

# Gestión de recursos pesqueros transfronterizos: una aproximación a supuestos más realistas

MARCOS DOMÍNGUEZ TORREIRO (\*)

JUAN C. SURÍS REGUEIRO (\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas se han producido avances significativos en el análisis bioeconómico de las pesquerías, avances que han girado básicamente en torno a las condiciones biológicas, institucionales y económicas que rodean a la actividad pesquera (Garza Gil y Varela Lafuente 2002). La aparición de las Zonas Económica Exclusivas de 200 millas ha desviado la atención de muchos economistas hacia el estudio de aquellos recursos pesqueros cuya gestión escapa a la jurisdicción de un único Estado. Esto ha motivado que algunos de estos avances más relevantes se hayan producido en el campo de los llamados recursos pesqueros transfronterizos, aquellos que se distribuyen entre las aguas jurisdiccionales de dos o más países ribereños.

A la hora de abordar la gestión óptima de este tipo de recursos, el planteamiento teórico básico de la regulación de pesquerías, desarrollado a partir de las aportaciones de autores como Gordon (1954), Scott (1955), Crutchfield y Zellner (1962) y Clark y Munro (1975), sería de difícil aplicación para el caso de recursos pesqueros cuya gestión es compartida entre dos o más países. En estos casos, existirían dificultades para diseñar y aplicar los mecanismos tradicionales de gestión de pesquerías, puesto que la gestión óptima del recurso exigiría una previa cooperación entre los Estados copropietarios del mismo.

Los modelos teóricos de análisis de recursos compartidos combinan los modelos bioeconómicos tradicionales con la Teoría de Juegos.

---

(\*) *Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Vigo.*

Por medio de estos modelos se estudia cuáles son los efectos sobre la biología y sobre los resultados económicos de la pesquería bajo cooperación y no cooperación, tratando de aislar las consecuencias negativas de la no cooperación (Sumaila 1999 y Garza Gil *et al.* 1995).

Si bien el modelo teórico básico aplicable al estudio de los recursos pesqueros transfronterizos se remonta a finales de la década de los setenta (Munro 1979), existen todavía pocos análisis aplicados al respecto. De entre ellos, podemos destacar los trabajos realizados por Armstrong y Flaaten (1991), Armstrong (1994), Sumaila (1995 y 1997), Armstrong y Sumaila (2001), Kennedy (2003) y Bjørndal y Lindroos (2004).

El objetivo que nos hemos propuesto con este artículo es avanzar en la modelización de este tipo de situaciones, incorporando al modelo teórico básico propuesto por Munro (1979) una serie de supuestos, tales como la no linealidad de las funciones de capturas, la presencia de tecnologías diversas en las flotas participantes, y la posibilidad de existencia de flujos de información entre las partes en un entorno competitivo, que permiten dotar de mayor realismo al análisis. Para ello, el trabajo ha sido dividido en cuatro partes. Después de una primera parte introductoria, en la sección 2 se presenta el modelo básico de referencia para el estudio de la gestión de recursos transfronterizos, y se analizan sus resultados, limitaciones y posibles extensiones. En la sección 3 desarrollamos y formalizamos un nuevo modelo que incorpora una serie de supuestos que permiten una mayor aproximación del mismo a la realidad pesquera comunitaria. Por último, en la sección 4 se recogen los principales resultados y las consideraciones más relevantes presentados a lo largo del trabajo.

## 2. EL MODELO DE REFERENCIA: SUPUESTOS, RESULTADOS Y POSIBLES EXTENSIONES

La extensión de las Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) hasta las 200 millas supuso que la mayor parte de los recursos pesqueros quedaran bajo la jurisdicción exclusiva de un único Estado. Sin embargo, existen recursos pesqueros que se mueven a caballo entre las aguas jurisdiccionales de uno o más Estados costeros y las aguas internacionales («straddling stocks»), recursos pesqueros altamente migratorios, y stocks que se mueven entre las ZEE de dos o más países ribereños. Estos últimos son los considerados propiamente como recursos transfronterizos (1).

(1) Para una revisión de la literatura relativa a recursos transfronterizos, altamente migratorios y «straddling stocks», véase Garza Gil y Varela Lafuente (2002).

## 2.1. El modelo de Munro

El análisis teórico de la gestión de los recursos transfronterizos ha sido ampliamente desarrollado por G. Munro (1979, 1982, 1990). La propuesta de Munro consiste en aunar el modelo bioeconómico dinámico tradicional con la teoría de juegos cooperativos de Nash (1950, 1953), empleando ambas herramientas analíticas para profundizar en la cuestión de cómo alcanzar una explotación cooperativa eficiente de los recursos compartidos (2).

Munro (1979) circunscribe su análisis a situaciones en las que el stock es compartido por tan sólo dos países. En un escenario marcado por la posibilidad de alcanzar acuerdos vinculantes, cada uno de estos países tendrá su propia visión acerca de cuál debería ser la gestión óptima del recurso. Para Munro, los conflictos de intereses relativos a la determinación de la política de explotación óptima del recurso compartido surgirán motivados por el deseo de cada uno de los países de maximizar sus propias rentas obtenidas de la pesquería, por la presencia de distintas tasas de descuento ( $\delta_i$ ) y por la existencia de diferentes costes de explotación en las respectivas flotas nacionales ( $c_i$ ).

Los copropietarios del recurso deberán alcanzar un acuerdo sobre cuál debe ser la política de explotación del recurso y sobre cómo se repartirán las rentas totales generadas en la pesquería. En ausencia de la posibilidad de realizar pagos laterales entre las partes, un potencial acuerdo de gestión entre los dos países participantes en la pesquería lo podemos caracterizar del siguiente modo:

$$\text{Max PV} = \beta PV_1 + (1-\beta)PV_2 \text{ en donde } 0 \leq \beta \leq 1$$

En la expresión anterior, PV representa el flujo neto descontado y ponderado de beneficios procedentes de la pesquería, y  $PV_i$  el flujo correspondiente a cada uno de los participantes. El valor de  $\beta$  hace referencia al valor del parámetro de negociación. Un valor de  $\beta = 1$  equivale a decir que las preferencias del país 1 serán completamente dominantes. Un valor de  $\beta = 0$  implica que las preferencias dominantes serán las del país 2.

Para determinar qué  $\beta$  surgirá del proceso de negociación entre los dos Estados, recurriremos al modelo de juegos cooperativos de Nash. Sean  $\pi$  y  $\theta$  respectivamente los pagos correspondientes a los países 1

---

(2) Tal y como señala Munro (1990), los resultados de la explotación de la pesquería bajo un escenario de no cooperación serían decididamente perjudiciales para las flotas participantes.

y 2 (3). Sean  $\pi^0$  y  $\theta^0$  respectivamente los puntos de amenaza de los países 1 y 2, es decir, los pagos que disfrutarían ambos países bajo una situación de no cooperación. Variando los valores de  $\beta$  entre 0 y 1 y calculando la política de explotación que maximice  $\beta PV_1 + (1-\beta)PV_2$ , determinaremos la frontera Pareto-eficiente en el espacio de los pagos posibles. El  $\beta^*$  que surgirá del proceso de negociación será aquel que maximice la siguiente expresión:

$$\text{Max } (\pi^* - \pi^0) \cdot (\theta^* - \theta^0) \tag{2}$$

El modelo de juego cooperativo de Nash asume que ningún agente racional aceptará un pago resultante del juego cooperativo que sea inferior a su punto de amenaza. En el caso que nos ocupa, ningún Estado costero racional aceptará un acuerdo de cooperación que le resulte más perjudicial que la opción de rehusar a la cooperación (Munro 1990).

Tomemos como ejemplo la situación en que los costes de explotación de los dos copropietarios son los mismos ( $c_1(x) = c_2(x) = c(x)$ ), pero las tasas de descuento son diferentes ( $\delta_1 \neq \delta_2$ ). En todo lo demás, asumimos que ambos países son idénticos. Para el caso en que el porcentaje de las capturas totales que le corresponde a cada país ( $\alpha$ ) haya sido prefijado de antemano, la ecuación [1] se expresaría ahora de la siguiente manera (4):

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{h(t)} \int_0^\infty \left\{ \beta e^{-\delta_1 t} \alpha + (1-\beta)e^{-\delta_2 t} (1-\alpha) \right\} [p - c(x)] h(t) \, dt \\ & \text{s.a. } \dot{x} = F(x) - h(t) \\ & 0 \leq h(t) \leq h_{\text{max}} \\ & 0 < x(t) \\ & \text{con } 0 \leq \alpha, \beta \leq 1 \text{ y } \delta_1 < \delta_2 \end{aligned} \tag{3}$$

en donde  $F(\cdot)$  representa la función de crecimiento natural de la población,  $h(\cdot)$  las capturas totales,  $c(\cdot)$  la función de costes por unidad capturada y  $p$  el precio del pescado.

La linealidad del modelo así planteado permite caracterizar explícitamente las soluciones óptimas estacionarias correspondientes al mismo del siguiente modo:

(3) Por pagos entendemos el valor presente de la corriente neta de beneficios resultante de una determinada política de explotación de la pesquería.

(4) Para un desarrollo del modelo básico de explotación de recursos compartidos bajo el supuesto de diferentes costes entre países o participaciones en las capturas totales no predeterminadas, véase Munro (1979).

$$\frac{-\delta_1 \beta e^{-\delta_1 t} \alpha - \delta_2 (1-\beta) e^{-\delta_2 t} (1-\alpha)}{\beta e^{-\delta_1 t} \alpha + (1-\beta) e^{-\delta_2 t} (1-\alpha)} = F'(x^*) - \frac{c'(x^*)F(x^*)}{p - c(x^*)} \quad [4]$$

En la expresión [4], el lado izquierdo se puede interpretar como una media ponderada de las tasas de descuento. Si denotamos el lado izquierdo de la ecuación como  $\delta_3(t)$ , podemos reescribir la ecuación [4] del siguiente modo:

$$F'(x^*) - \frac{c'(x^*)F(x^*)}{p - c(x^*)} = \delta_3(t) \quad [5]$$

La media ponderada de las tasas de descuento depende del tiempo y, en consecuencia, el nivel de stock óptimo también. En el momento  $t = 0$ , el nivel de stock estará entre los niveles óptimos de explotación que desearían los dos países participantes en la pesquería si fuesen a título individual los únicos explotadores del recurso ( $X_1^*$  y  $X_2^*$ ), pero, a lo largo del tiempo,  $X^*$  se aproximará a  $X_1^*$ . Esto es así porque en las preferencias del país 2 se le da mayor peso al presente y futuro cercano (mayor tasa de descuento), mientras que el país con menor tasa de descuento está valorando más los beneficios futuros en el largo plazo. La participación de cada país en las capturas totales de la pesquería se hará en base al valor de  $\alpha$  preestablecido, siendo este reparto de la actividad extractiva lo que a su vez determinará los niveles de renta que disfrutarán cada uno de los Estados.

Por otro lado, si se permitiesen pagos laterales, la política óptima a determinar sería aquella que maximizase la suma no ponderada de rentas procedentes de la pesquería. En términos de la ecuación [1], esto equivale a asignar al parámetro  $\beta$  un valor de 0,5. El posterior reparto de las ganancias de la cooperación se realizará en base a la clave de reparto propuesta por Munro (1979) (5):

$$\hat{\pi} = (\Omega - \theta^0 + \pi^0) / 2 \quad [6]$$

$$\hat{\theta} = (\Omega - \pi^0 + \theta^0) / 2 \quad [7]$$

para los países 1 y 2, respectivamente. En las expresiones [6] y [7],  $\Omega$  representa los beneficios totales de la pesquería:

$$\Omega = \hat{\pi} + \hat{\theta} \quad [8]$$

(5) Bajo el supuesto de linealidad del modelo, un  $\beta = 0,5$  implica que el país más conservacionista explotará la pesquería en solitario, siguiendo una política de explotación acorde con sus preferencias individuales (Munro 1979, 1990).

## 2.2. La necesidad de supuestos más realistas: extensiones al modelo de Munro

El modelo de análisis propuesto por Munro plantea una pesquería explotada por dos países que se diferencian bien por tener tasas de descuento diferentes, o bien por tener costes unitarios de explotación diferentes; sin embargo, en todos los demás aspectos ambos países son considerados como idénticos.

En la realidad pesquera a nivel mundial, y en la realidad pesquera comunitaria más concretamente, se dan una diversidad de situaciones no contempladas por el modelo teórico tradicional. En muchos casos de estudio no parece razonable asumir como cierta esa identidad entre los países participantes en la pesquería. En una pesquería donde las flotas participantes tengan características medias diversas, el modelo aplicado a esa pesquería debería reflejar estas diferencias. Así pues, entendemos que el modelo de análisis propuesto por Munro (1979) se enriquecería y se aproximaría a supuestos más realistas si se incorporasen algunas de las siguientes extensiones:

- Las diferencias en costes unitarios de explotación y tasas de descuento entre los países pueden darse simultáneamente. Al tratarse de países diferentes, los valores de los parámetros relativos a las tasas de descuento, precios y costes de los productos podrán mantener diferencias significativas. Esto será así incluso para el caso de países integrados dentro de un espacio económico común, como es el caso de los Estados miembros de la Unión Europea. Salarios, niveles de productividad y costes de producción difieren de manera ostensible entre los diferentes países de la Unión. En el caso de la actividad pesquera, dos o más flotas de dos o más Estados miembros explotando una misma pesquería presentarán valores de sus parámetros económicos que recojan las peculiares características de sus respectivas economías nacionales. Por ejemplo, tal y como podemos apreciar en el cuadro 1, eso es precisamente lo que sucede en el Báltico con relación a las distintas flotas nacionales dedicadas a la pesca de especies pelágica (6).
- Las funciones de producción son no lineales. Frente a la especificación lineal propuesta por Munro, se podrían emplear, por ejemplo, formas funcionales del tipo Cobb-Douglas, dada la mayor fle-

---

(6) Por ejemplo, para el caso concreto de la pesquería de Grand Sole, los datos económicos relativos a la explotación de una pesquería a manos de diferentes flotas comunitarias, si tomamos como indicador de referencia el valor del Excedente Bruto de Explotación por tonelada capturada, oscilan notablemente en función de cual sea el segmento de flota comunitaria analizado (Domínguez et al. 2004).

Cuadro 1

## FLOTA BÁLTICA DE ARRASTREROS MENORES DE 24 METROS (DATOS AÑO 2002)

	Costes (€/t)	Precio (€/t)		Tasa de descuento (IPC armonizado)
		Arenque	Espadín	
Estonia	51	158	150	3,6%
Letonia	193	179	176	2,0%
Lituania	290	286	185	0,4%

Fuente: Comisión Europea (2003) y Eurostat.

xibilidad que estas especificaciones no lineales ofrecen a la hora de tratar de modelizar la actividad extractiva de cada una de las flotas participantes. La mayor flexibilidad requerida a la hora de modelizar la actividad extractiva encuentra su razón de ser en la heterogeneidad y diversidad de las funciones de producción de las distintas flotas que compiten por los recursos compartidos (7). Las razones explicativas de estas diferencias tecnológicas entre las flotas son muy variadas. Dentro del marco de la Política Pesquera Común, los Estados miembros tienen autonomía para establecer regulaciones propias sobre sus flotas nacionales en sus aguas jurisdiccionales (Reglamento (CE) n.º 2371/2002). Esto se traduce en que en muchas pesquerías están vigentes restricciones de tipo institucional (normas específicas en cada país o territorio relativas a la capacidad y potencia de los buques, a la utilización de las técnicas de pesca, a la existencia de censos cerrados de embarcaciones por arte de pesca) y cultural (tradicición) que hacen que las técnicas de pesca para la extracción de un mismo recurso varíen de un territorio a otro. De este modo, las rigideces existentes impiden la igualación de las técnicas de producción entre las flotas y permiten la subsistencia de manera simultánea en el tiempo de tecnologías diversas. Este es el caso de la pesquería de sardina iberoatlántica, donde por un mismo recurso compiten dos flotas, la española y la portuguesa, diferentes entre sí tecnológicamente, y con diferencias inclusive en cuanto a la homogeneidad interna de las flotas (8). En España nos encontramos con la flota Gallega (con 25 toneladas de Registro Bruto (TRB) de promedio), la flota Andalu-

(7) Así también lo consideran Bjørndal y Lindroos (2004) en un estudio reciente sobre la pesquería del arenque del Mar del Norte, pesquería compartida entre Noruega y algunas flotas de la Unión Europea (danesas, escocesas y holandesas).

(8) Véase Domínguez Torreira (2004).

za (15 TRB) y la flota del Cantábrico (50-150 TRB); en Portugal tenemos las «cercadoras» (20 TRB) y las «trainieras» (50 TRB). Algo similar ocurre en el Gran Sol (zonas ICES VI, VII, VIIIabde), donde por unos recursos similares compiten en una misma zona flotas de altura con tecnología industrial (la flota española de los 300, arrastreros escoceses mayores de 24 metros, polivalentes irlandeses mayores de 20 metros) con flotas de menor dimensión cuyos puertos base se encuentran más próximos a la zona de pesca («eurocutters» belgas; arrastreros/dragas, volanteros y palangreiros franceses; buques dedicados a la pesca del langostino procedentes de Irlanda y Escocia) (9).

- Las unidades de esfuerzo correspondientes a cada una de las flotas no tienen por qué ser homogéneas ni por tanto directamente comparables. Será la propia heterogeneidad de las flotas participantes en la pesquería la causante de esta situación. Si tomamos como medida del esfuerzo pesquero los días de pesca pasados en el mar, no será comparable el resultado de un día de actividad de un buque con unas determinadas características promedio con relación a un día de pesca de un buque con diferente capacidad y potencia promedios, o que emplea un arte de pesca diferente. En la actualidad, las reglamentaciones comunitarias para la gestión sostenible de los recursos tienden hacia la incorporación de la variable esfuerzo como variable de control en la pesquería, fijando límites de esfuerzo para cada país en base al potencial extractivo de sus respectivas flotas. Este es el caso del régimen de gestión de esfuerzo en las Aguas Occidentales de la Unión Europea (Reglamento (CE) n.º 1954/2003), así como del plan especial para la recuperación de las poblaciones de bacalao (Anexo V del Reglamento (CE) n.º 2287/2003).
- El modelo planteado es un modelo en tiempo discreto y con horizonte temporal finito. En el caso de los acuerdos pesqueros entre países, el establecimiento de horizontes temporales de duración prefijada es una práctica habitual en el escenario pesquero internacional. Tal es el caso, por ejemplo, de los acuerdos pesqueros firmados por la Unión Europea con Noruega, Groenlandia, Islandia, Seychelles, Santo Tomé y Príncipe, Senegal, Angola, Guinea Conakry, etc.
- El comportamiento competitivo de los agentes puede responder exclusivamente a intereses de muy corto plazo o puede llegar a

(9) Véase Domínguez Torreiro et al. (2004).

tener en cuenta el efecto de la actividad pesquera sobre la evolución del recurso. Si bien tanto en un caso como en otro el resultado finalmente alcanzado será socialmente ineficiente (véase Arnason 1989, Bjorndal 1992), el supuesto que hagamos sobre la estrategia competitiva de los agentes implicados en la explotación de la pesquería afectará a la determinación de las sendas cooperativas óptimas. Asimismo, condicionará también las posibilidades de que los acuerdos cooperativos puedan llegar a consensuarse.

### 3. UNA PROPUESTA AJUSTADA A SUPUESTOS MÁS REALISTAS

Sobre la base de las extensiones señaladas en el anterior apartado, procedemos a continuación a formalizar el nuevo modelo resultante. Tal y como hemos señalado anteriormente, la forma funcional para la tecnología de la industria pesquera adopta la forma de una función Cobb-Douglas, en nuestro caso homogénea de grado 1:

$$Y_{i,t} = q_i E_{i,t}^{\alpha_i} X_t^{1-\alpha_i} \quad [9]$$

en donde  $Y_i$  son las capturas correspondientes a la flota del país  $i$ ,  $q_i$  el coeficiente de capturabilidad, y  $E_i$  el esfuerzo correspondiente a esa misma flota. Siendo  $L_{i,t} = (E_{i,t}/X_t)$ , podemos expresar la relación anterior de la siguiente manera:

$$Y_{i,t} = q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t \quad [10]$$

Al igual que en el modelo de Munro, asumimos que la ley de crecimiento natural de la población,  $F(\cdot)$ , adopta la forma de una función logística. De esta forma, el crecimiento neto de la población de un período a otro vendrá dado por:

$$X_{t+1} - X_t = aX_t - bX_t^2 - (Y_{1,t} + Y_{2,t}) = aX_t - bX_t^2 - Y_t \quad [11]$$

Una vez definidas las formas funcionales relativas a la tecnología empleada y a la restricción biológica, podemos pasar a plantear las soluciones pesqueras asociadas con una situación en la cual es posible establecer acuerdos vinculantes, así como aquellas ligadas a una situación en la que no existe cooperación ni comunicación entre los dos gestores del recurso.

#### 3.1. Entorno Cooperativo

Sea  $p_i$  el precio por tonelada capturada en el país  $i$ , sea  $w_i$  el coste por unidad estándar de esfuerzo (días de pesca del barco tipo) en el país  $i$  y sea  $\varphi_i$  el factor de descuento en cada país. Si suponemos que no

es posible realizar pagos laterales, el acuerdo de gestión cooperativa se derivará de la resolución del siguiente problema de optimización:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max}_{E_1, E_2} \sum_{t=0}^{T-1} \left\{ \beta \varphi_1^t \left[ p_1 (q_1 L_{1,t}^{\alpha_1} X_t) - \omega_1 E_{1,t} \right] + (1-\beta) \varphi_2^t \left[ p_2 (q_2 L_{2,t}^{\alpha_2} X_t) - \omega_2 E_{2,t} \right] \right\} \\
 & \text{s.a. } X_{t+1} - X_t = aX_t - bX_t^2 - (q_1 L_{1,t}^{\alpha_1} X_t + q_2 L_{2,t}^{\alpha_2} X_t) \\
 & 0 \leq E_1(t) \leq E_{1\max} \\
 & 0 \leq E_2(t) \leq E_{2\max} \\
 & 0 \leq X(t) \\
 & X(0) = X_0
 \end{aligned} \tag{12}$$

La solución a este problema de optimización dinámico se obtendrá mediante la aplicación del Principio del Máximo. El Hamiltoniano actualizado asociado al problema de optimización es el siguiente:

$$H^a = \left\{ \beta \varphi_1^t \left[ p_1 (q_1 L_{1,t}^{\alpha_1} X_t) - \omega_1 E_{1,t} \right] + (1-\beta) \varphi_2^t \left[ p_2 q_2 L_{2,t}^{\alpha_2} X_t - \omega_2 E_{2,t} \right] + \lambda_{t+1} \left[ aX_t - bX_t^2 - (q_1 L_{1,t}^{\alpha_1} X_t + q_2 L_{2,t}^{\alpha_2} X_t) \right] \right\} \tag{13}$$

Las condiciones de primer orden correspondientes serán:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial H^a}{\partial E_1} = 0; & \quad \beta \varphi_1^t (p_1 q_1 \alpha_1 L_{1,t}^{\alpha_1-1} - \omega_1) + \lambda_{t+1} (-q_1 \alpha_1 L_{1,t}^{\alpha_1-1}) = 0 \\
 \frac{\partial H^a}{\partial E_2} = 0; & \quad (1-\beta) \varphi_2^t (p_2 q_2 \alpha_2 L_{2,t}^{\alpha_2-1} - \omega_2) + \lambda_{t+1} (-q_2 \alpha_2 L_{2,t}^{\alpha_2-1}) = 0
 \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
 -\frac{\partial H^a}{\partial X_t} = \lambda_{t+1} - \lambda_t; & \quad - \left\{ \left[ \beta \varphi_1^t p_1 q_1 (1-\alpha_1) L_{1,t}^{\alpha_1} \right] + \left[ (1-\beta) \varphi_2^t p_2 q_2 (1-\alpha_2) L_{2,t}^{\alpha_2} \right] + \right. \\
 & \left. + \lambda_{t+1} \left[ a - 2bX_t - q_1 (1-\alpha_1) L_{1,t}^{\alpha_1} - q_2 (1-\alpha_2) L_{2,t}^{\alpha_2} \right] \right\} = \\
 = \lambda_{t+1} - \lambda_t & \tag{15}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial H^a}{\partial \lambda_{t+1}} = X_{t+1} - X_t; \quad aX_t - bX_t^2 - (q_1 L_{1,t}^{\alpha_1} X_t + q_2 L_{2,t}^{\alpha_2} X_t) = X_{t+1} - X_t \tag{16}$$

$$\frac{\partial H^a}{\partial X_T} = -\lambda_T + F'(X_T) = 0; \quad \lambda_T = 0 \tag{17}$$

Tal y como hemos visto anteriormente, el  $\beta^*$  que surgirá del proceso de negociación será aquel que maximice la expresión [2], en la cual los puntos de amenaza se corresponden con los pagos que cada país recibiría en ausencia de cooperación.

¿Pero qué ocurriría si considerásemos la posibilidad de que existiesen pagos laterales? Una situación en la que se permitiesen pagos laterales entre las partes equivale a una situación en la que las preferencias de ambos Estados tienen igual peso en la negociación ( $\beta = 0,5$ ). A diferencia del modelo de Munro, nosotros no empleamos funciones de producción lineales. La no linealidad del modelo hace que la política óptima de explotación correspondiente con  $\beta = 0,5$  no implique necesariamente que la actividad extractiva deba ser realizada por la flota de un único Estado ribereño. La política de explotación óptima, y el consiguiente beneficio total agregado de la pesquería, requerirá de la participación de las flotas de los dos países que comparten el recurso. Una vez determinada la política de explotación óptima, las rentas agregadas derivadas de la cooperación en la explotación de la pesquería se repartirán siguiendo la clave de reparto de las ecuaciones [6] y [7].

### 3.2. Entorno No Cooperativo

Munro (1990) afirma que la ausencia de cooperación bajo el supuesto de que «cada país puede ejercer un control férreo sobre su propia flota» no tiene por qué significar necesariamente que la pesquería se sitúe en punto de equilibrio bionómico con rentas nulas. Autores como Clark (1980), Levhari y Mirman (1980) y Fischer y Mirman (1992, 1996), coinciden con Munro al señalar que en todo caso la no cooperación en la explotación de la pesquería conducirá a resultados económicos subóptimos.

Cuando analizamos las consecuencias económicas de la explotación competitiva de una pesquería, vemos como existen en la literatura visiones alternativas acerca del comportamiento de los agentes económicos implicados en la gestión y explotación de la misma. Siguiendo a Bjorndal (1992), estas visiones las podemos resumir en dos escenarios posibles. En primer lugar, podemos asumir que los sectores extractivos de cada uno de los Estados participantes en la pesquería deciden su política de explotación óptima teniendo en cuenta tanto la dinámica del recurso como las decisiones de su rival acerca de la cuantía del esfuerzo pesquero que aplicará en la pesquería (Arnason 1989). Este escenario lo denominaremos de ahora en adelante «escenario con información perfecta». En segundo lugar, podemos interpretar que las respectivas flotas nacionales se limitan a tratar de maximizar sus ingresos en el corto plazo, sin tomar en consideración la actuación de la flota rival ni la restricción biológica asociada a la evolución del stock (Gordon 1954, Bjorndal

1992). Esta hipótesis de comportamiento competitivo la denominaremos «escenario miope».

Bajo la primera hipótesis de comportamiento, la conducta maximizadora de los agentes  $i = \{1, 2\}$  en un entorno competitivo les llevará a determinar sus niveles de esfuerzo y capturas mediante la resolución del siguiente problema de optimización dinámica:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{E_i} \sum_{t=0}^{T-1} \left\{ \varphi_i^t \left[ p_i (q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t) - \omega_i E_{i,t} \right] \right\} \\ & \text{s.a. } X_{t+1} - X_t = aX_t - bX_t^2 - \sum_{i=1}^2 q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t \\ & 0 \leq E_i(t) \leq E_{i\max} \\ & 0 \leq X(t) \\ & X(0) = X_0 \end{aligned} \quad [18]$$

Para cada uno de los países que compiten en la explotación de la pesquería, el Hamiltoniano actualizado asociado al problema de optimización dinámico es el siguiente:

$$H_i^a = \left\{ \varphi_i^t \left[ p_i (q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t) - \omega_i E_{i,t} \right] + \lambda_{i,t+1} \left[ aX_t - bX_t^2 - \sum_{i=1}^2 q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t \right] \right\} \quad [19]$$

Las condiciones de primer orden asociadas al problema de maximización individual son:

$$\frac{\partial H_i^a}{\partial E_i} = 0; \quad \varphi_i^t (p_i q_i \alpha_i L_{i,t}^{\alpha_i-1} - \omega_i) + \lambda_{i,t+1} (-q_i \alpha_i L_{i,t}^{\alpha_i-1}) = 0 \quad [20]$$

$$-\frac{\partial H_i^a}{\partial X_t} = \lambda_{i,t+1} - \lambda_{i,t} - \left\{ \left[ \varphi_i^t p_i q_i (1 - \alpha_i) L_{i,t}^{\alpha_i} \right] + \lambda_{i,t+1} \left[ a - 2bX_t - \sum_{i=1}^2 q_i (1 - \alpha_i) L_{i,t}^{\alpha_i} \right] \right\} = \lambda_{i,t+1} - \lambda_{i,t} \quad [21]$$

$$\frac{\partial H_i^a}{\partial \lambda_{i,t+1}} = X_{t+1} - X_t; \quad aX_t - bX_t^2 - \sum_{i=1}^2 q_i L_{i,t}^{\alpha_i} X_t = X_{t+1} - X_t \quad [22]$$

$$\frac{\partial H_i^a}{\partial X_t} = -\lambda_{i,T} + F'(X_T) = 0; \quad \lambda_{i,T} = 0 \quad [23]$$

Si abandonamos esta perspectiva y asumimos que en un entorno competitivo las respectivas flotas nacionales limitan su problema de selección de sus acciones individuales a la búsqueda de la igualación para cada momento del tiempo de sus costes e ingresos marginales, la política de explotación correspondiente a cada participante en la pesquería vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$IMg_i = CMg_i; \quad \alpha_i p_i q_i L_{i,t}^{\alpha_i-1} = \omega_i \quad [24]$$

De la expresión anterior se deduce automáticamente que:

$$L_{j,t} = \alpha_i^{-1} \sqrt{\frac{\omega_i}{\alpha_i p_i q_i}} \quad [25]$$

En función de la hipótesis de partida acerca de cuál es el comportamiento competitivo de los agentes, obtendremos distintos resultados de gestión en un entorno no cooperativo, lo que se traducirá en distintos puntos de amenaza para el proceso de negociación del entorno cooperativo. Bajo una situación de presencia de restricciones institucionales relativas al acceso y al incremento de la capacidad de los buques participantes, ni tan siquiera en un escenario de no cooperación miope tendrán por qué alcanzarse resultados no cooperativos que conlleven la disipación de las rentas de la pesquería. Por lo tanto, los puntos de amenaza considerados en el escenario cooperativo tendrían en todo caso valores positivos.

Por último, debemos señalar que, tal y como hemos visto anteriormente, el abandono de alguno de los supuestos básicos recogidos en el modelo de referencia propuesto por Munro (1979, 1990), hace que los resultados esperados de la aplicación de nuestro modelo no tengan por qué coincidir con los inicialmente propuestos en el modelo de Munro. Frente a la exclusividad en la explotación del recurso planteada por Munro, el abandono de la hipótesis de linealidad en nuestro modelo hace posible la aparición de situaciones en las cuales las diferentes flotas participantes en la pesquería tomen parte activa en la explotación óptima del recurso. De igual modo, la consideración de un horizonte temporal de tiempo finito, frente al horizonte infinito planteado en el modelo de referencia básico, hace que sea necesario analizar los posibles efectos de una mayor o menor duración del periodo de duración del acuerdo sobre las mayores o menores posibilidades de que éste acuerdo cooperativo sea aceptado por las partes implicadas. Finalmente, el modelo aquí propuesto incorpora la posibilidad de que el comportamiento competitivo de los agentes pueda venir motivado por consideraciones de muy corto plazo, o bien por decisiones en las cuales se tome en consideración el efecto de las capturas de su rival sobre la dinámica del recurso. Tanto en un caso como en otro, la ausencia de cooperación nos llevará a una explotación subóptima del stock.

#### 4. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo hemos podido comprobar como, en primer lugar, la Teoría de Juegos en combinación con la modelización bioeconómica tradicional se ha convertido en el marco teórico de análisis de referencia para el estudio de los recursos pesqueros transfronteri-

zos. En segundo lugar, y partiendo del marco teórico básico para el análisis de estos recursos propuesto por G. Munro, hemos planteado una serie de extensiones que permiten aproximar el modelo teórico básico a la realidad pesquera más próxima, la realidad pesquera comunitaria. Estas extensiones hacen referencia a la posible existencia de tecnologías diversas en las flotas participantes, a la presencia de parámetros de costes, precios y tasas de descuento propios para cada uno de los países que comparten la gestión de la pesquería, a la no linealidad de las funciones de capturas de las flotas implicadas, a la posibilidad de emplear la variable esfuerzo como variable control de la actividad pesquera y a la consideración de dos escenarios alternativos con relación al comportamiento competitivo de los agentes. En este artículo hemos comprobado como es posible plantear el problema atendiendo a las extensiones propuestas, y obtener soluciones que nos permitirán comparar, para casos concretos y bajo distintos escenarios, las posibilidades de la cooperación en la gestión de recursos pesqueros transfronterizos en el seno de la Unión Europea.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, C. W. (1994): «Co-operative Solutions in a Transboundary Fishery: The Russian-Norwegian Co-Management of the Arcto-Norwegian Cod Stock». *Marine Resource Economics*, 9: pp. 329-351.
- ARMSTRONG, C. y FLAATEN, O. (1991): «The Optimal Management of a Transboundary Fish Resource-The Arcto-Norwegian Cod Stock», en Arnason, R. y Bjørndal, R. (eds.): *Essays on the Economics of Migratory Fish Stocks. Studies in Contemporary Economics*. Springer-Verlag. Berlin.
- ARMSTRONG, C. W. y SUMAILA, U. S. (2001): «Optimal allocation of TAC and the implications of implementing an ITQ management system for the North-East Arctic cod». *Land Economics*, 77 (3): pp. 350-359.
- ARNASON, R. (1989): «Minimum information management with the help of catch quotas», en P. A. Neher, R. Arnason y N. Mollet (eds.): *Rights based fishing*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- BJØRNDAL, T. (1992): «La gestión de las zonas de pesca como recursos de propiedad común». *Revista de Estudios Agrosociales*, 160 (2): pp. 49-99.
- BJØRNDAL, T. y LINDROOS, M. (2004): «Internacional management of North-Sea Herring». *Environmental & Resource Economics*, 29: pp. 83-96.
- CLARK, C. W. (1980): «Restricted access to common-property fishery resources: A game-theoretic analysis», en P. Liu (ed.): *Dynamic optimization and mathematical economics*. pp. 117-132. Plenum Press. New York.
- CLARK, C. W. y MUNRO, G. R. (1975): «The economics of fishing and modern capital theory: a simplified approach». *Journal of Environmental Economics and Management*, 2: pp. 92-106.
- COMISIÓN EUROPEA (2003): *Economic performance of selected European fishing fleets. Annual Report*. Bruselas.

- CRUTCHFIELD, J. A. y ZELLNER, A. (1962): «Economic Aspects of the Pacific Halibut Fishery». *Fisheries Industrial Research*, vol. 1.1. U.S. Department of the Interior. Washington D.C.
- DOMÍNGUEZ TORREIRO, M. (2004): *La gestión de recursos pesqueros en el marco de la Política Común de Pesca: Análisis de la cooperación*. Tesis doctoral del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Vigo.
- DOMÍNGUEZ-TORREIRO, M.; FREIJEIRO-ÁLVAREZ, A. B. e IGLESIAS-MALVIDO, C. (2004): «Co-management proposals and their efficiency implications in fisheries management: the case of the Grand Sole fleet». *Marine Policy*, 28: pp. 213-219.
- FISHER, R. y MIRMAN, L. (1992): «Strategic Dynamic Interaction: Fish Wars». *Journal of Economics Dynamics and Control*, 16: pp. 267-287.
- FISHER, R. y MIRMAN, L. (1996): «The complete Fish Wars: Biological and Dynamic Interactions». *Journal of Environmental Economics and Management*, 30 (1): pp. 34-43.
- GARZA GIL, M. D.; IGLESIAS MALVIDO, C. y SURÍS REGUEIRO, J. C. (1995): «Gestión de recursos pesqueros transfronterizos: Una primera aproximación teórica». *Información Comercial Española. Revista de Economía*, 742: pp. 141-151.
- GARZA GIL, M. D. y VARELA LAFUENTE, M. M. (2002): «Avances recientes en la economía de los recursos pesqueros». *Ekonomiaz*, 49: pp. 98-121.
- GORDON, H. S. (1954): «The economic theory of a common property resource: the fishery». *Journal of Political Economy*, 62: pp. 124-142.
- KENNEDY, J. (2003): «Scope for efficient multinational exploitation of North-East Atlantic Mackerel». *Marine Resource Economics*, 18: pp. 55-80.
- LEVHARI, D. y MIRMAN, L. (1980): «The Great Fish War: An example Using a Dynamic Cournot-Nash Solution». *The Bell Journal of Economics*, 11: pp. 322-344.
- MUNRO, G. R. (1979): «The optimal management of transboundary renewable resources». *Canadian Journal of Economics*, 12 (3): pp. 355-376.
- MUNRO, G. R. (1982): «Fisheries extended jurisdiction and the economics of common property resources». *Canadian Journal of Economics*, 15: pp. 405-425.
- MUNRO, G. R. (1990): «The optimal management of transboundary fisheries: game theoretic considerations». *Natural Resource Modeling*, 4 (4): pp. 403-426.
- NASH, J. F. (1950): «The Bargaining Problem». *Econometrica*, 18: pp. 155-162.
- NASH, J. F. (1953): «Two-Person Cooperative Games». *Econometrica*, 21: pp. 128-140.
- SCOTT, A. D. (1955): «The fishery: the objectives of sole ownership». *Journal of Political Economy*, 63: pp. 116-124.
- SUMAILA, U. R. (1995): «Irreversible Capital Investment in a Two-Stage Bimatrix Fishery Game Model». *Marine Resource Economics*, 10: pp. 263-283.
- SUMAILA, U. R. (1997): «Cooperative and Non-Cooperative Exploitation of the Arcto-Norwegian Cod Stock». *Environmental and Resource Economics*, 10: pp. 147-165.
- SUMAILA, U. R. (1999): «A review of game-theoretic models of fishing». *Marine Policy*, 23 (1): pp. 1-10.

## RESUMEN

### **Gestión de recursos pesqueros fronterizos: una aproximación a supuestos más realistas**

El modelo planteado por Munro (1979) ha permitido avances significativos en el ámbito del análisis bioeconómico de los recursos pesqueros compartidos o transfronterizos. A partir del modelo básico de Munro, en este trabajo se justifican y proponen una serie de modificaciones en los supuestos del modelo teórico con el objetivo de dotar de un mayor realismo tanto al análisis como a las soluciones que se puedan obtener de su posible aplicación.

**PALABRAS CLAVE:** Cooperación pesquera y recursos pesqueros transfronterizos.

## SUMMARY

### **Transboundary fishing resources management: an approach to more realistic assumptions**

The model proposed by Munro (1979) has allowed for significant advances in the field of the bioeconomic analysis of shared or transboundary fishing resources. Departing from Munro's basic model, in this work several modifications of the assumptions of the aforementioned model are justified and proposed, with the objective in mind of improving the realism of both the analysis and the solutions that can be obtained from its possible implementation.

**KEYWORDS:** Fishing cooperation and transboundary fishing resources.