planteamientos.

Las soluciones de equilibrio alcanzadas dependerán de las condiciones institucionales bajo las cuales los pescadores individuales toman sus decisiones. En el caso de que el recurso sea totalmente apropiable (debido a la existencia de propiedad común del mismo), las asignaciones del mercado se verán influenciadas por efectos externos que provocan un funcionamiento ineficiente del sistema de precios. Se trata entonces de diseñar políticas reguladoras o de intervención que ayuden a conseguir explotaciones eficientes y equilibradas de los recursos pesqueros.

El objetivo básico de este trabajo consiste en profundizar en las ideas y desarrollos teóricos de los modelos bioeconómicos a través de una aproximación empírica, tratando de dar respuesta a los interrogantes de mayor relevancia que se plantean en el estudio de la explotación de una pesquería.

Para el desarrollo de este planteamiento, se ha estructurado este trabajo en dos partes bien definidas. En la primera de ellas, se analiza, desde el punto de vista teórico, un modelo bioeconómico pesquero determinista, con formas funcionales concretas para la tecnología de la pesquería y el crecimiento de la población de peces. Evidentemente, el modelo elegido responde a las necesidades y restricciones informativas encontradas en la pesquería seleccionada para la aplicación, la de sardina iberoatlántica. Aplicación que constituye el centro de interés de la segunda parte del trabajo.

La extensión de estudio y la clara delimitación existente entre las dos partes reseñadas hicieron aconsejable dividirlo en dos artículos, el primero bajo el título de «Un modelo bioeconómico», y el segundo con el de «Análisis económico de una pesquería».

En la parte que ahora nos ocupa, «El modelo», en primer lugar se define la estructura básica del modelo, se estudian las soluciones pesqueras estacionarias bajo distintas condiciones institucionales y se analizan los equilibrios alcanzados. En segundo lugar se plantea la posibilidad de regular la actividad pesquera, se definen los mecanismos básicos de intervención y, por último, se analizan, con mayor nivel de detalle y para el modelo concreto desarrollado, los esque-

mas reguladores basados en impuestos sobre las capturas y sobre el esfuerzo de pesca.

Una vez conocidos los elementos teóricos, en la segunda parte del trabajo aplicaremos esta concepción a la pesquería de sardina iberoatlántica. Ejercicio del que obtendremos resultados empíricos de los que se pueden derivar recomendaciones claras para la consecución de una explotación racional del recurso natural.

II. EL MODELO A APLICAR

El modelo que utilizaremos para la aplicación es una versión modificada del propuesto por J. V. Henderson y M. Tugwell (1979), pues se ajusta perfectamente a los objetivos de este ejercicio y a los datos estadísticos disponibles. Además, consideraremos dos situaciones institucionales diferentes. Primero la de un propietario exclusivo del recurso con capacidad de control sobre el esfuerzo pesquero (caso de único dueño) y, después, una situación donde no existen derechos exclusivos sobre el recurso natural ni un control sobre el esfuerzo pesquero (caso de libre acceso).

II.1. *La estructura básica*

Para la población de peces se supone una ley logística de crecimiento, pues el conocimiento de los datos de biomasa de la población evita desarrollar un sistema por medio del cual se puedan inferir stocks a través de relaciones captura-esfuerzo de pesca.

En términos discretos, la ecuación [1] representa el crecimiento neto en peso de la población de peces en explotación desde el período t hasta el período $t + 1$.

[1]

$$X_{t+1} - X_t = F(X_t) - Y_t$$

donde suponemos que una tonelada de capturas reduce el crecimiento de la población en la misma cuantía y donde $F(X)$ define el crecimiento natural de la población de peces:

$$[2] \quad F(X_t) = aX_t - bX_t^2$$

Sustituyendo la ecuación [2] en [1] obtenemos la función que nos define el crecimiento neto de la población de peces de un período a otro:

$$[3] \quad X_{t+1} - X_t = aX_t - bX_t^2 - Y_t$$

El equilibrio biológico se alcanzará cuando las capturas se igualen al crecimiento natural de la población de peces. Si admitimos que la población mínima biológicamente viable es cero y la máxima a/b , para el nivel de stock $X = a/2b$, la población tendrá la tasa de crecimiento natural más elevada y, por lo tanto, la posibilidad de obtener el mayor volumen de capturas de forma sostenida a lo largo del tiempo, de ahí que a este nivel de stock se le denomine población del máximo rendimiento sostenible (X_{MRS}).

Por último, vamos a suponer que las capturas totales (Y) en el área de pesca están en función del tamaño del stock de peces (X) y del nivel del esfuerzo de pesca (L). Así, para la tecnología global de la pesquería adoptamos una función Cobb-Douglas homogénea en X .

$$[4] \quad Y_t = A X_t l_t^\alpha$$

donde A y α son parámetros constantes y l_t es una medida de esfuerzo por unidad de stock ($l_t = L_t/X_t$).

II.2. Solución pesquera de único dueño

Vamos a considerar que existe un único propietario con derechos exclusivos sobre el recurso y un control efectivo sobre el nivel de esfuerzo de pesca.

En principio, el único propietario tendrá como objetivo maximizar la corriente de beneficios actualizados de la explotación pesquera a lo largo del tiempo, pero teniendo en cuenta la restricción biológica expresada a través de la ecuación de crecimiento de la población de peces.

$$\begin{aligned} & \max \int_0^{\infty} [p Y_t - w L_t] e^{-\gamma t} \delta t \\ & \text{s.a.} \quad \dot{X}_t = a X_t - b X_t^2 - Y_t \\ & \quad \quad Y_t = A X_t l_t^\alpha \\ & \quad \quad Y_t \geq 0 \end{aligned}$$

donde el precio del pescado, p , y el precio unitario del esfuerzo de pesca, w , se consideran constantes y donde γ representa la tasa social de descuento. La variable de decisión es el nivel de esfuerzo (L) mientras que el nivel de población (X) es la variable estado.

Aplicando el Principio del Máximo de Pontryagin obtenemos un sistema de tres ecuaciones que representan las condiciones de primer orden para este problema:

$$[5] \quad -(\dot{\lambda} - \gamma\lambda) = (p - \lambda) [A l_t^\alpha (1 - \alpha)] + \lambda (a - 2bX_t)$$

$$[6] \quad (p - \lambda) \alpha A l_t^{\alpha-1} - w = 0$$

$$[7] \quad \dot{X}_t = a X_t - b X_t^2 - A X_t l_t^\alpha$$

El término λ es el multiplicador dinámico que puede ser interpretado como el valor marginal imputado al recurso natural, también conocido como precio sombra del recurso. La ecuación [5] requiere que la velocidad del valor implícito o imputado al stock de peces esté relacionada con la productividad total del recurso (2). La ecuación [6] es la usual condición de eficiencia en la utilización de un recurso escaso, esto es, el valor del producto marginal social del

(2) Notar que el stock de peces es productivo de dos maneras diferentes. Influye sobre la productividad del esfuerzo de la industria pesquera y sobre el crecimiento natural de la población.

esfuerzo pesquero debe igualarse al coste del mismo. La ecuación [7] representa la restricción biológica de la población de peces. Estas tres ecuaciones, que definen las condiciones para los valores óptimos de X y L en cada momento del tiempo, constituyen un sistema diferencial autónomo en el sentido de que el tiempo no es una variable explícita, circunstancia que nos permite omitir a partir de ahora los subíndices que hacen referencia al tiempo.

En el equilibrio estacionario se cumple $\dot{X} = 0$ y $\dot{\lambda} = 0$.

La condición $\dot{X} = 0$ implica que, para un nivel dado de población, las capturas serán iguales a la tasa natural de crecimiento del stock de peces, y ese nivel de biomasa se podrá mantener indefinidamente.

Por otro lado, la condición $\dot{\lambda} = 0$ implica que no hay modificaciones en el coste de oportunidad de las capturas adicionales o, lo que es equivalente, existe una igualdad entre el interés en el valor implícito del stock de peces y su valor social neto o productividad. En ese momento, al único dueño del recurso no le interesa ejercer ni más ni menos esfuerzo pesquero, permaneciendo constante a lo largo del tiempo. Si decidiese pescar una unidad adicional del stock, le reportaría unos ingresos marginales menores que el valor de las pérdidas marginales derivadas de los efectos negativos sobre la productividad total de la población de peces. Si la decisión consiste en pescar una unidad menos, esto le reportaría al único dueño una pérdida marginal de ingresos en el presente mayor que el valor de las ganancias marginales derivadas de los efectos positivos sobre la productividad total del stock.

Las ecuaciones [5], [6] y [7] cuando $\dot{\lambda} = 0$ y $\dot{X} = 0$, quedan resumidas en:

[8]

$$\alpha A l^{\alpha-1} \left[\frac{\gamma - (a - 2 b X)}{A l^{\alpha} (1 - \alpha) + \gamma - (a - 2 b X)} \right] - \frac{w}{p} = 0$$

[9]

$$a X - b X^2 - A X l^{\alpha} = 0$$

Las expresiones [8] y [9] constituyen un sistema de dos ecuaciones a partir del cual se pueden calcular los valores estacionarios óptimos del stock de peces (X_u) y del esfuerzo de pesca (L_u) (3).

II.3. Solución pesquera de libre acceso

Vamos a suponer ahora que no existen derechos exclusivos para explotar la pesquería, ni existe un control efectivo sobre el esfuerzo. Este caso corresponde a la explotación competitiva o situación de libre entrada (4). Si el stock único es común, la solución competitiva no será eficiente.

El agente decisorio a considerar en esta situación es el pescador individual, quien no tendrá en cuenta en sus decisiones el valor social neto del recurso. En un sistema descentralizado, el pescador individual no tendrá ningún incentivo para incluir en sus cálculos ni el efecto de sus actos sobre la productividad del resto de los pescadores ni su efecto en el crecimiento de la población de peces.

Para poder estudiar el problema de salida y entrada que se presenta en este tipo de situación necesitamos distinguir entre la función de producción del conjunto de la pesquería y las funciones de producción individuales de los pescadores. Si suponemos que existen N pescadores homogéneos (con similares capturas individuales iguales al producto medio de la pesquería), el esfuerzo total ejercido (L) será igual al sumatorio de los esfuerzos individuales (L_i) de los N pescadores.

Para el pescador individual como agente decisor, las variables stock (X), precio del pescado (p), coste del esfuerzo (w) y esfuerzo ejercido por sus competidores (L_R), son variables exógenas. Así, las capturas individuales (Y_i) vendrán definidas por la ($L_i/L_i + L_R$) parte de las capturas totales.

El pescador representativo decidirá sobre la cantidad de esfuerzo a aplicar en la pesca, maximizando el valor presente de sus benefi-

(3) El valor estacionario para las capturas en el caso de único dueño se obtiene sustituyendo los valores estimados para el stock y esfuerzo en la expresión $Y_u = A X_u l_u^\alpha$, donde $l_u = (L_u/X_u)$.

(4) Una explicación extensa sobre los problemas planteados en la explotación de un recurso renovable de propiedad común la encontraríamos en F. T. Christy y A. D. Scott (1965).

cios individuales ($\pi_i = PY_i - wL_i$), sin considerar los efectos sobre el crecimiento de la población de peces, motivo por el cual en este problema de maximización no existe variable estado (el stock). El equilibrio a corto plazo para cada pescador implicará que el producto marginal individual se iguale al coste real del esfuerzo pesquero ($\partial Y_i / \partial L_i = w/p$).

Esta solución es similar a la obtenida en un contexto estático. En régimen de propiedad común y libre acceso, los pescadores no poseen derechos exclusivos sobre el recurso que les garanticen el ejercicio de la actividad en el futuro. Con esto, el pescador individual, en la determinación de su regla de decisión, no tendrá incentivos para considerar las futuras rentabilidades a obtener en la explotación pesquera. Si el recurso no le pertenece en exclusiva, le compensa obtener el máximo rendimiento del mismo cuando y como pueda sin preocuparse de que ese tipo de actuación pueda implicar mermas en sus «posibles» futuros rendimientos (5).

Dada la naturaleza de propiedad común del recurso, a corto plazo la unidad representativa disfrutará de rentas residuales positivas. Al no haber un derecho exclusivo sobre las poblaciones de peces, cada pescador individual tratará de maximizar su participación en la porción de las rentas no apropiadas. Si existe la libre entrada a la pesquería, el número de pescadores (y/o el esfuerzo pesquero) aumentará en tanto que sus ingresos individuales estén por encima del coste de oportunidad de su esfuerzo en ocupaciones alternativas. Así pues, la amplitud de la entrada y salida de la actividad extractiva por parte de los pescadores vendrá regulada por la disipación de los beneficios. El esfuerzo total irá aumentando siempre que existan rentas o residuos positivos. A largo plazo, el equilibrio del sistema en nuestro caso vendrá definido por las siguientes ecuaciones:

[10]

$$\frac{A X l^\alpha}{L} = \frac{w}{p}$$

(5) Es importante resaltar que el pescador individual no toma como indicador el valor neto del pez, sino el precio del pescado. Es decir, él no es consciente de la existencia de un precio sombra para los peces y de los efectos de la doble productividad del stock, sobre la productividad del esfuerzo en la industria pesquera y sobre las características naturales del crecimiento del recurso.

[11]

$$A X^{1-\alpha} = a X - bX^2$$

Es decir, sólo se paralizará la entrada de nuevos barcos en la pesquería ($\dot{L} = 0$) cuando el total de rentas se disipen completamente. La cantidad de esfuerzo empleada en el conjunto de la pesquería será tal que en la misma se igualarán el producto medio del esfuerzo con el salario real, anulando tanto los beneficios individuales como los globales de la pesquería (6).

Las ecuaciones [10] y [11] son usadas para calcular los valores estacionarios de libre entrada, X_c para la población y L_c para el esfuerzo de pesca. Sustituyendo estos valores en la función de producción global calcularemos el valor de libre entrada para las capturas (Y_c).

II.4. Representación gráfica de los equilibrios estacionarios

Tanto las ecuaciones que definen las condiciones de equilibrio estacionario de primer orden en libre acceso como en único dueño constituyen sistemas autónomos que pueden ser representados en el espacio X - L . La representación gráfica de estos puntos de equilibrio posibilitará una interpretación más ágil de las soluciones alcanzadas y de cómo varían ante modificaciones en los parámetros del modelo.

Las ecuaciones [9] y [11] representan el equilibrio biológico ($\dot{X} = 0$), aquel que se alcanza cuando las capturas se igualan al crecimiento natural neto de la población de peces. Esta relación cuadrática adopta una forma parabólica por encima de la cual $\dot{X} < 0$, mientras que por debajo $\dot{X} > 0$.

La ecuación [10] describe la condición de equilibrio estacionario en libre acceso. A esta función podemos denominarla Ω de libre acceso:

$$\Omega(X, L, \frac{W}{P}) \cong A^{1-\alpha} - \frac{W}{P} = 0$$

(6) V. L. Smith (1968, 1969); G. M. Brown (1974); S. N. S. Cheung (1970) y C. Gallastegui (1983).

La moción del sistema se puede estudiar diferenciando Ω respecto a L para una población constante y con X y L positivas y no nulas.

$$\frac{\partial \Omega}{\partial X} = (1 - \alpha)A \frac{1^\alpha}{L} > 0; \quad \frac{\partial \Omega}{\partial L} = (\alpha - 1)A \frac{1^{\alpha-1}}{L} < 0$$

Por lo tanto, la pendiente de la función Ω será positiva e igual a 1:

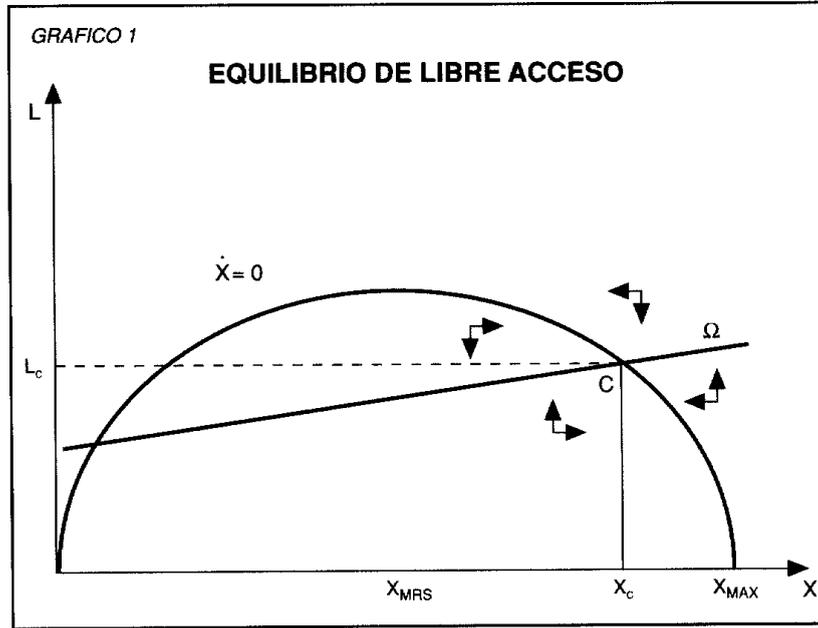
$$\frac{\partial L}{\partial X} = \frac{\frac{\partial \Omega}{\partial X}}{\frac{\partial \Omega}{\partial L}} = - \frac{(1 - \alpha)A \frac{1^\alpha}{L}}{(\alpha - 1)A \frac{1^{\alpha-1}}{L}} = \frac{L}{X} > 0$$

Para combinaciones de L y X por debajo de la curva Ω de libre acceso se está ejerciendo un nivel de esfuerzo que propicia la obtención de rentas positivas en el conjunto de la pesquería. Dado que no existe control alguno sobre el nivel de esfuerzo, este tenderá a aumentar mientras las rentas residuales no se disipen en su totalidad. Por supuesto, ocurrirá todo lo contrario para combinaciones de esfuerzo y población por encima de Ω . El gráfico 1 se obtiene combinando estos resultados con los de la restricción biológica.

El punto de intersección de ambas funciones (punto C), es un nodo estable a largo plazo (7). En él se garantiza simultáneamente el equilibrio biológico (población estable en X_c) y el de la industria pesquera (esfuerzo pesquero global estable en L_c) a lo largo del tiempo.

En régimen de único dueño, la ecuación ψ nos define las combinaciones de X y L compatibles con la maximización del valor presente de la corriente de ingresos netos de la industria pesquera a lo largo del tiempo.

(7) Como se puede observar en la figura, existe un segundo punto de intersección entre las dos curvas, pero constituye un equilibrio estacionario inestable.



$$\Psi\left(X, L, \gamma, \frac{w}{p}\right) \equiv \alpha A l^{\alpha-1} \left[\frac{\gamma - (a - 2bX)}{(1-\alpha) A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)} \right] - \frac{w}{p} = 0$$

Para una tasa de descuento y un salario real dados, podemos conocer la moción del sistema diferenciando la función Ψ respecto a L para X constante y con X y L no nulos. Suponiendo $\gamma > (a - 2bX)$ (8), obtenemos los siguientes resultados:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial X} = \alpha(1-\alpha)A \frac{l^{\alpha}}{L} \left[\frac{\gamma - (a - 2bX)}{(1-\alpha)A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)} \right] + \alpha A l^{\alpha-1} \left\{ \frac{[2b(1-\alpha)A l^{\alpha}] - [\alpha(1-\alpha)A \frac{l^{\alpha}}{X}] [\gamma - (a - 2bX)]}{[(1-\alpha)A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)]^2} \right\} > 0$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial X} = \left\{ \alpha(\alpha-1)A \frac{l^{\alpha-2}}{X} \left[\frac{\gamma - (a - 2bX)}{(1-\alpha)A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)} \right] \right\} + \alpha A l^{\alpha-1} \left\{ \frac{[\gamma - (a - 2bX)] - [\alpha(\alpha-1)A \frac{l^{\alpha-2}}{X}]}{[(1-\alpha)A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)]^2} \right\} < 0$$

(8) Esta hipótesis siempre se cumple para niveles de stock superiores al correspondiente al máximo rendimiento sostenible y tasas de descuento positivas.

Por lo tanto, la pendiente de la curva de único dueño también será positiva:

$$\frac{\partial L}{\partial X} = -\frac{\frac{\partial \psi}{\partial X}}{\frac{\partial \psi}{\partial L}} = -\frac{(-)}{(+)} > 0$$

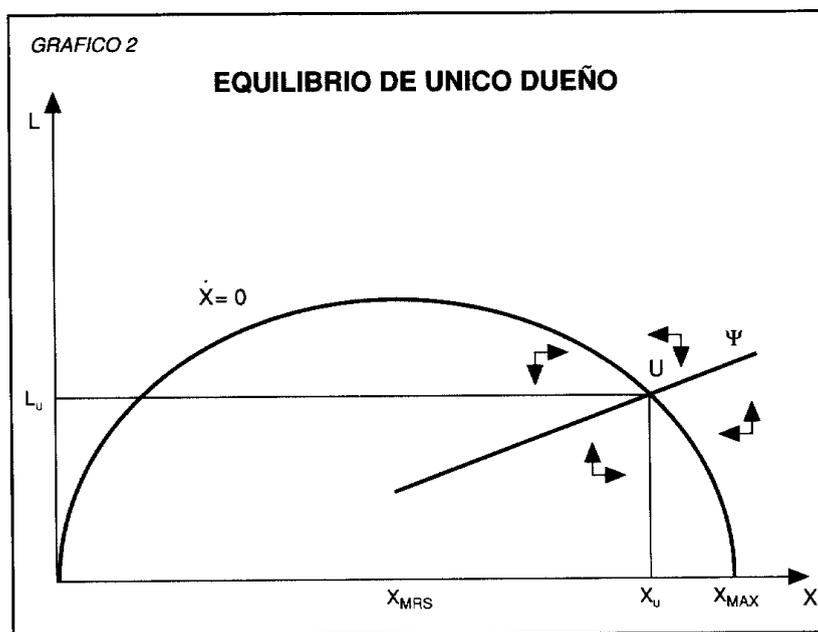
Dado un nivel de stock, si se ejerce un nivel de esfuerzo por debajo de la curva ψ , el único propietario estará renunciando a capturas presentes por mayores niveles de captura en el futuro. Sin embargo, en términos marginales, las pérdidas de esa renuncia a ingresos presentes serán mayores que los posibles ingresos futuros, razón por la cual el esfuerzo global de la pesquería tenderá a incrementarse. Por supuesto, ocurrirá todo lo contrario para valores de L por encima de ψ . En el gráfico 2 puede observarse la combinación de estos resultados con los obtenidos de la restricción biológica.

El punto de intersección de ambas curvas (punto U), determina el lugar geométrico de la combinación de esfuerzo pesquero y stock compatible con el equilibrio estacionario óptimo. En ese punto, existirá estabilidad en el nivel de stock y esfuerzo ejercido, maximizando la corriente de ingresos actualizados netos de la actividad pesquera a lo largo del tiempo. Además, es un nodo estable, pues combinaciones de esfuerzo y stock en torno al mencionado punto de equilibrio tienen trayectorias que convergen hacia él.

II.5. *Las soluciones estacionarias ante cambios en la tasa de descuento y salario real*

Por medio de la función Ω de libre acceso, podemos calcular el sentido de la variación del esfuerzo y stock de equilibrio ante modificaciones en el valor del salario real.

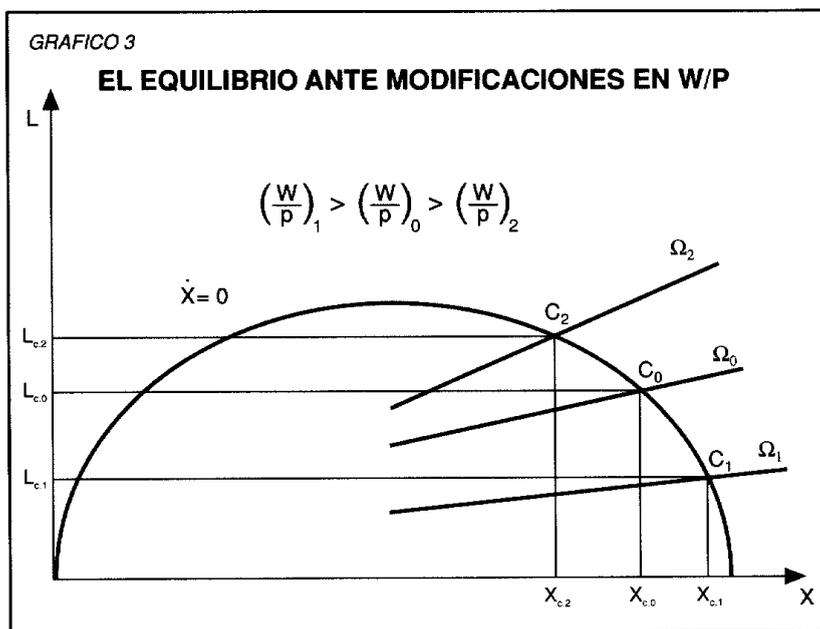
$$\frac{\partial L}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)} = -\frac{\frac{\partial \Omega}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)}}{\frac{\partial \Omega}{\partial L}} = -\frac{(-)}{(-)} < 0; \quad \frac{\partial X}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)} = -\frac{\frac{\partial \Omega}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)}}{\frac{\partial \Omega}{\partial X}} = -\frac{(-)}{(+)} > 0$$



Por lo tanto, un incremento en el salario real considerado implica un encarecimiento del coste real del esfuerzo pesquero, con lo que tenderá a reducirse la presión sobre la población de peces y, con ello, a aumentar el stock. Por el contrario, una reducción en el salario real implica un desplazamiento del equilibrio estacionario hacia combinaciones de mayor esfuerzo pesquero y menores niveles de stock. (ver gráfico 3).

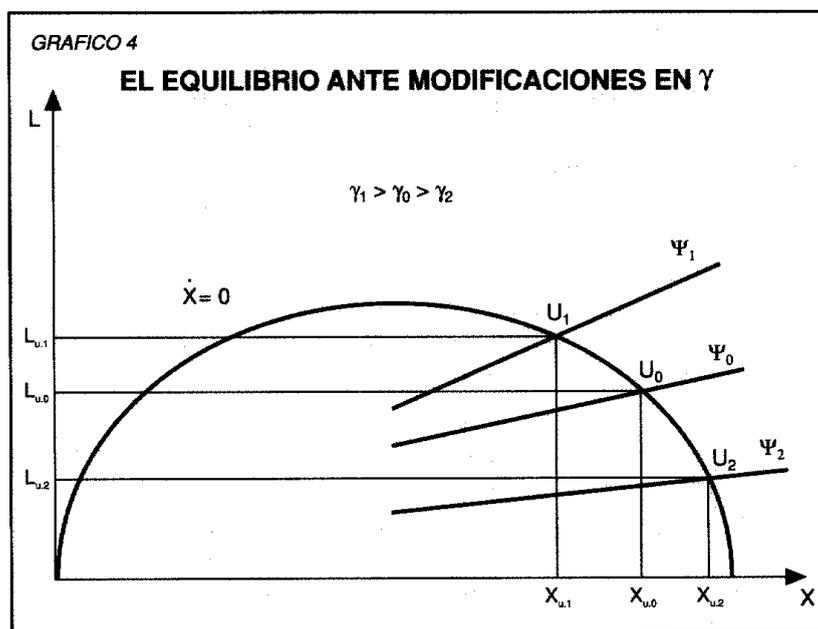
En régimen de único propietario la modificación de los valores de equilibrio estacionario para X y L siguen el mismo sentido que en libre acceso. Podemos demostrar analíticamente esta cuestión retomando la función ψ de único dueño para una tasa de descuento constante.

$$\frac{\partial L}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)} = - \frac{\frac{\partial \psi}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)}}{\frac{\partial \psi}{\partial L}} = - \frac{(-)}{(-)} < 0; \quad \frac{\partial X}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)} = - \frac{\frac{\partial \psi}{\partial \left(\frac{w}{p}\right)}}{\frac{\partial \psi}{\partial X}} = - \frac{(-)}{(+)} > 0$$



Es decir, obtenemos similares resultados a los reflejados para el caso de libre entrada. Cuanto mayor sea el salario real, mayor será la población estacionaria de equilibrio y menor el nivel de esfuerzo óptimo.

Sin embargo, el punto de equilibrio óptimo de único dueño también depende del valor que asuma el agente maximizador para el tipo de descuento. Un aumento en la tasa de descuento considerada hará que el único propietario valore más los ingresos presentes y, por lo tanto, no estará dispuesto a sacrificar capturas presentes por mayores rendimientos en el futuro. Así, el equilibrio del sistema se irá desplazando hacia combinaciones de mayor esfuerzo pesquero y menor nivel de población. Ante un descenso en el tipo de descuento considerado ocurrirá lo contrario, el equilibrio estacionario del sistema se alcanzará para combinaciones de menor esfuerzo pesquero y mayores niveles de población (ver gráfico 4).



Para un salario real constante y un nivel de población superior al asociado al máximo rendimiento sostenible, podemos demostrar analíticamente la anterior afirmación. Dado que:

$$\frac{\partial \psi}{\partial \gamma} = \frac{\alpha A l^{\alpha-1} [(1-\alpha) A l^{\alpha}]}{[(1-\alpha) A l^{\alpha} + \gamma - (a - 2bX)]^2} > 0$$

Por lo tanto:

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma} = - \frac{\frac{\partial \psi}{\partial \gamma}}{\frac{\partial \psi}{\partial L}} = - \frac{(+)}{(-)} > 0; \quad \frac{\partial X}{\partial \gamma} = - \frac{\frac{\partial \psi}{\partial \gamma}}{\frac{\partial \psi}{\partial X}} = - \frac{(+)}{(+)} < 0$$

Como se puede deducir, el esfuerzo óptimo de equilibrio se desplazará en el mismo sentido que lo haga la tasa de descuento, mientras que el nivel de stock óptimo lo hará en sentido contrario.

II.6. La comparación de las soluciones estacionarias

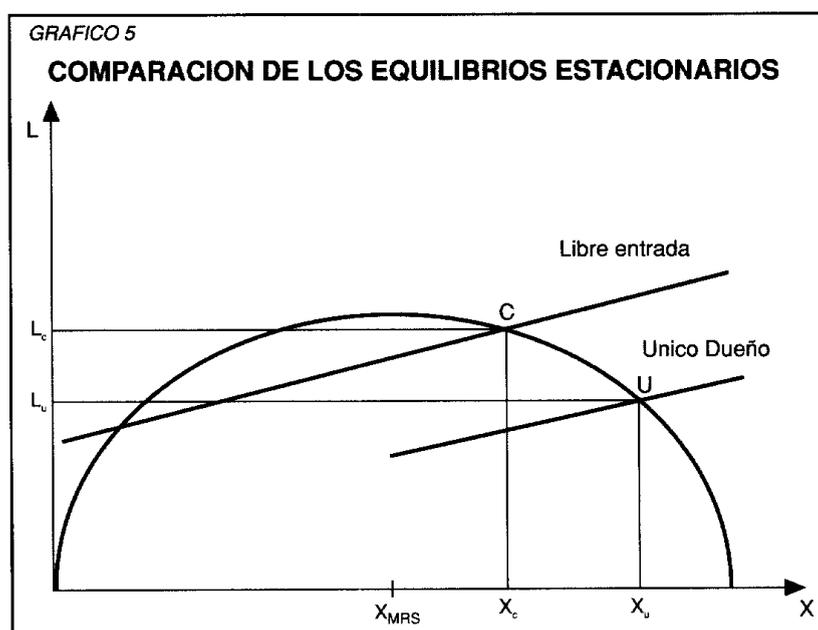
Comparando los dos sistemas de ecuaciones se puede demostrar que siempre que consideremos que el stock de peces es un recurso escaso (esto implica un precio sombra del recurso mayor que cero) y tasas de descuento positivas, el equilibrio estacionario en régimen de propiedad común y libre acceso al recurso se alcanza para menores niveles de stock y mayores niveles de esfuerzo que en régimen de único dueño (9). Este resultado se puede observar en el gráfico 5.

Por otra parte y en términos generales, siempre que $\lambda > 0$, el stock óptimo de la solución estacionaria de único dueño (X_u) y el asociado al máximo rendimiento sostenible (X_{MRS}) son diferentes. Si el agente maximizador valora de la misma forma los ingresos futuros y presentes (asume una tasa de descuento nula), para un salario real positivo, el tamaño óptimo del stock siempre será mayor que el X_{MRS} . Con tipos de descuento nulos, el stock óptimo sólo coincidirá con el asociado al máximo rendimiento sostenible en el caso de que el salario real también sea nulo. Con tipos de descuento positivos y coste real del esfuerzo igual a cero, el stock óptimo siempre se localizará en niveles inferiores del X_{MRS} . Con tasas de descuento y salarios reales positivos, el valor que alcance X_u puede ser mayor, menor o igual a X_{MRS} . En estos casos, la solución más frecuente es que $X_u > X_{MRS}$, aunque combinaciones de bajo coste del esfuerzo y altas tasas de descuento pueden dar lugar a valores óptimos de la población iguales o, incluso, inferiores a X_{MRS} .

III. LA POSIBILIDAD DE REGULAR LA PESQUERIA

La administración de recursos naturales marinos y, más concretamente, de los pesqueros, presenta una compleja mezcla de problemas de índole biológico, económico y sociopolítico. Pero, no por

(9) Existe una única posibilidad teórica en la cual las soluciones estacionarias de libre acceso y único dueño coinciden. Esta posibilidad se da cuando el propietario único del recurso introduce en su regla de decisión una tasa de descuento igual a infinito. De esta forma, no valorará los ingresos futuros ni considerará el precio sombra del recurso, que es exactamente lo mismo que hacen los pescadores individuales en libre acceso.



ello, debemos renunciar a la obtención de una explotación racional de los mismos.

Por diversas circunstancias históricas, las sociedades han tardado mucho tiempo en aceptar que los recursos pesqueros, aunque renovables, también son escasos, como cualquier otro recurso terrestre. En el desarrollo de este trabajo hemos comprobado cómo la explotación de poblaciones de peces en régimen de propiedad común y libre acceso es ineficiente. El supuesto de libre competencia, frecuentemente utilizado en el marco de la teoría económica convencional, no genera asignaciones eficientes de los recursos en el caso de la actividad pesquera en la que los agentes no pagan un precio por la utilización del bien común.

La extensión, casi generalizada, de las jurisdicciones marítimas exclusivas a 200 millas de las costas de los países ribereños, iniciada a mediados de los años setenta de este siglo, ha propiciado grandes cambios en el orden pesquero internacional. No debemos olvidar que gran parte de las poblaciones marinas explotadas comercialmen-

te por el hombre tienen sus hábitats naturales en las plataformas continentales, afectadas por la extensión jurisdiccional. Esta circunstancia ha propiciado un aumento del interés en temas de recursos naturales marítimos por parte de los gobiernos de los países afectados por el nuevo derecho marítimo. Una vez asignada la propiedad, las posibilidades de administrar y gestionar las explotaciones sobre los recursos del mar se habían multiplicado, pues la generación de niveles óptimos de explotación pesquera depende, en gran medida, de la capacidad de los propietarios de los recursos de controlar la entrada en las pesquerías y el empleo de esfuerzo en la mismas.

III.1. *Los mecanismos de regulación*

En general, las técnicas para la administración de las pesquerías pueden clasificarse en dos grandes grupos (10). Por una parte, están aquellas que se dirigen hacia el control directo sobre las poblaciones de peces, así como a mantener altos niveles de producción. Por otra, tenemos un grupo de mecanismos que, además de controlar indirectamente el tamaño del stock, apuntan hacia el sostenimiento de la actividad en niveles económicamente eficientes para la industria pesquera.

Los métodos que tradicionalmente se han utilizado, tales como las cuotas anuales de producción, vedas temporales y/o espaciales y restricciones al equipamiento pesquero, corresponden al primer grupo. En el segundo grupo encontramos los mecanismos de regulación que más nos atañen, tales como la asignación de derechos de propiedad y sistema de cuotas, el sistema de licencias, el sistema de impuestos sobre las capturas y, por último, el sistema de impuestos sobre el esfuerzo pesquero.

Una de las formas aparentemente más sencillas de regular una pesquería podría consistir en la *asignación de derechos de propiedad* sobre las zonas de pesca a explotar. Así, los problemas generados por las deseconomías externas ligadas a la propiedad común del

(10) Esta clasificación la establece C. W. Clark (1980), página 1.112 y siguientes.

recurso desaparecerían. Sin embargo, existen numerosos problemas, tanto de orden teórico como práctico, para conseguir una explotación eficiente del recurso aplicando este mecanismo de reparto de derechos de propiedad. Consideremos, por ejemplo, el caso de una especie pesquera migratoria distribuida por una amplia zona del océano y explotada únicamente por dos países ribereños. Supongamos también que esos dos países obtienen derechos legales de propiedad sobre sus franjas costeras (200 millas), que forman una parte del hábitat natural de la especie y, entre estos dos países deciden limitar la actividad pesquera de sus respectivas flotas a sus propias áreas marítimas. Bajo esta situación, la explotación del recurso sería óptima desde el punto de vista de cada una de las dos naciones implicadas. No obstante, esta distribución de derechos de propiedad, que conlleva la eliminación de la característica de bien común del recurso, no garantiza la eficiencia. Dado que la especie es migratoria, la consecución de una situación social óptima precisa que se pague por la explotación del recurso. Es decir, los países no pesqueros deberían exigir el pago de un precio eficiente a los países pesqueros por la explotación del stock de peces.

La misma conclusión sería válida en el caso de que la población de peces (o las poblaciones de peces en conjunto) fuese común para un grupo de países. Aquellos países que limiten su actividad pesquera a sus propias aguas no reconocerán voluntariamente su obligación de pagar un precio eficiente por el derecho a pescar. La actuación de un agente central supranacional con autoridad legal se hace necesaria.

Situémonos ahora en el caso más favorable: la zona en la cual habita el recurso está perfectamente delimitada y la agencia central (Estado, por ejemplo) posee derechos legales exclusivos sobre la misma; la especie o especies en cuestión no realizan movimientos migratorios hacia otras zonas marítimas y se distribuyen con cierta uniformidad en su hábitat natural; y, además, el único dueño puede controlar de manera efectiva la entrada y salida de agentes en la pesquería y el nivel de esfuerzo pesquero que cada uno de ellos ejerce sobre el recurso.

Bajo los anteriores supuestos, el administrador de la pesquería puede alcanzar una explotación eficiente y socialmente óptima a tra-

vés del reparto de derechos. Si la parcelación de la zona de pesca es técnicamente posible, el único dueño podrá conceder y distribuir entre las diferentes empresas pesqueras los derechos de explotación sobre las parcelas. Sin embargo, es obvio que la delimitación de parcelas en mar abierto genera numerosos problemas, de ahí que los administradores de las pesquerías se inclinen por el reparto a los pescadores de derechos sobre una parte del recurso, es el llamado sistema de cuotas individuales de captura. Dado que el único dueño puede controlar de forma efectiva el nivel de esfuerzo pesquero de cada uno de los pescadores, también está en disposición de ejercer un control individual del volumen de capturas de cada uno de ellos. Así, el mecanismo de regulación es muy simple, se trata de repartir una cuota (diaria, mensual, anual, por temporada de pesca, etc.) de captura a cada uno de los pescadores, de tal forma que les obligue a ejercer un nivel de esfuerzo global equivalente a aquel que maximiza el valor presente de la corriente de beneficios a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta la restricción biológica. Si existen N pescadores, partiendo del supuesto de homogeneidad de los mismos, a cada uno de ellos le corresponderá una cuota de pesca igual a la n ésima parte del producto total que se obtiene con el esfuerzo óptimo. Sin embargo, es frecuente que el regulador se enfrente a una pesquería en la que exista un número excesivo de pescadores y, por lo tanto, sea necesario expulsar o reducir la actividad de una parte de ellos, los menos eficientes. En estos casos, el único propietario puede exigir a los pescadores que paguen un precio por el derecho a capturar una parte del recurso (cuota). Así, el regulador establecerá y emitirá un número determinado de cuotas de captura, cuya suma equivalga al producto global óptimo. Paralelamente, propiciará la creación de un mercado de compra-venta de derechos, al que podrán concurrir todas las empresas pesqueras. Con ello se trata de que los pescadores paguen un precio eficiente (precio de equilibrio de la cuota en el mercado) por la extracción del recurso. Bajo estos supuestos, el pescador individual mantendrá su criterio de actuación, maximizar sus beneficios, pero incorporando en su problema el precio que ha de pagar por el derecho a capturar una tonelada del recurso. El precio unitario que ha de alcanzar el derecho en el mercado competitivo para garantizar una explotación eficiente ha de ser tal, que logre

igualar la solución de libre acceso a largo plazo con la de equilibrio estacionario de único dueño.

Otra opción que tiene el único propietario del recurso es el mecanismo basado en *licencias de pesca*, que, en general, es muy similar al anterior. En este caso, el regulador del recurso emitirá un número determinado de licencias sin las cuales el pescador no podrá acceder a la zona de pesca. De forma simultánea, el agente regulador establecerá un mercado competitivo para la adquisición de las licencias, al que podrán concurrir todos los pescadores. Así, siempre que las licencias emitidas limiten el esfuerzo pesquero hasta el nivel óptimo, el precio que alcanzarán los derechos hará que los pescadores individuales operen en el nivel correspondiente al equilibrio estacionario eficiente.

También es posible regular las pesquerías a través de *sistemas impositivos* que graven las capturas o el esfuerzo de pesca. En esta ocasión, el problema para el regulador de la pesquería consiste en calcular y aplicar un impuesto de equilibrio que conduzca a los pescadores a operar en el nivel de actividad compatible con la explotación eficiente del recurso natural. En estos casos, el administrador de la pesquería no fija previamente el nivel óptimo de capturas ni del esfuerzo pesquero a ejercer, sino que será el proceso de maximización de los beneficios individuales de los pescadores el que los determine según la tasa impositiva establecida.

III.2. *La elección de los esquemas impositivos*

Entre los mecanismos de licencias e impuestos sobre el esfuerzo pesquero por una parte, y entre el de cuotas e impuestos sobre las capturas por otra, existen grandes similitudes. Estas similitudes se centran en el hecho de que los precios óptimos de equilibrio de las licencias y cuotas coinciden exactamente con los valores óptimos de equilibrio para los impuestos sobre el esfuerzo y capturas, respectivamente (11). Sin embargo, entre los dos primeros sistemas regula-

(11) C. W. Clark (1980, 1985).

dores y los esquemas impositivos, existen diferencias prácticas importantes que explican la inclinación en favor de los últimos.

En los esquemas impositivos, el regulador se limita a implementar una determinada tasa impositiva, bien sobre el esfuerzo, bien sobre las capturas o una combinación de ambas. Esta tasa impositiva resulta ser una cantidad fija a pagar por unidad de esfuerzo estándar ejercido o por tonelada capturada. En los esquemas de cuotas individuales y licencias, el regulador ha de emitir al mercado un número determinado de derechos, bien sobre una parte del stock (cuota), bien sobre el esfuerzo de pesca (licencia). Para que el mercado asigne eficientemente los títulos emitidos (tanto en número como en forma) deben ajustarse perfectamente a las características de sus posibles compradores. Es decir, la elaboración de una cuota individual o de una licencia de pesca no sólo requiere un previo conocimiento del número exacto de pescadores y barcos que operan en la pesquería, también se precisa información sobre la estructura técnica de la misma (datos sobre la capacidad real de pesca de cada buque, tonelaje, potencia de los motores, número de tripulantes, edad de los barcos, etc.). En la aplicación que se desarrolla en la segunda parte, se desconocen los datos técnicos señalados anteriormente para la flota. Estas dificultades de orden práctico impiden analizar convenientemente los esquemas de regulación basados en cuotas individuales de captura o en licencias de pesca. Razón por la cual se limitará la aplicación a los sistemas impositivos puros. No obstante, creemos que esto no constituye una merma sustancial en el trabajo pues, dada la similitud formal entre los esquemas de regulación, tanto los razonamientos empleados como las soluciones obtenidas serán fácilmente proyectables a los mecanismos reguladores de cuotas y licencias.

III.3. *Estados transitorios*

Las medidas propuestas para conseguir la optimalidad en la explotación de los recursos pesqueros se basan en la comparación de las soluciones del modelo a largo plazo. Los controles propuestos

(cuotas, licencias e impuestos) deberán ser aplicados para mantener el equilibrio a lo largo del tiempo.

Sin embargo, cuando el agente central (bien un país, un grupo de países o asociaciones de productores) deciden administrar el recurso en base a cualquiera de estos mecanismos es por que, hasta esos momentos, seguramente se explotaba el recurso de forma ineficiente. Históricamente, la mayor parte de las pesquerías se han explotado en régimen de libre acceso y propiedad común, situación que, como ya hemos comprobado, frecuentemente ha dado lugar a una sobreexplotación económica del recurso natural (12). En definitiva, los stocks de peces eran sometidos a una presión pesquera excesiva y las dimensiones del mismo se veían reducidas de forma significativa. Como ya sabemos, las poblaciones de peces no se reconstituyen de forma inmediata, de ahí que, antes de aplicar los mecanismos de regulación descritos, sea necesario pasar por estados transitorios previos a los estados estacionarios finales.

En el contexto de modelos lineales, el administrador de la pesquería deberá alcanzar lo más pronto posible los valores de equilibrio estacionario, para lo cual aplicará controles específicos. La forma más rápida de alcanzar la senda óptima partiendo de una población inicial X_0 diferente a X_u (nivel óptimo), se realiza a través de la puesta en práctica de los denominados «controles bang-bang».

Si, $X_0 < X_u$ el control óptimo consiste en dejar de pescar (13), permitiendo que el stock de peces se reconstituya, proceso que puede durar años, dependiendo de la naturaleza de la especie de que se trate y del grado de deterioro del stock. Este control se mantendrá hasta que se alcance el nivel de stock óptimo, momento a partir del cual los mecanismos de cuotas, licencias o impuestos deberán aplicarse como nuevos controles (controles singulares).

Evidentemente, si partimos de un estado inicial donde $X_0 > X_u$, la autoridad central gestora del recurso deberá aplicar el control opuesto. Es decir, tendrá que incentivar la explotación del recurso al nivel máximo posible (incluso a través de subvenciones a los pro-

(12) Desgraciadamente, en numerosas ocasiones, también se alcanzan situaciones de sobrepesca biológica, deteriorando enormemente el nivel de las poblaciones de peces e, incluso, dando lugar a situaciones de práctica extinción del mismo.

(13) G. Brown, Jr. (1974), (167-168).

ductores) hasta alcanzar el tamaño óptimo de la población de peces, momento a partir del cual deberá aplicar los controles singulares.

III.4. *La estimación de los impuestos óptimos*

Para poder generar un nivel óptimo de explotación pesquera es preciso que el regulador controle la entrada en la pesquería, bien introduciendo precios eficientes de admisión bien implantando precios eficientes sobre las capturas obtenidas.

Si denotamos por T_Y el impuesto específico sobre las capturas, la empresa i ésima, al asumir que sus competidoras (el resto de las empresas) ejercerán un esfuerzo igual a L_R , tendrá una función de beneficios definida de la siguiente forma:

$$\pi_i = (p - T_Y) Y_i - w L_i$$

El pescador individual decidirá sobre la cantidad de esfuerzo a aplicar maximizando el valor presente de la corriente de sus beneficios individuales a lo largo del tiempo, sin tener en cuenta la restricción biológica. Como hemos visto anteriormente, la solución de equilibrio a corto plazo para el pescador individual implica que el producto marginal privado se iguale al coste real neto del esfuerzo pesquero, ahora definido como $(w/p - T_Y)$. Si existe libre entrada, el número de pescadores aumentará en tanto existan en la pesquería rentas no apropiadas todavía. A largo plazo, para un N muy elevado, la solución de equilibrio que se alcanzará implicará la igualación del producto medio con el salario real neto:

$$\frac{A X 1^\alpha}{L} = \frac{w}{p - T_Y}$$

donde:

$$w = (p - T_Y) \frac{A X 1^\alpha}{L} \quad ; \quad p = \frac{w L}{A X 1^\alpha} + T_Y$$

En situación de único dueño, la condición de eficiencia implicaba que el producto marginal del esfuerzo se igualase al salario real, definido este último como el coste del esfuerzo (w) dividido por el precio neto del pescado ($p - \lambda$).

Es decir:

$$a A l^{\alpha-1} = \frac{w}{p - \lambda}$$

donde:

$$w = (p - \lambda) \alpha A l^{\alpha-1} \quad ; \quad p = \frac{w}{\alpha A l^{\alpha-1}} + \lambda$$

El impuesto específico sobre las capturas que garantiza una explotación eficiente del recurso ha de ser tal que iguale la solución competitiva a largo plazo con la solución de equilibrio de único dueño.

Como suponemos constantes a w y p , podemos igualar las expresiones que las definen en ambos equilibrios. Así, en el caso del coste del esfuerzo tenemos:

$$(p - T_Y) \frac{A X l^{\alpha}}{L} = (p - \lambda) \alpha A l^{\alpha-1}$$

En el caso del precio del pescado:

$$\frac{w L}{A X l^{\alpha}} + T_Y = \frac{w}{\alpha A l^{\alpha-1}} + \lambda$$

Podemos despejar T_Y en ambas ecuaciones, obteniendo dos expresiones equivalentes ($T_{Y,1}$ y $T_{Y,2}$) del valor que ha de alcanzar el impuesto sobre las capturas para garantizar una explotación eficiente en la pesquería.

[12]

$$T_{Y,1} = p(1 - \alpha) + \alpha\lambda \quad ; \quad T_{Y,2} = \lambda + \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right) \frac{w}{A l^{\alpha-1}}$$

Efectivamente, si sustituimos cualquiera de estas dos expresiones de T_Y en la condición de equilibrio de libre entrada a largo plazo veremos como, con la aplicación de este impuesto, la solución de equilibrio resulta ser eficiente.

El mecanismo de impuesto sobre el esfuerzo de pesca es muy parecido al anterior. Si denotamos por T_L el impuesto específico sobre el esfuerzo pesquero, la función de beneficios individuales a maximizar por los pescadores será:

$$\pi_i = p Y_i - (w + T_Y) L_i$$

Manteniendo la hipótesis de múltiples concurrentes, a largo plazo la condición de equilibrio se transforma ahora en:

$$\frac{A X l^\alpha}{L} = \frac{w + T_L}{P}$$

donde:

$$w = p \frac{A X l^\alpha}{L} - T_L \quad ; \quad p = \frac{(w + T_L) L}{A X l^\alpha}$$

Como en el anterior caso, para el cálculo del impuesto eficiente procedemos a igualar las ecuaciones que nos definen el coste del esfuerzo y el precio del pescado bajo ambos regímenes (libre acceso y único dueño), obteniendo dos expresiones equivalentes para T_L :

[13]

$$T_{L.1} = A l^{\alpha-1} (\lambda \alpha + p - p \alpha) \quad ; \quad T_{L.2} = w \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) + 1 A l^{\alpha-1}$$

Si el administrador de la pesquería aplica este impuesto sobre el esfuerzo pesquero individual logrará que los agentes desarrollen su actividad a un nivel compatible con la explotación eficiente del recurso.

III.5. Precio sombra del recurso y recaudación del administrador

La cuantía de los impuestos óptimos dependerá del valor que alcance el precio sombra del recurso, el precio del pescado, el precio del esfuerzo pesquero y el valor asumido para la tasa de descuento.

El precio sombra del recurso (λ) ha de ser evaluado en el óptimo y para su estimación podemos retomar las ecuaciones [5] y [6]. De ellas, para $\dot{\lambda} = 0$ podemos despejar λ , obteniendo dos expresiones equivalentes (λ_1 y λ_2):

[14]

$$\lambda_1 = \frac{p A l^a (1 - \alpha)}{A l^\alpha (1 - \alpha) + \gamma - (a - 2 b X)} ; \quad \lambda_2 = \frac{w}{\alpha A l^{\alpha-1}}$$

Una vez estimados los valores estacionarios óptimos de X y L , dados unos determinados precios para el esfuerzo y el pescado y una tasa de descuento, se puede estimar el valor del precio sombra del recurso asociado a la solución óptima a través de cualquiera de las dos expresiones anteriores.

Si el mecanismo regulador utilizado es el impuesto por unidad de captura, la recaudación anual (R) obtenida por el administrador de la pesquería será equivalente al peso total de las mismas (Y_u) multiplicado por el precio del impuesto correspondiente. Usando la misma notación que en el desarrollo anterior:

$$R_{Y,1} = T_{Y,1} Y_u ; \quad R_{Y,2} = T_{Y,2} Y_u$$

Si el mecanismo regulador utilizado es el impuesto por unidad de esfuerzo, la recaudación anual obtenida será equivalente al esfuerzo total ejercido (L_u) multiplicado por el precio del impuesto correspondiente:

$$R_{L,1} = T_{L,1} L_u ; \quad R_{L,2} = T_{L,2} L_u$$

Sea cual fuese la expresión del impuesto utilizada y el esquema de regulación implantado, dados unos parámetros constantes y unas soluciones estacionarias óptimas, la recaudación global que cada año obtendrá el administrador de la pesquería será equivalente a la diferencia entre ingresos y costes totales que se derivan de la explotación del recurso.

En nuestro caso:

$$R = p A X_u l_u^\alpha - w L_u$$

De forma equivalente:

[15]

$$R = p Y_u - w L_u$$

IV. CONCLUSIONES

En esta parte del trabajo, se ha analizado la explotación de una pesquería a través de un modelo bioeconómico dotado de formas funcionales concretas. En general, los resultados del análisis son compatibles con los mostrados en la literatura económica sobre el tema. Resultados que podemos resumir en los siguientes apartados:

1. Las soluciones pesqueras estacionarias serán diferentes según las condiciones institucionales bajo las que se desenvuelve la actividad. Así, las asignaciones del mercado en un contexto de propiedad común y libre acceso resultan ineficientes desde el punto de vista socioeconómico.
 2. Tanto en libre acceso como en único dueño, los valores estacionarios que alcanzan la población y el esfuerzo de pesca son sensibles a modificaciones en el salario real. La población de equilibrio aumentará y el esfuerzo disminuirá a medida que se incremente el coste real del esfuerzo pesquero.
 3. Las soluciones estacionarias de único dueño también son sensibles a modificaciones en el tipo de descuento. Así, elevadas tasas de descuento implicarán mayores niveles de esfuerzo y menores de población de equilibrio, ocurriendo lo contrario para bajas tasas de descuento.
 4. Siempre que consideremos que el stock de peces es un recurso escaso (esto implica un precio sombra del recurso positivo) y con tasas de descuento positivas diferentes de infinito, el equilibrio estacionario de libre acceso se alcanzará para mayores niveles de esfuerzo de pesca y menores de población que en régimen de único propietario del recurso.
 5. La explotación racional de los recursos pesqueros es factible. Siempre que exista una agencia central, con capacidad efecti-
-

va de controlar el acceso a la pesquería y el esfuerzo pesquero que se ejerce sobre el recurso, se pueden alcanzar explotaciones eficientes a través de la aplicación de diversos mecanismos de intervención. Entre estos mecanismos podemos destacar los de cuotas de captura, licencias de pesca y los esquemas impositivos puros.

BIBLIOGRAFIA

BROWN, G. M. (1974). *An Optimal Program for Managing Common Property Resources with Congestion Externalities*. Journal of Political Economy, vol. 82, n.º 1 (163-174).

CHEUNG, S. N. S. (1970). *Contractual Arrangements and Resource Allocation in Marine Fisheries*. In A. D. Scott (Ed.), *Economics of Fisheries Management. A Symposium*. Univ. of British Columbia, Institute of Animal Resource Ecology (Vancouver, 1970) (97-108).

CHRISTY, F. T. y SCOTT, A. D. (1965). *The Common Wealth in Ocean Fisheries*. Baltimore. John Hopkins Press.

CLARK, C. W. (1980). *Towards a Predictive Model for the Economic Regulation of Commercial Fisheries*. Canadian Journal Fish. Aquat. Science, 37 p. (1.111-1.129).

CLARK, C. W. (1985). *The Effect of Fishermen's Quotas on Expected Catch Rates*. Marine Resource Economics, vol. 1, n.º 4 (419-427).

GALLASTEGUI, M. C. (1983). *An Economic Analysis of Sardine Fishing in the Gulf of Valencia (Spain)*. Journal of Environmental Economics and Management, 10 (138-150).

GALLASTEGUI, M. C. y FRANQUESA, R. (1988). *Los modelos bioeconómicos y su aplicación al sector pesca. ¿A qué preguntas responde?* Información Comercial Española, n.º 653-654, enero-febrero (9-20).

HENDERSON, J. V. y TUGWELL, M. (1979). *Exploitation of the Lobster Fishery: Some Empirical Results*. Journal of Environmental Economics and Management, 6 (287-296).

SMITH, V. L. (1968). *Economics of Production from Natural Resources*. American Economic Review, vol. 58, n.º 3 (409-431).

SMITH, V. L. (1969). *On Models of Commercial Fishing*. Journal of Political Economy, vol. 77, n.º 2, marzo-abril (181-198).

RESUMEN

Este artículo constituye la primera parte de un trabajo más amplio, cuyo objetivo fundamental se centra en la profundización del estudio de los modelos bioeco-

nómicos pesqueros a través de una aproximación empírica. En esta parte se plantea un modelo pesquero, dotado con formas funcionales concretas para la tecnología de la pesquería y el crecimiento de la población de peces, se analizan las soluciones pesqueras estacionarias bajo distintas condiciones institucionales, y se exponen medidas de regulación aplicables para la consecución de explotaciones pesqueras equilibradas y eficientes.

PALABRAS CLAVE: Modelo bioeconómico pesquero.

R E S U M E

Cet article constitue la première partie d'un travail plus vaste visant fondamentalement à approfondir dans l'étude des modèles bioéconomiques des zones de pêche a travers une approche empirique. Dans cette partie, il est envisagé un modele de pêche offrant des formes fonctionnelles concrètes pour la technologie des zones de pêche et la croissance du nombre des poissons, il est analysé les solutions de la pêche stationnaire sous différentes conditions institutionnelles, et il est exposé des mesures de réglementation á appliquer en vue de l'obtention d'exploitations de pêche équilibrées et efficientes.

S U M M A R Y

This paper is the first part of a larger study, whose main objective is centred on going deeper into the analysis of bioeconomic models for fishing grounds using an empirical approach. In this part, a fishery model, made up of specific functional forms applied to fishing technology and the growth of the fish population, is considered, stationary fishing solutions are analysed under different institutional conditions and control measures that can be applied to achieve balanced and efficient fisheries are discussed.
