

ANALISIS ECONOMICO DE UNA PESQUERIA

Por
JUAN C. SURIS REGUEIRO (*)

I. INTRODUCCION

Una vez expuestos los elementos teóricos en la primera parte de este trabajo, estamos en disposición de aplicar esta concepción a una pesquería concreta. Con ello se pretende obtener resultados empíricos que nos permitan, por una parte, contrastarlos con las soluciones teóricas y, por otra, obtener la información necesaria con el fin de poder formular recomendaciones claras y precisas para la consecución de una explotación racional de un recurso pesquero concreto.

Con estos planteamientos y objetivos, se seleccionó la pesquería de sardina que se desenvuelve en las zonas costeras Cantábrica y Atlántica de la Península Ibérica, y que denominamos «pesquería de sardina iberoatlántica». Las razones que han llevado a elegir esta pesquería para el estudio aplicado son múltiples, aunque entre ellas se pueden destacar las tres que parecen de mayor relevancia. En primer lugar, la captura de sardina por parte de los pescadores españoles y portugueses en aguas iberoatlánticas es una de las pesquerías de mayor tradición e importancia dentro del sector pesquero. En segundo lugar, la población de sardina iberoatlántica es considerada por los biólogos como una unidad de gestión, por lo que el stock en el área de estudio puede distinguirse del resto de los stocks de sardi-

(*) Profesor del Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Vigo.
– Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 160 (abril-junio 1992).

na fuera de los límites de la pesquería. Y, en tercer lugar, gracias a los esfuerzos realizados por los biólogos y las instituciones públicas con competencias en materia pesquera, esta pesquería resulta ser una de las pocas de nuestro entorno sobre la que se puede disponer de las series históricas de datos necesarias para la aplicación de un ejercicio como el que se pretende realizar.

II. LA PESQUERIA DE SARDINA IBEROATLANTICA

Las referencias históricas a esta pesquería pueden encontrarse en diversa documentación. Ya en el siglo XIII, la ciudad de Pontevedra contaba con un importante y bien organizado gremio de pescadores, dedicado fundamentalmente a la pesca de superficie (1). En el caso portugués también se encuentran referencias históricas lejanas, existiendo ya en el siglo XIV cierta reglamentación del tránsito de la sardina que comerciantes portugueses y extranjeros adquirían para salar o colocar en los mercados de Sevilla y Aragón (2). Desde entonces, aunque con algunos altibajos, la pesca de la sardina ha tenido una gran relevancia tanto para el sector pesquero extractivo iberoatlántico como para la dieta alimentaria de la población, pues a lo largo de los siglos ha sido y sigue siendo una importante y barata fuente de proteínas.

Actualmente en España la pesca de la sardina es realizada casi exclusivamente por la flota de cerco, localizada en gran parte en los puertos de Galicia (3). La actividad de esta flota se dirige básicamente hacia la captura de la sardina, aunque esta misma flota también obtiene capturas de otras especies como el jurel, la caballa, el espadín y la anchoa. Dada la polivalencia en la actividad de algunas embarcaciones, no fue posible conocer con exactitud el número ni las características técnicas de los barcos que se dedican a esta pesquería. En el año 1988, en Galicia, figuraban censados 280 barcos de cerco, con un total de 7.695,83 TRB y 52.452,73 HP, en los que se

(1) U. Labarta (1979).

(2) G. Pestana (1989).

(3) Los biólogos del Instituto Español de Oceanografía de Vigo estiman que un 80% de las capturas españolas de sardina atlántica son pescadas por la flota de cerco gallegas.

empleaban directamente a unos 2.290 tripulantes (4). El arte mayoritariamente usado por esta flota es el llamado «cerco de jareta» y las características técnicas de las embarcaciones con dedicación exclusiva son bastante similares, con un tonelaje medio situado en torno a las 30 TRB por barco, con redes de material sintético, con haladores hidráulicos y, la mayor parte de ellos, con detectores electrónicos de los bancos de peces (sonda y radar) (5).

Por su parte, en Portugal, el stock de sardina es explotado en su mayoría por la flota de cerco (6), aunque en el norte del país y durante los tres primeros meses del año, la flota de arrastre también obtiene capturas significativas de esta especie. Como en España, las capturas de sardina son complementadas con las de las otras especies secundarias ya mencionadas. Dentro de la flota portuguesa de cerco podemos distinguir con claridad a dos grandes grupos de embarcaciones, las «traineiras» y las «cercadoras». El número de embarcaciones dentro de cada uno de estos grupos no es conocido con exactitud, pues existen grandes diferencias entre las embarcaciones registradas y las que realmente se encuentran en activo. En el año 1988 mantenían su actividad unas 220 *traineiras*, aunque con tendencia a descender, con unas características técnicas medias por barco de 50 TRB, 290 HP y unos 22 tripulantes. En el mismo año, desarrollaron su actividad unas 250 *cercadoras*, con unas características técnicas medias de 23 TRB, 137 HP y unos 12 tripulantes por embarcación (7).

La sardina, como la mayor parte de las especies pelágicas, se distribuye en aquellas zonas del océano donde existe una elevada productividad primaria (fitoplancton y zooplancton), normalmente situadas al borde de áreas marítimas de anticiclones y, como consecuencia, con un intenso afloramiento. Esta especie suele vivir a escasos metros de profundidad, de ahí la importancia que adquiere para su alimentación el afloramiento hacia la superficie de materia prima-

(4) Datos tomados del Censo da Frota Pesqueira de Galicia de 1988, publicado por la Consellería de Pesca de la Xunta de Galicia.

(5) Más detalles sobre esta información se encuentran en: F. Alvarez et al (1986) en *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, n.º 15, 1986.

(6) G. Pestana (1989), para el período 1966-88, estima que, por término medio, el 90% de las capturas de sardina en Portugal fueron realizadas por la flota de cerco.

(7) G. Pestana (1989).

ria. La sardina europea (*sardina pilchardus*) tiene como áreas de distribución las plataformas continentales europea y africana del Atlántico Nordeste, Mares Mediterráneo y Negro y la zona del Atlántico Centro-Este. Gran parte de las capturas de esta especie se realizan en las aguas de la Plataforma Continental Ibero-Atlántica, en la zona que se conoce como área de distribución del stock de sardina de las divisiones VIIIc y IXa del ICES (International Council for the Exploration of the Sea).

Desde el año 1980 el ICES, como institución encargada del estudio de estas pesquerías, considera como unidad de gestión (8) a la población de sardina distribuida en las áreas costeras Iberoatlánticas, desde la frontera marítima franco-española hasta el Estrecho de Gibraltar (9). A pesar de la existencia de alguna discusión entre los biólogos sobre la adopción de estos límites para la unidad de gestión de la población de sardina, estas divisiones geográficas son las que utilizan institucionalmente tanto el propio ICES como la Comunidad Europea. Los argumentos esgrimidos por ambas instituciones en defensa de tal decisión se basan, por una parte, en criterios prácticos, no olvidemos que las divisiones VIIIc y IXa solo involucran a España y Portugal, y, por otra, en criterios técnicos, pues existen características comunes y bastante homogéneas en la explotación del recurso en dicha área de distribución, con similares índices de capturas por unidad de esfuerzo de las flotas española y portuguesa (10).

El Grupo de Trabajo del ICES de Valoración de los Stocks Pelágicos en las Divisiones VIIIc y IXa estudia estos recursos naturales y, desde 1976, realiza un informe anual donde se reflejan las estimaciones de la biomasa de la población de sardina, las capturas y el esfuerzo pesquero aplicado por la flota. Estos datos se presentan en el cuadro 1 para el período 1976-88.

(8) Los biólogos entienden como «unidad de gestión» a un conjunto de individuos (peces) que se distribuyen uniformemente en un área dada, gozan de condiciones alimentarias medias idénticas, están sometidos a similares mortalidades por pesca en toda el área, tienen una zona de desove más o menos fija en el espacio y en el tiempo y un circuito migratorio más o menos constante.

(9) En los años 1978 y 1979 el ICES incluía dentro de esta unidad de gestión la población de sardina de las aguas continentales francesas del Golfo de Vizcaya, pero ante la ausencia de explotación en dicha zona fueron adoptados los límites señalados y que rigen en la actualidad. ICES (1978).

(10) G. Pestana (1989).

Cuadro 1

SARDINA IBEROATLANTICA: STOCK, CAPTURAS, ESFUERZO Y TACs

Años	X (Ton)	Y (Ton)	L (Días)	TACs (Ton)
1976	265.000	141.690	33.105	—
1977	320.000	125.750	36.876	—
1978	413.000	139.990	53.228	—
1979	545.000	153.441	41.358	—
1980	739.000	191.682	44.268	—
1981	921.000	214.133	41.579	—
1982	979.000	204.504	38.585	—
1983	917.000	181.149	45.061	200.000
1984	1.026.000	202.686	43.588	120.000
1985	1.035.000	204.107	41.997	—
1986	881.000	180.606	42.797	90.000
1987	727.000	168.735	41.357	140.000
1988	793.000	158.540	31.313	150.000

Fuente: Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr., n.º 15 (1986); y Report of Working Group on the Assessments of Pelagic Stock in Divisions VIIIc and IXa, ICES (1989).

La ausencia de datos fiables sobre la flota efectivamente operativa y de sus características técnicas, nos impide construir un indicador de esfuerzo pesquero que englobe el poder de pesca de las embarcaciones y el tiempo empleado en la actividad extractiva. Dadas estas dificultades optamos por seleccionar como indicador del esfuerzo pesquero aquel que nos sugiere el grupo de trabajo del ICES para la flota de cerco española: los días de pesca (11). Los datos de esfuerzo del cuadro 1 se han estimado a través del seguimiento de los desembarcos diarios de la flota de cerco de los puertos gallegos de Vigo, Aguiño y Ribeira (12). A partir de las capturas y días de desembarco de la muestra, obtenemos un índice de capturas por día de pesca, que suponemos similar para toda la flota de cerco iberoatlántica. Dividiendo las capturas totales por este indicador de eficiencia media de la muestra, obtenemos los días totales de pesca que, por término

(11) F. Alvarez, C. Porteiro y X. Cruces (1986), en su trabajo sobre la flota de cerco en Galicia nos indican (en la página 9) que los días de desembarco pueden ser considerados como una medida del esfuerzo pesquero, pues comprobaron la existencia de una elevada correlación de este indicador con las capturas obtenidas por la flota.

(12) Esta muestra puede considerarse como representativa, pues, por término medio y a lo largo de todo el período en estudio, los desembarcos de sardina de la flota seleccionada representan el 17,55% del total de las capturas de sardina en las zonas VIIIc y IXa.

medio, deberían haber empleado los barcos de la muestra para obtener un nivel de capturas similar al de toda la flota (13).

Por otra parte, el ICES, a través del ACFM (Advisory Committee on Fishery Management), desde el año 1983 viene proponiendo un nivel anual de Capturas Totales Admitidas (los conocidos TACs) y un nivel de mortalidad por pesca aconsejable. A pesar de todo esto, y hasta la fecha, el stock de sardina comprendido en la unidad de gestión en estudio no ha sido objeto de reglamentación a nivel Comunitario. La falta de reglamentación comunitaria no impide la aplicación de iniciativas tomadas tanto por los profesionales del sector como por gobiernos locales con competencias en materia pesquera. Así, en la zona norte portuguesa y sin que exista un régimen de obligatoriedad legal, la flota de *traineiras* realiza una paralización temporal de la actividad de sesenta días consecutivos entre los meses de enero y marzo (14). Por su parte, la Administración pesquera española tampoco ha regulado la actividad. sin embargo, en los últimos años, los Gobiernos de algunas Comunidades Autónomas como la de Galicia han intentado administrar la explotación a través de la imposición de cupos máximos de capturas diarios por barco (15). Recientemente, esta misma Comunidad Autónoma ha decretado un cese temporal de la actividad de 45 días, argumentando la necesidad de facilitar la recuperación biológica de la población y compensando a los pescadores a través de subvenciones (16).

III. ESTIMACION DE LAS SOLUCIONES ESTACIONARIAS

Como comentamos anteriormente, la Xunta de Galicia comenzó a regular la pesquería de cerco en la zona de su jurisdicción a media-

(13) Como señalamos anteriormente, existen ligeras diferencias entre las flotas de cerco de Portugal y España. Este dato nos sugiere que el indicador de esfuerzo pesquero total que acabamos de estimar, no es directamente proyectable a toda la flota de cerco y, por consiguiente, se debe tener cuidado a la hora de interpretar los resultados que guarden relación con el esfuerzo pesquero.

(14) Como nos informa G. Pestana (1989), esta medida es un residuo histórico de la reglamentación impuesta por el Gobierno portugués en los años veinte de este siglo y que se mantuvo hasta 1971-72. Esta reglamentación establecía una paralización temporal obligatoria de la actividad de 60 a 90 días al año, conocida como «defeso da sardinha», implantada con intención de proteger a la especie en época de desove.

(15) DOC, n.º 159 de 20 de Agosto de 1987, DOC, n.º 22 de 1 de febrero de 1989 y DOC, n.º 97 de 21 de mayo de 1990.

(16) DOC, n.º 41 de 27 de febrero de 1991.

dos del año 1987. Esta regulación consiste, básicamente, en el establecimiento de topes máximos de capturas diarias por barco, en la fijación de tamaños mínimos de captura por especie y en la elaboración de un calendario oficial para ejercer la actividad pesquera. Como esta regulación afecta a una parte muy significativa de la flota de cerco iberoatlántica, decidimos prescindir de los datos de las series correspondientes a 1987 y 1988. Nosotros trabajamos bajo la hipótesis de libre acceso a lo largo del período temporal en estudio y, aunque no conocemos con exactitud los efectos reales de tal regulación, la inclusión de los dos últimos años de la serie podría distorsionar las estimaciones de los parámetros.

III.1. *La estimación de los parámetros*

Para la aplicación del modelo desarrollado es necesario estimar los parámetros correspondientes a la función de crecimiento de la población de peces y los que afectan a la función de producción global de la pesquería.

A partir de la ecuación [3] (17), que describía el crecimiento neto de la población de peces, podemos generar una variable $Z_{t+1} = X_{t+1} + Y_t$ de tal forma que, reorganizando la ecuación anterior tengamos:

[16]

$$Z_{t+1} = (1 + a) X_t - bX_t^2$$

Generando otra variable $V_t = Y_t/X_t$ y tomando logaritmos naturales, la ecuación [4] se transformará en:

[17]

$$\ln(V_t) = \ln(A) + \alpha \ln(I_t)$$

Las expresiones [16] y [17] son las que utilizaremos para la estimación de los parámetros a partir de las series históricas de datos

(17) Para las ecuaciones numeradas del [1] al [15], consultar parte primera de este trabajo.

mostradas para el período 1976-86. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$$Z_{t+1} = (1 + 1,1213553) X_t - 0,000000942 X_t^2$$

desviación standard	(0,1223234)	(0,0000001331)
t estadístico	[17,342187]	[7,077478]

$$R^2 = 0,963294 \quad ; \quad D.W. = 1,717515 \quad ; \quad F\text{-}Stat. = 209,9477$$

$$\ln(V_t) = 0,4864741 + 0,6604114 \ln(I_t)$$

desviación estándar	(0,2480373)	(0,088558)
t estadístico	[1,9612938]	[7,4573919]

$$R^2 = 0,860708 \quad ; \quad D.W. = 1,356400 \quad ; \quad F\text{-}Stat. = 55,61269$$

A pesar del reducido número de observaciones obtuvimos estimaciones bastante representativas de los parámetros del modelo. Asumiendo estos valores estimados, la ecuación de crecimiento neto de la población de sardina y la función de producción global de la pesquería pueden expresarse de la siguiente forma:

$$\dot{X} = 1,1213553X - 0,000000942 X^2 - Y; \quad Y = 1,626571 X^{0,6604114}$$

Aceptando como válidos los valores estimados de los parámetros a y b , podemos estimar ahora la población máxima biológicamente viable para el stock de sardina (X_{MAX}), el nivel de biomasa correspondiente al máximo rendimiento sostenible (X_{MRS}) y las capturas sostenibles asociadas a este último nivel de población (Y_{MRS}), a través de las siguientes expresiones:

$$X_{MAX} = \frac{a}{b} \quad ; \quad X_{MRS} = \frac{a}{2b} \quad ; \quad Y_{MRS} = \frac{a^2}{4b}$$

Además, conforme al modelo desarrollado, estamos en disposición de obtener los valores del stock (X), esfuerzo de pesca (L) y

capturas (Y), compatibles con los equilibrios estacionarios, tanto en situación de único dueño como en libre acceso.

Conociendo los valores adoptados para la tasa de descuento y el salario real, el cálculo de las soluciones estacionarias es relativamente sencillo.

En régimen de propiedad común y libre acceso al recurso, los valores de equilibrio estacionario (X_c , L_c , Y_c) se calcularán a través de las siguientes expresiones, donde $l_c = (L_c/X_c)$:

[18]

[19]

[20]

$$X_c = \frac{a - A \left(\frac{w}{p} \frac{1}{A} \right)^{\alpha-1}}{b}; \quad L_c = X_c \left(\frac{w}{p} \frac{1}{A} \right)^{\alpha-1}; \quad Y_c = A X_c l_c^\alpha$$

El cálculo de las soluciones estacionarias en régimen de único propietario (X_u , L_u , Y_u), con control efectivo sobre el nivel de esfuerzo, es un poco más complejo. Debemos partir de la siguiente expresión:

[21]

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

A través de esta igualdad y mediante un proceso de iteración podemos estimar el valor de la biomasa compatible con el equilibrio estacionario de único dueño (X_u). Este valor nos servirá para obtener el esfuerzo óptimo (L_u) y las capturas de equilibrio (Y_u) usando las ecuaciones [22] y [23], respectivamente.

[22]

[23]

$$L_u = X_u \left[\frac{a - b X}{A} \right]^{\frac{1}{\alpha}}; \quad Y_u = X_u l_u^\alpha$$

III.2. Los primeros resultados

Los valores que adopten X , L , e Y compatibles con los equilibrios estacionarios variarán según la tasa de descuento y el salario real adoptados. Las combinaciones posibles son múltiples, razón por la cual nos limitaremos a exponer las que, a nuestro juicio, nos parecen más cercanas a la realidad. Así, en esta aplicación, se utilizará preferentemente una tasa de descuento del 12% anual, un precio para la sardina de 40.000 pesetas por tonelada y un salario real de 4,75, pues, aproximadamente, estos valores corresponden a los medios observados en España, para el período de estudio, de la inflación, el precio de la sardina en pesetas constantes del año 1983 y la producción media por día de pesca, respectivamente. De todas formas, más adelante expondremos otras soluciones posibles según diferentes combinaciones de salario real y tasa de descuento. Asumiendo un tipo de descuento del 12% anual y un salario real de 4,75, obtendremos los resultados que se exponen en el cuadro 2.

De ellos podemos resaltar:

- Los valores estacionarios para la población, tanto en régimen de libre acceso como en único dueño, son superiores al correspondiente del máximo rendimiento sostenible. La solución de único dueño es más conservacionista del recurso que la de libre entrada, pues X_u representa un incremento de población del 12,69% respecto a X_c .
- El esfuerzo pesquero óptimo de único propietario es bastante menor que el esfuerzo de equilibrio estacionario en libre entrada, representando poco más del 30% en relación a este último. Como consecuencia inmediata, las capturas óptimas

Cuadro 2

VALORES ESTACIONARIOS PARA $\gamma=12\%$ $Y(w/p)=4,75$

	Stock (Tons)	Esfuerzo (Días)	Capturas (Tons)
Libre entrada	975.565,761	41.563,692	197.427,538
Unico dueño	1.099.403,837	12.755,191	94.237,473
MRS	595.199,204	118.645,367	333.714,891
Media 1976-86	731.000,000	42.040,000	176.339,820

a=1,1213553; b=0,000000942; A=1,6265710; $\alpha=0,6604114$.

en régimen de único propietario también son menores pero, esta vez, representando el 47,73% del peso total de las capturas de equilibrio en libre acceso. Al ejercer menor presión pesquera sobre la población de peces, el stock de equilibrio se sitúa a un mayor nivel, provocando un incremento en la productividad media de la flota por día de pesca (7,388 toneladas por día de pesca en único dueño frente a las 4,75 toneladas en la solución de libre entrada).

- La cuarta fila del cuadro 2 representa los valores medios del stock, esfuerzo y capturas para el período 1976-86. Como puede comprobarse, estos valores están muy cercanos a los obtenidos para la solución estacionaria de libre acceso al recurso. Este resultado corrobora la hipótesis inicial de que en la pesquería de sardina iberoatlántica, al menos en los años en los que el stock se había recuperado de su fuerte deterioro, se estaba operando en régimen de libre acceso al recurso.

III.3. *Sensibilidad ante modificaciones del salario real y tasa de descuento*

Los valores estacionarios del stock, esfuerzo y capturas se irán modificando a medida que el agente maximizador considere diferentes salarios reales.

Tanto en régimen de libre acceso como en único dueño, un aumento en el coste real del esfuerzo pesquero, propiciado bien por un aumento en su coste unitario bien por un descenso en los precios medios del pescado, implica que los equilibrios estacionarios se alcancen para combinaciones de mayor nivel de población y menor nivel de esfuerzo pesquero. Asimismo, una reducción en el salario real implicará soluciones estacionarias en las que se combinen menores niveles de población y mayores de esfuerzo. En el cuadro 3 se presentan las diversas soluciones de equilibrio alcanzadas ante modificaciones en el salario real, manteniendo fija la tasa de descuento en un 12% anual.

En este cuadro se puede observar la elevada sensibilidad de los valores de equilibrio estacionario ante modificaciones en el coste

Cuadro 3

SOLUCIONES ESTACIONARIAS PARA $\gamma=12\%$

w/p	Libre acceso			Unico dueño		
	X_c (Ton)	L_c (Días)	Y_c (Ton)	X_u (Ton)	L_u (Días)	Y_u (Ton)
0,00	—	—	—	531.505	123.581	329.893
2,00	35.169	19.136	38.272	830.975	77.176	281.349
3,00	665.329	109.694	329.082	987.106	38.282	189.032
4,00	890.314	62.918	251.673	1.066.189	19.815	124.750
4,50	951.747	47.547	213.962	1.089.950	14.687	103.134
4,75	975.566	41.564	197.428	1.099.404	12.755	94.237
5,00	995.961	36.484	182.420	1.207.604	11.138	86.385
5,25	1.013.562	32.160	168.839	1.114.757	9.777	79.431
7,00	1.089.334	14.815	103.707	1.146.346	4.434	47.570
8,00	1.112.448	10.211	81.686	1.156.232	3.044	37.213
10,00	1.139.891	5.423	54.233	1.168.117	1.609	24.517
20,00	1.177.279	727	14.550	1.184.561	215	6.514

$a=1,1213553$; $b=0,000000942$; $A=1,6265710$; $\alpha=0,6604114$.

real del esfuerzo. Así, por ejemplo, si los pescadores individuales en libre acceso asumieran un coste real del esfuerzo igual a 8 en vez de 4,75, la población de equilibrio se vería incrementada en un 14,03%, el esfuerzo se reduciría en un 75,43% y las capturas en un 58,62%, alcanzando un equilibrio estacionario en el que los valores para el stock, el esfuerzo y las capturas se aproximaría bastante a los óptimos en único dueño para un salario real de 4,75. Por contra, si asumiesen un salario real igual a 2, a corto plazo se incrementaría notablemente el nivel de esfuerzo pesquero, esto provocaría un fuerte descenso en el nivel de población y se alcanzaría, en el largo plazo, un nuevo equilibrio en el que el stock se vería reducido a niveles inferiores del X_{MRS} .

En régimen de único propietario los cambios en los valores de equilibrio no sufren movimientos tan drásticos como en el caso anterior. Así, si el único dueño considera ahora un salario real de 8 en vez de 4,75, la población de equilibrio aumentaría en un 5,17%, y el esfuerzo y capturas de equilibrio se verían reducidas en un 76,13 y 60,51%, respectivamente. Como en libre acceso, la consideración de un coste real del esfuerzo igual a 2 también provocaría un aumento del esfuerzo pesquero, pero, esta vez, no lo suficientemente grande como para deteriorar tanto la población (la población estacionaria se vería reducida en un 24,42% respecto a la óptima para un salario real de 4,75).

En régimen de propiedad común y libre acceso al recurso, el pescador individual no tiene garantías de poder asegurarse la explotación del recurso en el futuro. Por lo tanto, le compensa obtener el máximo rendimiento de su actividad cuando y como pueda, actuando siempre en el presente y sin incorporar en su regla de decisión los posibles futuros rendimientos descontados (18). Esta es la razón por la cual las soluciones estacionarias de libre acceso no se ven modificadas ante variaciones en la tasa de descuento. Evidentemente, no ocurre lo mismo cuando existe un único propietario del recurso. Este tratará de maximizar el valor presente de la corriente de ingresos netos generados por la explotación del recurso a lo largo del tiempo. Los ingresos futuros son descontados al presente a un determinado tipo y, por lo tanto, la decisión sobre el esfuerzo a ejercer estará condicionada por la tasa de descuento que asuma el propietario. Un aumento en el tipo de descuento asumido supone valorar más los ingresos presentes y, como consecuencia, las soluciones óptimas de equilibrio se alcanzarán para combinaciones de menores tamaños de la población y mayores niveles de esfuerzo pesquero a medida que el tipo de descuento se modifique al alza. Por supuesto, descensos en la tasa de descuento provocan equilibrios estacionarios donde se combinan mayores niveles de población y menores de esfuerzo pesquero.

Las modificaciones de los valores estacionarios de X_u , L_u e Y_u ante cambios en la tasa de descuento asumida por el único propietario, con un salario real fijo de 4,75, pueden contemplarse en el cuadro 4. Como se puede observar, la sensibilidad de las soluciones estacionarias ante cambios en el tipo de descuento es menor que en el caso del salario real (19). Así, si el propietario del recurso asumiese ahora una tasa de descuento del 25% anual en vez del 12%, la población de equilibrio sólo se reduciría en 484,286 toneladas y el esfuerzo y capturas de equilibrio aumentarían en 97,268 días de pesca y 459,813 toneladas, respectivamente. Si por el contrario, asumiese una tasa de descuento igual al 0%, la población óptima

(18) Lo que es equivalente, el pescador maximiza la corriente de beneficios sin valorar los ingresos futuros, pues utiliza una tasa de descuento igual a infinito.

(19) R. Mendelsohn (1982), analizando la actividad pesquera en un modelo estático obtiene este mismo resultado.

Cuadro 4

SOLUCIONES ESTACIONARIAS DE UNICO DUEÑO PARA $w/p=4,75$

$\gamma(\%)$	X_u (Ton)	L_u (Días)	Y_u (Ton)
0	1.099.955,623	12.644,598	93.713,033
2	1.099.855,208	12.664,705	93.808,514
5	1.099.711,318	12.693,532	93.945,301
10	1.099.487,926	12.738,321	94.157,588
12	1.099.403,837	12.755,191	94.237,473
15	1.099.282,887	12.779,466	94.352,352
20	1.099.094,041	12.817,391	94.531,664
25	1.098.919,551	12.852,459	94.697,286
50	1.098.214,463	12.994,414	95.365,952
100	1.097.317,376	13.175,600	96.215,346

$a=1,1213553$; $b=0,000000942$; $A=1,6265710$; $\alpha=0,6604114$.

aumentaría 551,786 toneladas mientras que el esfuerzo y capturas óptimos se verían reducidos en 110,593 días de pesca y 524,44 toneladas, respectivamente.

III.4. Otros resultados de interés

En este modelo existe la posibilidad teórica de la extinción de las especies y la posibilidad de que los niveles de población de equilibrio pudiesen ser mayores, menores e, incluso iguales al asociado al máximo rendimiento sostenible. Estas posibilidades dependían tanto de los valores que tomasen el salario real y la tasa de descuento como del propio régimen bajo el que se desarrollase la pesquería (libre acceso o único propietario).

En régimen de libre acceso al recurso y con bajos salarios reales, son posibles soluciones estacionarias que impliquen la extinción del recurso. Trataremos de ver, en nuestro caso aplicado, para qué nivel de salario real puede ocurrir la extinción.

Si retomamos la expresión [18], utilizada para la estimación de la población de equilibrio estacionario en libre entrada, para que sea factible la extinción ($X_c=0$), el numerador de esta expresión debería anularse y, en nuestro modelo, esto sólo es posible cuando:

$$\frac{w}{p} = (a)^{\left(\frac{\alpha-1}{\alpha}\right)} (A)^{\left(\frac{1}{\alpha}\right)}$$

Asumiendo como buenos los valores estimados para los parámetros, la población de equilibrio a largo plazo será nula (será factible la extinción) cuando el salario real alcance valores iguales o inferiores a 1,969695. De ahí que no aparezcan en el cuadro 3 valores de equilibrio asociados a niveles de salario real inferiores a 2.

También es posible que la población de equilibrio de libre acceso coincida con la asociada al máximo rendimiento sostenible. En nuestro modelo aplicado:

$$X_c = X_{MRS} \iff \frac{a - A \left(\frac{w}{p} \frac{1}{A} \right)^{\alpha-1}}{b} = \frac{a}{2b}$$

Así pues, esta solución se alcanzará cuando:

$$\frac{w}{p} = \left(\frac{a}{2} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} (A)^{\frac{1}{\alpha}}$$

En nuestro ejemplo X_c y X_{MRS} coincidirán cuando el salario real alcance un valor equivalente a 2,812709. Para un salario real situado entre 1,969395 y 2,812709, la población de equilibrio estacionario de libre entrada se situará en niveles inferiores a X_{MRS} .

Con costes reales del esfuerzo superiores a 2,812709, la población de equilibrio de libre acceso se localizará en niveles de biomasa superiores a la correspondiente al máximo rendimiento sostenible y alcanzará valores de equilibrio cercanos a X_{MAX} para salarios reales muy elevados.

Un resumen de estos resultados, puede observarse en el cuadro 5.

Para analizar los valores de equilibrio estacionario de la población que se alcanzan en régimen de único dueño, aparte del salario real, también debemos considerar la tasa de descuento asumida por el administrador.

Si éste valora de igual forma los ingresos futuros y presentes (asume una tasa de descuento nula), para un salario real positivo, la

Cuadro 5

LIBRE ACCESO Y POBLACION DE EQUILIBRIO ESTACIONARIO

Salarios reales	Soluciones estacionarias
$0 \leq (w/p) \leq 1,969395$ $(w/p) = 2,812709$ $1,969395 < (w/p) < 2,812709$ $(w/p) > 2,812709$ (w/p) elevado	Posible extinción del recurso $X_c = X_{MRS}; L_c = L_{MRS}; Y_c = Y_{MRS}$ $0 < X_c < X_{MRS}$ $X_{MRS} < X_c < X_{MAX}$ X_c tiende a X_{MAX}

población óptima (X_u) siempre se situará en niveles superiores a X_{MRS} . Esto ocurrirá independientemente del valor que tome el salario real. Con tipos de descuento nulos, en nuestro modelo, X_u sólo coincidirá con X_{MRS} cuando el salario real también sea nulo.

Con tasas de descuento positivas y salario real nulo, la población de equilibrio estacionario de único dueño siempre será inferior a X_{MRS} .

Soluciones de equilibrio en las que resulte una población óptima inferior a X_{MRS} se pueden obtener con combinaciones de elevadas tasas de descuento y salarios positivos pero poco elevados.

La extinción voluntaria del recurso puede producirse, con un salario real nulo, cuando la tasa de descuento se iguale a la máxima tasa de interés biológica del recurso (a). En nuestro caso aplicado, para una tasa equivalente al 112,13553% anual.

Por último, con valores elevados del coste real del esfuerzo pesquero, la población óptima se situará en niveles próximos a X_{MAX} .

Un resumen de estos resultados, puede observarse en el cuadro 6.

IV. LA REGULACION DE LA PESQUERIA

Todos los resultados empíricos estimados en el anterior apartado, son compatibles con las conclusiones obtenidas en el desarrollo teórico de la primera parte del trabajo. Nuevamente se ha comprobado, esta vez con resultados concretos, cómo el supuesto de libre concurrencia no genera asignaciones eficientes de los recursos cuando los pescadores no pagan un precio por la utilización del recurso. Así, la

Cuadro 6

UNICO DUEÑO Y POBLACION DE EQUILIBRIO ESTACIONARIO

Tasa descuento	Salario real	Soluciones estacionarias
$\gamma=0$	$(w/p)>0$	$X_u > X_{MRS}$
$\gamma=0$	$(w/p)=0$	$X_u > X_{MRS}$
$0 < \gamma < 1,1213553$	$(w/p)=0$	$X_u > X_{MRS}$
$\gamma=1,1213553$	$(w/p)=0$	Posible extinción
γ elevado y $y > 0$	(w/p) bajo y $y > 0$	Puede que $X_u < X_{MRS}$
$0 \leq \gamma < 1,1213553$	(w/p) elevado	X_u tiende a X_{MAX}

intervención de las Administraciones Públicas (propietarias de los recursos), se hace necesaria. Entre los posibles mecanismos de regulación, se han seleccionado aquellos que están basados en la aplicación de tasas impositivas, bien sobre unidad de captura obtenida, bien sobre unidad de esfuerzo de pesca ejercido.

En este apartado, primero, se estimarán los valores óptimos de los impuestos aplicables para distintos salarios reales y diferentes tasas de descuento, posteriormente, se analizará la senda óptima de aproximación al equilibrio estacionario eficiente y, por último, se concluirá con la exposición de una serie de recomendaciones de política económica que los responsables deben considerar a la hora de regular la pesquería.

IV.1. Estimación de los impuestos óptimos para distintos salarios reales

A partir de las expresiones [12], [13], [14] y [15] y asumiendo un precio unitario de la sardina equivalente a 40.000 pesetas por tonelada, una tasa de descuento del 12% anual y un coste del esfuerzo pesquero de 190.000 pesetas por día de pesca (20), el precio sombra del recurso evaluado en el óptimo sería de 1.059,4 pesetas por tonelada. Los impuestos óptimos que garantizarían el sostenimiento en la solución estacionaria eficiente se elevarían a 14.283,2 pesetas por tonelada de sardina capturada, en el caso de aplicar la regulación

(20) Este coste unitario para el esfuerzo de pesca, se deriva de asumir un precio fijo de 40.000 pesetas por tonelada de sardina capturada y un salario real de 4,75.

sobre las capturas, y de 105.526,7 pesetas por día de pesca, en el caso de aplicar la regulación sobre el esfuerzo de pesca. El administrador de la pesquería, aplicando cualquiera de estos dos mecanismos, obtendría una recaudación anual de 1.346,013 millones de pesetas, que representan el 35,708% de los ingresos brutos totales de la industria pesquera.

Los niveles de equilibrio que alcancen el precio sombra del recurso (λ), los impuestos óptimos (T_Y y T_L) y la recaudación anual obtenida por el administrador de la pesquería (R), dependen de los valores asumidos para el precio del pescado y del esfuerzo, así como de la tasa de descuento.

Fijando el precio unitario del pescado (pesetas por tonelada) y la tasa de descuento anual, podemos analizar cómo varían λ , T_Y , T_L y R a medida que se modifica el coste unitario del esfuerzo pesquero (pesetas por día de pesca).

Por su parte, el precio sombra del recurso alcanza menores niveles a medida que el coste del esfuerzo se incrementa. Debemos recordar que las soluciones estacionarias óptimas son fuertemente sensibles a las modificaciones en el salario real, incrementos en el coste real del esfuerzo propiciados por un encarecimiento del coste unitario del esfuerzo pesquero implican mayores niveles de biomasa del stock de equilibrio. Así, el recurso se hace menos escaso y, por lo tanto, el precio sombra de una tonelada del mismo será menor. De forma equivalente, una vez superado X_{MRS} , niveles mayores de población implican descensos en la productividad natural del recurso (en la producción de peces) y, con ello, el coste de oportunidad de capturar una tonelada adicional será menor.

En el cuadro 7 podemos observar algunos resultados para una tasa de descuento del 12% anual y un precio del pescado de 40.000 pesetas por tonelada. Así, por ejemplo, con salarios reales iguales a 2, el precio sombra del recurso se sitúa en 6.771,5 pesetas por tonelada, un aumento del mismo a 4,75 implica un precio sombra de 1.059,4 pesetas por tonelada y de 2,6 pesetas por tonelada si el salario real se eleva a 100.

Con la misma tasa de descuento e idéntico precio para la sardina, en el cuadro 7 puede observarse cómo se van modificando el valor óptimo del impuesto sobre las capturas (T_Y) y del impuesto óptimo

Cuadro 7

IMPUESTOS ÓPTIMOS Y RECAUDACIÓN PARA $\gamma=12\%$

w/p	γ (Ptas/Ton)	T_Y (Ptas/Ton)	T_L (Ptas/Día)	R (Mill. Ptas)	TI (%)
0,00	40.000,0	40.000,0	106.777,8	13.195,729	100,000
2,00	6.771,5	18.055,5	65.822,7	5.079,906	45,139
3,00	2.817,1	15.444,0	75.471,5	2.919,416	38,610
4,00	1.517,9	14.586,0	91.829,5	1.819,601	36,465
4,50	1.185,4	14.366,4	100.881,6	1.481,660	35,916
4,75	1.059,4	14.283,2	105.526,7	1.346,013	35,708
5,00	952,8	14.212,8	110.231,5	1.227,771	35,532
5,25	861,8	14.152,7	114.985,8	1.124,168	35,382
7,00	480,8	13.901,1	149.136,1	661,280	34,753
8,00	368,0	13.826,6	169.046,0	514,528	34,566
10,00	236,3	13.739,6	209.282,4	336,858	34,349
20,00	60,6	13.623,6	413.204,7	88,743	34,059

a=1,1213553; b=0,000000942; A=1,6265710; $\sigma=0,6604114$.

sobre el esfuerzo pesquero (T_L). También se puede seguir la evolución de la recaudación global anual obtenida por el administrador (R) y la tasa impositiva (TI) que esta recaudación implica sobre el ingreso total de la industria pesquera que explota el recurso (21).

Como se puede observar, a medida que se incrementa el coste real del esfuerzo de pesca, el impuesto óptimo sobre las capturas va descendiendo, mientras que el impuesto óptimo sobre el esfuerzo aumenta (22). En todo caso, sea cual fuese el mecanismo regulador seleccionado por el administrador, la recaudación global obtenida así como la tasa impositiva establecida, descienden ante modificaciones alcistas de los salarios reales.

Como vimos anteriormente, tanto en régimen de libre acceso al recurso como en único dueño, las soluciones de equilibrio estacionario obtenidas son muy sensibles a modificaciones en el coste real del esfuerzo. Ambos equilibrios evolucionan en el mismo sentido, incrementos en el salario real provocan soluciones en las que se combinan niveles de esfuerzo pesquero y capturas menores con poblacio-

(21) Los Ingresos Totales, obtenidos por los pescadores cada año de la venta de sus productos a un precio fijo de 40.000 pesetas por tonelada fueron estimados multiplicando dicho precio por las capturas óptimas (Y_U) para cada salario real. La Tasa Impositiva (TI) es el resultado de calcular el porcentaje que representa la recaudación del administrador (R) sobre esos Ingresos Totales.

(22) Esto sucede para salarios reales superiores al que podríamos denominar de extinción en libre acceso, que en nuestro caso equivale a salarios reales superiores a 1,969395.

nes mayores. Sin embargo, a medida que se asume un coste real del esfuerzo más elevado, las soluciones estacionarias de equilibrio de libre acceso y único dueño tienden a aproximarse. Esta circunstancia hace posible que el administrador de la pesquería pueda mantener la optimalidad de la regulación aplicando menores tasas impositivas, pues la diferencia entre los valores óptimos de X , L e Y y los de libre acceso son menores.

Efectivamente, repasando el cuadro 3 del anterior apartado, podemos comprobar que esto sucede así en nuestro modelo aplicado. Asumiendo un salario real de 4,75, las diferencias entre las soluciones estacionarias de único dueño y de libre acceso son de 123.838,076 toneladas en la población de equilibrio, de 28.808,501 días de pesca en el esfuerzo y de 103.190,065 toneladas en capturas. Si asumimos un salario real mayor, por ejemplo equivalente a 8, estas diferencias se reducen sensiblemente, resultando ser de 43.784,097 toneladas, 7.167,064 días de pesca y 44.473,320 toneladas, respectivamente.

Es evidente pues, que el administrador de la pesquería no necesita aplicar el mismo «esfuerzo regulador» en ambos casos. En el primero (salario real equivalente a 4,75), la autoridad central necesitaría detraer el 35,708% de los ingresos totales anuales de los pescadores. En el segundo (salario real equivalente a 8), sería suficiente con la aplicación de una tasa impositiva del 34,566% para conseguir la optimalidad de la explotación pesquera.

IV.2. *Estimación de los impuestos óptimos para distintas tasas de descuento*

De la misma forma que antes, podemos ahora analizar cómo varían λ , T_Y , T_L y R a medida que se modifica la tasa de descuento asumida por el administrador, esta vez, fijando el precio del pescado y el coste del esfuerzo de pesca.

El precio sombra del recurso va disminuyendo a medida que la tasa de descuento considerada sea mayor. Incrementos en la tasa de descuento propician soluciones estacionarias óptimas ligadas a menores niveles de stock. Sin embargo, en nuestro modelo aplicado,

la sensibilidad de la población óptima ante cambios en el tipo de descuento es muy pequeña. Así, a pesar de que la población de peces se reduce levemente, el precio sombra de una tonelada del mismo también sufre un descenso. Al único dueño que asume una mayor tasa de descuento le compensa más una tonelada adicional de capturas que de población, pues valora más los ingresos presentes que los posibles ingresos futuros. De forma equivalente, ante una elevación del tipo de descuento asumido, el coste de mantener una tonelada adicional del recurso en libertad resultará mayor que los efectos positivos que provoca esa tonelada adicional sobre la productividad total del stock (tanto en lo que se refiere a las influencias sobre la productividad del esfuerzo como a las que se refieren a la productividad natural de la población en la producción de peces). Esto se traduce en un descenso en el precio sombra del recurso que, además, compensa la mayor escasez provocada por el leve movimiento a la baja en la población de equilibrio.

En el cuadro 8, podemos ver algunos resultados para un salario real de 4,75 y un precio de 40.000 pesetas por tonelada de sardina. Por ejemplo, con tasas de descuento del 5% anual, el precio sombra del recurso se sitúa en 1.127,1 pesetas por tonelada. Un aumento de la tasa de descuento asumida al 12%, implicará un descenso del precio sombra del recurso a 1.059,4 pesetas por tonelada y a 991,3 pesetas si el tipo de descuento contemplado es del 20% anual.

Cuadro 8

IMPUESTOS ÓPTIMOS Y RECAUDACION PARA $(W/P)=4,75$

γ (%)	λ (Ptas/Ton)	$T\gamma$ (Ptas/Ton)	T_L (Ptas/Día)	R (Mill. Ptas)	TI (%)
0	1.181,0	14.363,5	106.452,4	1.346,048	35,909
2	1.158,9	14.348,9	106.283,3	1.346,047	35,872
5	1.127,1	14.327,9	106.041,5	1.346,041	35,820
10	1.077,9	14.295,4	105.667,2	1.346,023	35,739
12	1.059,4	14.283,2	105.526,7	1.346,013	35,708
15	1.032,8	14.265,6	105.324,9	1.345,996	35,664
20	991,3	14.238,2	105.010,6	1.345,962	35,596
25	953,0	14.212,9	104.721,1	1.345,924	35,532
50	798,5	14.110,9	103.559,8	1.345,699	35,277
100	602,8	13.981,7	102.101,6	1.345,250	34,954

a=1,1213553; b=0,000000942; A=1,6265710; $\alpha=0,6604114$.

Con el mismo precio por tonelada de sardina e idéntico salario real, en el cuadro 8 se muestran las modificaciones de los valores óptimos para los impuestos, recaudación y tasa impositiva, ante cambios en el tipo de descuento que asume el administrador de la pesquería. En ella puede observarse como, a medida que se incrementa la tasa de descuento, los impuestos óptimos de equilibrio van descendiendo, tanto el que se aplica sobre las capturas como el aplicado sobre el esfuerzo de pesca. La recaudación y la tasa impositiva resultante, aunque levemente, también decrecen ante modificaciones alcistas del tipo de descuento.

En este caso, las únicas soluciones de equilibrio sensibles a modificaciones del descuento son las asociadas al régimen de único dueño. En libre acceso, los pescadores actúan de forma miope, no descontando los ingresos futuros. De esta forma, elevaciones en la tasa de descuento contempladas por el único propietario del recurso implican soluciones estacionarias óptimas en las que se combinan menores niveles de población y mayores de esfuerzo y capturas, mientras que el equilibrio de libre acceso no se ve modificado. Así, cuanto mayor sea el tipo de descuento, más próximas estarán las soluciones estacionarias de libre acceso y de único dueño. Esta circunstancia, al igual que en el caso anterior donde se producía una elevación del salario real asumido, posibilita que el administrador de la pesquería mantenga la optimalidad de la regulación aplicando menores tasas impositivas, dada la mayor proximidad entre los valores óptimos y los de libre acceso. Por supuesto, ocurrirá todo lo contrario ante modificaciones a la baja en las tasas de descuento asumida por el único propietario.

Consultando el cuadro 4 del anterior apartado, podemos comprobar los razonamientos seguidos con los resultados que se obtienen en nuestro modelo aplicado. Así, asumiendo una tasa de descuento del 0% anual, para un salario real de 4,75, las diferencias entre la solución estacionaria de único dueño y de libre acceso son de 124.389,802 toneladas en la población de equilibrio, de 28.919,094 días de pesca en el esfuerzo y de 103.714,505 toneladas en las capturas. Asumiendo una tasa de descuento del 25% anual, estas diferencias se reducen a 123.353,790 toneladas, 28.711,233 días de pesca y 102.730,252 toneladas, respectivamente. Evidentemente, el «esfuer-

zo regulador» descenderá levemente. En el primer caso (tasa de descuento igual al 0%), la autoridad central aplicará una tasa impositiva del 35,909% anual sobre los ingresos totales de la industria pesquera, mientras que en el segundo (tasa de descuento igual al 25%), sería suficiente con una tasa impositiva del 35,532% para sostener la optimalidad de la regulación.

IV.3. *Senda de aproximación al equilibrio estacionario*

Asumiendo los valores estimados de los parámetros ($a=1,1213553$; $b=0,000000942$; $A=1,6265710$; $\alpha=0,6604114$) y para una tasa de descuento del 12% anual y un salario real igual a 4,75, en los anteriores apartados vimos como la solución estacionaria eficiente (de único dueño) se alcanzaba para una combinación de 1.099.403,837 toneladas de sardina en el stock, 94.237,473 toneladas de capturas y 12.755,191 días de pesca. En libre acceso, para esos mismos parámetros, el equilibrio estacionario se alcanzaba para una población de 975.565,781 toneladas; 197.427,538 toneladas de capturas y 41.563,692 días de pesca por período.

Para situarnos en una solución estacionaria eficiente es necesario un descenso en el nivel de esfuerzo pesquero y capturas. Así, anualmente dejarían de ejercerse 28.808,501 días de pesca que implican una reducción de capturas de 103.190,065 toneladas.

Tomando un precio para la sardina de 40.000 pesetas por tonelada, la reducción del esfuerzo implicaría un ahorro de costes totales de 5.473,6 millones de pesetas al año y la reducción de capturas implicaría un descenso en los ingresos totales de 4.127,6 millones de pesetas cada año. Por lo tanto, si la pesquería operase en el nivel óptimo, el ahorro neto por período se elevaría a 1.346 millones de pesetas.

Es evidente que al único propietario del recurso, capaz de controlar la entrada en la pesquería y el nivel de esfuerzo que se ejerce en ella, le compensa regular la actividad para conseguir el equilibrio eficiente.

Dadas las formas funcionales utilizadas en la estimación de los parámetros de la función de producción y en la ecuación de creci-

miento de la población de sardina y asumiendo que el esfuerzo pesquero es perfectamente transferible hacia ocupaciones alternativas, la senda óptima para alcanzar el equilibrio estacionario eficiente será la senda de aproximación más rápida posible. Es decir, la política óptima que ha de llevar a cabo el único propietario consistirá en la aplicación de controles «bang-bang». No pescar en el caso de que la población inicial sea menor que la población óptima y pescar lo máximo posible en caso contrario.

En el ejemplo concreto que analizamos y partiendo de una población en torno a las 793.000 toneladas (23), para poder alcanzar el nivel de población de equilibrio eficiente ($X_u = 1.099.403,237$ toneladas) lo más pronto posible, sería preciso algo más de un año sin captura alguna (24). A partir de entonces, la forma de asegurar que la explotación se mantenga en este equilibrio eficiente a través de esquemas impositivos puros, exigiría la introducción de un impuesto por tonelada de capturada de 14.283,2 pesetas. Si optamos por gravar el esfuerzo pesquero, el impuesto a introducir sería de 105.526,7 pesetas por día de pesca. En cualquier caso, esos impuestos equivaldrían a la aplicación de una tasa impositiva del 35,708% de los ingresos brutos totales de la industria pesquera con dedicación a la sardina.

Las medidas propuestas asegurarían al propietario único del recurso natural una explotación eficiente del mismo por tiempo indefinido si las circunstancias no cambian y, además, de forma descentralizada.

Los pescadores individuales, a partir de entonces, decidirán el nivel de esfuerzo a aplicar asumiendo, bien un coste unitario del esfuerzo de pesca igual a 295.526,7 pesetas ($w + T_L$) si se aplica el impuesto sobre el esfuerzo, bien un precio neto del pescado de 25.716,8 pesetas por tonelada ($p - T_Y$) si se aplica el impuesto sobre las capturas, lo que equivale a operar con un salario real equivalente a 7,39.

(23) Esta biomasa es la estimada por el ICES para el año 1988 como expusimos en el cuadro 1.

(24) Partiendo de una población igual a 793.000 toneladas y de la ecuación que describe el crecimiento del stock, un año sin capturas implicaría un crecimiento neto de la población equivalente a 296.859 toneladas, que significaría una población en $t + 1$ de 1.089.859 toneladas, muy cercana a X_u .

La renta neta global generada por la explotación del recurso será absorbida en su totalidad por el regulador, en nuestro caso 1.346 millones de pesetas anuales. El administrador de la pesquería podrá reconducir esta recaudación hacia el propio sector pesquero o hacia cualquier otra actividad.

Evidentemente, cambios en la tasa de descuento o en el salario real asumidos por el único dueño, implicarán modificaciones en los controles a ejercer por el regulador, sin que por ello varíe lo esencial de la política óptima a seguir y que nosotros hemos expuesto para un caso concreto.

IV.4. *Consideraciones de política económica*

Hasta el momento, en este apartado, hemos analizado la política óptima que el regulador ha de llevar a cabo para la obtención de una explotación óptima del recurso pesquero basándonos en criterios de eficiencia y suponiendo que se cumplen todas las restricciones asumidas en el modelo. Sin embargo, es unánime el reconocimiento de la complejidad que adquiere la regulación pesquera en el mundo real. En nuestro caso, a la ya de por sí difícil conjunción de aspectos biológicos y económicos, se unen otros de índole jurídico, social y político.

No es suficiente con que el regulador de la pesquería (generalmente la administración pública), sea consciente de la realidad bioeconómica que rodea a las explotaciones ineficientes de las poblaciones de peces generadas en régimen de libre acceso. Además de la consideración de las propias limitaciones jurídicas, debe tener en cuenta que, sea cual fuere el mecanismo de intervención aplicado, su regulación tendrá evidentes efectos sociales. La elección de la política económica a seguir en la explotación del recurso natural exigirá decisiones de carácter fundamentalmente político, pues toda intervención, o su carencia, tendrá efectos distributivos. En último término se trata de decidir quién pesca, cómo y cuanto se pesca y cual deberá ser el reparto de los beneficios netos obtenidos en la actividad, entre los pescadores presentes y los potenciales, entre los pro-

ductores y los consumidores, entre un país (región) y los demás, entre el sector pesquero y el conjunto de la economía.

Uno de los primeros obstáculos con los que topa una administración pesquera a la hora de regular una pesquería está relacionado con los confusos derechos de propiedad de los recursos marinos, dada la movilidad de los mismos. La población de sardina iberoatlántica es un stock compartido, distribuido entre las zonas económicas exclusivas de España y Portugal.

Como sabemos, para generar niveles óptimos de explotación pesquera es preciso controlar el acceso al recurso. Así, los dos países implicados tendrán que ponerse de acuerdo en introducir precios eficientes de admisión (por ejemplo impuestos), o crear una organización pesquera supranacional con poderes para determinar el nivel de esfuerzo pesquero que los agentes de cada país puedan ejercer sobre el recurso compartido. Es evidente que, para poder llegar a un acuerdo de este tipo, los países implicados deberían previamente compatibilizar los objetivos que persiguen con la ordenación pesquera. Cada país puede administrar sus recursos pesqueros pensando en diferentes fines, intentando aumentar la producción total bien en términos de ingresos económicos bien en términos de peso o aporte alimentario, tratando de mejorar el nivel de aprovisionamiento interno o pensando en mejorar el nivel de empleo.

Estos objetivos, aparentemente dispares, se revelan en muchos casos cercanos, dadas las características propias de los recursos pesqueros. Además, las consecuencias específicas en lo que respecta a la naturaleza e importancia de los posibles perjuicios que ambos países se ocasionarían de competir de forma indiscriminada por el mismo recurso (consecución de estados de sobrepesca económica y biológica), podrían acelerar la firma de acuerdos mutuamente aceptables (25). Así pues, España y Portugal están llamados a entenderse en materia de gestión de los recursos pesqueros compartidos. De

(25) Esto suele suceder después de que cada parte, durante un período de competencia más o menos intenso, haya podido convencerse de las posibilidades reales de aumentar los beneficios económicos y su parte correspondiente del producto si establecen esquemas comunes de explotación del recurso. Desgraciadamente, para entonces, el deterioro de la actividad y del propio recurso natural podrá ser de tal importancia que las medidas reguladoras necesarias tendrán que ser más drásticas.

poco valen los esfuerzos reguladores que se lleven a cabo por una de las partes de forma individual, pues el sacrificio de una de las administraciones pesqueras beneficiará a la otra sin que la primera sea compensada. En este sentido, creemos que el marco de las Comunidades Europeas, en el que están inmersos ambos países, podría ser un foro adecuado donde se posibilitasen acuerdos sobre explotaciones pesqueras de poblaciones compartidas.

Existe un segundo grupo de problemas, relacionados más con aspectos puramente sociales que bioeconómicos.

Dentro de un contexto internacional, el régimen jurídico bajo el que operaban los pescadores antes de la ampliación de las zonas económicas exclusivas en el mar situaba a las administraciones públicas y sus organismos de planificación económica en una posición similar a la que hemos analizado para los pescadores individuales en libre acceso. Para cada país, la única estrategia válida se dirigía hacia un incremento de su capacidad de captura. El objetivo consistía en incrementar la participación relativa en la apropiación de los recursos pesqueros con mayor rapidez y eficacia que las de sus competidores, el resto de los países pesqueros. Incluso, para recursos considerados nacionales o explotados por un único país, resultaba difícil a las administraciones imponer límites a la expansión de la actividad. Esta situación de competencia explica, al menos en parte, la estrategia pesquera expansionista llevada a cabo por muchos países, de los que tanto España como Portugal resultan ser buenos ejemplos.

Con el nuevo régimen marítimo internacional, los ahora propietarios de los recursos pesqueros comenzaron a exigir compensaciones para acceder a sus recursos. Así, estos acontecimientos pusieron de relieve la sobredimensión que habían adquirido las flotas de algunos países que, como España y Portugal, tenían numerosos barcos y escasos recursos propios que explotar. El repliegue de parte de la flota excedentaria aumentó la presión sobre los recursos de las plataformas continentales, deteriorando aún más sus caladeros. Sin embargo, las administraciones públicas se vieron en la necesidad de dar salida a la flota pesquera amarrada, algunas veces firmando acuerdos internacionales bastante onerosos, pues en cierta medida

ellas mismas habían contribuido a su sobredimensión a través de la política expansionista ya comentada (26).

En este contexto, proponer una regulación que implique descensos en el nivel de actividad pesquera y, probablemente, la expulsión de una parte significativa de la flota fuera de la actividad, no suele ser bien recibida, ni por el sector profesional ni por la propia administración pública. Sin embargo, es preciso señalar que, con la regulación propuesta, se alcanzarán niveles de explotación que garantizan la obtención de rentas netas positivas que se mantendrán indefinidamente. La no intervención perpetuará el despilfarro de recursos (capital y trabajo) que son ineficientemente utilizados en la actividad pesquera en régimen de libre acceso. A nuestro entender, el inicial sacrificio que pueda estar asociado a la regulación de las pesquerías se verá a la larga compensado.

En este mismo orden de cosas, sabemos que una de las preocupaciones sociales más relevantes está asociada con el nivel de empleo. Si admitimos en primera instancia que el nivel de población ocupada en el sector extractivo es proporcional al volumen de capturas (27), la necesidad de reducir la presión sobre el recurso natural implicará una disminución directa del empleo. También, sabemos que el ingreso individual medio de los pescadores está en función de la captura por unidad de esfuerzo y, ésta será tanto más elevada cuanto mayor sea el stock (28). Nos encontramos por lo tanto ante un aparente conflicto entre el objetivo social de maximización del nivel de empleo y la mejora de los ingresos individuales medios de los pescadores. Por una parte, en las pesquerías que se desarrollan cerca del litoral, el nivel de explotación de los recursos estará influido por el ingreso mínimo aceptable, habida cuenta de la existencia de otras posibilidades de empleo fuera del sector extractivo. Así, la sobreexplotación de las poblaciones de peces en libre acceso adque-

(26) Por ejemplo, en España, se practicó durante muchos años una política de subvenciones y crédito preferente para la construcción de buques de altura y gran altura.

(27) No estamos considerando la posibilidad de sustitución entre los diferentes factores de producción.

(28) En la actividad pesquera nos encontramos con un régimen retributivo un tanto especial, llamado «salario a parte» y que rige en la flota de cerco en estudio. Así, la remuneración de los pescadores está en función de los ingresos totales derivados de la venta del pescado y, como vimos anteriormente, cuanto mayor sea la población de peces mayor será el producto medio por día de pesca.

re mayor relevancia en aquellas regiones donde existen elevadas tasas de paro, el coste de oportunidad de la mano de obra sea bajo y la pesca constituya una de las escasas posibilidades de ocupación para el personal sin capital ni capacitación técnica (29). Con esto, una de las posibles formas de aliviar la presión sobre los recursos y, consiguientemente, aumentar el ingreso individual medio de los pescadores, consiste en la generación de empleo al margen del sector extractivo.

Por otra, en las actividades secundarias inducidas, sobre todo aquellas vinculadas al tratamiento y comercialización de los productos pesqueros, el nivel de ocupación estará en relación directa con el volumen total de capturas. Además, el número de empleos en estos sectores de actividad puede rebasar en varias veces al del sector primario. Por lo tanto, cuanto mayores sean los beneficios económicos netos en estas actividades inducidas, mayor interés existirá en alcanzar niveles de explotación cercanos al correspondiente al máximo rendimiento sostenible.

Todo esto puede llevarnos a pensar que una regulación que implique reducciones en el nivel de producción y actividad tendrá múltiples efectos perjudiciales sobre el conjunto de la economía. Sin embargo, debemos también considerar los efectos positivos de la racionalización en la actividad extractiva. Como ya estudiamos, una regulación que logre mantener la explotación pesquera en el nivel óptimo de único dueño, producirá rentas económicas sustanciales que, a su vez, pueden destinarse al desarrollo de otras pesquerías menos aprovechadas, al perfeccionamiento de los medios de trabajo o a generar nuevas actividades complementarias o sustitutivas de la actividad pesquera. Todo ello con su consiguiente efecto multiplicador sobre los demás sectores de la economía. Así pues, la inicial hipótesis de que el nivel de empleo dependía directamente del volumen total de capturas ya no parece estar tan clara (30).

(29) Precisamente, la pesquería de cerco en estudio adquiere mayor importancia en regiones calificadas como «menos favorecidas», Galicia y el Norte de Portugal.

(30) Así también opinan otros autores, por ejemplo, J. A. Crutchfield (1979), en la página 751 de su trabajo afirma: «... El argumento de que las actividades secundarias asociadas a la industria pesquera se verán perjudicadas por programas que impliquen limitaciones de acceso es muy poco consistente...».

En nuestro modelo aplicado, las medidas de regulación propuestas se han basado en la comparación de las soluciones estacionarias de equilibrio. Con este horizonte temporal, la asunción de una elasticidad infinita de la curva de oferta de esfuerzo pesquero en relación al salario vigente es perfectamente razonable. No obstante, después de lo visto, difícilmente podremos argumentar la perfecta transferibilidad del capital y mano de obra hacia otras ocupaciones alternativas, cuando menos a corto y medio plazo.

Estas circunstancias no deben hacer cambiar el objetivo final del regulador, pero sí exigen ciertas modificaciones prácticas en las medidas de control que se han de aplicar (31). El administrador de la pesquería deberá considerar toda la información adicional de la que pueda disponer en relación al posible impacto social de las medidas de regulación. El paso de una situación ineficiente de libre acceso a una eficiente no será un movimiento Pareto superior sin una política de distribución de rentas adecuada. El propietario único del recurso, si no quiere ver fracasar su proyecto de regulación, ha de incorporar en su política económica criterios de equidad. Tanto en el período del estado transitorio (donde se deja de pescar para posibilitar una recuperación rápida de la población), como posteriormente (donde se ponen en funcionamiento los impuestos), el regulador deberá establecer mecanismos de compensación a los pescadores perjudicados por las medidas de control. Iniciativas como los planes de jubilación anticipada, ayudas a la reconversión hacia otras actividades o subvenciones para el desmantelamiento de unidades pesqueras excedentarias, son posibilidades que están a su alcance. Estas medidas, aunque inicialmente costosas, podrán ser afrontadas pues, una vez alcanzado el equilibrio estacionario óptimo, el regulador obtendrá una recaudación vía impuestos lo suficientemente significativa como para compensar el inicial desembolso. Con ello, la previsible oposición del sector profesional a ser regulado cuando menos se verá suavizada y la ordenación, además de eficiente, también será socialmente justa.

(31) C. W. Clark, F. H. Clarke y G. R. Munro (1979), demuestran que la irreversibilidad de las inversiones, derivadas de la rigidez en la oferta de esfuerzo, no afectan al nivel óptimo de producción, pero a corto plazo la política óptima a seguir sí se verá influenciada significativamente por la mayor o menor elasticidad de la oferta de esfuerzo.

V. CONCLUSIONES

En esta parte del trabajo se ha analizado la explotación de una pesquería concreta, la de sardina iberoatlántica. Los resultados empíricos obtenidos corroboran las hipótesis teóricas: la explotación del recurso natural en régimen de propiedad común y libre acceso provoca asignaciones ineficientes, que derivan en estados de sobrepesca económica.

La intervención pública se hace necesaria. Las Administraciones Pesqueras de España y Portugal están llamadas a entenderse en materia de gestión de recursos compartidos. De no hacerlo, la ineficiencia económica y social de la explotación de la pesquería se mantendrá de forma indefinida. De los resultados de este estudio empírico se pueden derivar medidas de intervención claras y precisas, medidas que pasan por una reducción significativa de la presión ejercida sobre el recurso natural y por una regeneración de la población de peces.

Por último, debemos ser conscientes de que el modelo aquí desarrollado y aplicado es determinista, pues no incorpora elementos estocásticos. Tanto las poblaciones de peces como las variables socioeconómicas están sometidas a difíciles y, a veces, delicados equilibrios, fruto de la interacción de múltiples factores. Así, los resultados obtenidos en nuestra aplicación no deben tomarse de forma literal, aunque no por ello dejan de ser relevantes. La simplificación de una realidad compleja a través de la modelización puede ayudar a los responsables a vislumbrar el camino que ha de seguirse para la consecución de explotaciones racionales de los recursos pesqueros. Además, el estudio teórico y los resultados orientativos obtenidos en la aplicación, constituyen una base sólida sobre la que el regulador puede diseñar medidas de política económica con menores probabilidades de fracaso y, cuando menos, le permite conocer la dirección y sentido de los efectos que puedan causar toda medida adoptada o la carencia de las mismas.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, F.; PORTEIRO, C. y CRUCES, X. (1986). *Análisis de la pesquería de cerco en Galicia*. Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr., n.º 15.
- CLARK, C. W.; CLARKE, F. H. y MUNRO, G. R. (1979). *The Optimal Exploitation of Renewable Resource Stocks: Problems of Irreversible Investment*. *Econometrica*, vol. 47, n.º 1 (25-47).
- CRUTCHFIELD, J. A. (1979). *Economic and Social Implications of the Main Policy Alternatives for Controlling Fishing Effort*. *Journal of Fisheries Researchs Board of Canada*, vol. 36 (742-752).
- ICES (1989). *Report of the Working Group on the Assessment of Pelagic Stock in Divisions VIIIc and IXa and Horse Mackerel*. Copenhagen, may 1989, Dinamarca.
- LABARTA, U. (1979). *Galicia mariñeira: Historia económica y científica*. En *Estudio y Explotación del mar en Galicia*. Santiago de Compostela. Universidad de Santiago de Compostela.
- MENDELSSOHN, R. (1982). *Discount Factors and Risk Aversion in Managing Random Fish Populations*. *Canadian Journal of Fish. Aquat. Sci.*, vol. 37 (1.252-1.257).
- PESTANA, G. (1989). *Manancial Ibero-Atlántico de Sardinha. Sua Avaliação e Medidas de Gestao*. Lisboa. Instituto Nacional de Investigaçao das Pescas, septiembre 1989.
- XUNTA DE GALICIA (1989). *Censo da Frota Pesqueira de Galicia*. Santiago de Compostela. Documento Base da Consellería de Pesca.

RESUMEN

Este artículo constituye la segunda parte de un trabajo sobre el análisis económico de una pesquería a través de un modelo bioeconómico. En esta parte, se obtienen resultados empíricos mediante un modelo aplicado a la pesquería de sardina iberoamericana. Resultados de los que se pueden derivar recomendaciones claras para la consecución de una explotación racional del recurso natural.

PALABRAS CLAVE: Análisis bioeconómico pesquería sardina.

RESUME

Cet article constitue la seconde partie d'un travail portant sur l'analyse économique d'une zone de pêche à travers un modèle bioéconomique. Dans cette partie, il est obtenu des résultats empiriques au moyen d'un modèle appliqué à la zone de pêche de la sardine latino-américaine, résultants dont il peut être déduit des recommandations claires en vue de l'obtention d'une exploitation rationnelle de cette ressource naturelle.

S U M M A R Y

This paper is the second part of a study on the economic analysis of a fishing ground using a bioeconomic model. In this part, empirical results are obtained using a model applied to Latin American sardine fishing. Clear recommendations on how to achieve a rational exploitation of the natural resource can be derived from these results.
