

**EFICIENCIA TÉCNICA EN PESQUERIAS MULTIESPECIE:
UNA APROXIMACIÓN PRIMAL¹**

Luis Orea Sánchez
*Antonio Álvarez Pinilla*²
Departamento de Economía
Universidad de Oviedo

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es estudiar, desde el punto de vista primal, la eficiencia técnica de una muestra de barcos dedicados a la pesca de merluza en Asturias. Un rasgo característico de esta actividad es la importancia que tienen las capturas de otras especies distintas de la merluza. La naturaleza multiproducto de esta actividad plantea distintas alternativas de modelización. En este trabajo se comparan los resultados obtenidos a partir de la estimación de una función de producción agregada, una función de producción multiproducto y una función de distancia. Los tres modelos se estiman utilizando el estimador intragrupos. En una segunda etapa, los índices de eficiencia se calculan a partir de los efectos individuales una vez eliminada la influencia de variables invariantes en el tiempo. Para la realización del estudio empírico se dispone de un panel de datos que contiene información acerca de la actividad pesquera de once embarcaciones asturianas a lo largo de 1999.

PALABRAS CLAVE: eficiencia, función de distancia, multiproducto, pesca

CÓDIGOS JEL: Q22, P11

**TECHNICAL EFFICIENCY IN MULTISPECIES FISHERIES: A
PRIMAL APPROXIMATION.**

SUMMARY: The objective of this paper is to study, following a primal approach, the technical efficiency of a sample of boats which catch hake in Asturias. In this activity the catches of species different from hake are important. The multiproduct nature of this activity raises different modelling alternatives. In this paper we compare the results obtained in the estimation of an aggregate production function, a multiproduct production function, and a distance function. The three models are estimated using the within-groups estimator. After eliminating the influence of time invariant variables, the efficiency indexes are calculated in a second stage using the individual fixed effects. The empirical analysis uses a panel data set of eleven boats in 1999.

KEYWORDS: efficiency, distance function, multiproduct, fisheries

¹ Se agradece a Carlos Arias, Joaquín Millán, Raúl Prellezo, Ernest Reig y David Roibás los comentarios realizados a versiones anteriores de este trabajo.

² alvarez@correo.uniovi.es

1. Introducción

La mayor parte de las pesquerías mundiales ha experimentado una situación de sobreexplotación del recurso. Esta circunstancia ha provocado en las últimas décadas una fuerte intervención estatal dirigida a reducir la presión sobre la biomasa pesquera. Las principales medidas implantadas han sido cuotas sobre las capturas, planes de reducción de la flota pesquera y limitación del esfuerzo pesquero (vedas, tamaño de aparejos, etc.).

La efectividad de estas medidas depende de las características de la pesquería regulada, lo que ha llevado a los investigadores a estudiar la tecnología de la producción pesquera. En concreto, uno de los aspectos más estudiados es el papel de las capturas en la dinámica de las poblaciones de peces. Ejemplos de estos modelos bioeconómicos aplicados para pesquerías españolas son Gallastegui (1981), Suris (1992) y García del Hoyo (1997).

Estos trabajos suelen utilizar datos agregados, tanto a nivel individual como temporal. Es decir, se suele trabajar con datos anuales para toda una flota, región o país. Este nivel de agregación enmascara algunas características de la tecnología, especialmente en el caso de pesquerías en las que se captura más de una especie. Por ejemplo, si las capturas de las especies siguen un patrón temporal diferenciado a lo largo de un año, es posible que se dé una cierta sustitución entre outputs (especies). Este hecho debe ser tomado en cuenta a la hora de regular la pesquería.

En este trabajo se dispone de una base de datos altamente desagregada. En concreto se tienen datos de las capturas diarias de once embarcaciones que se dedican fundamentalmente a la pesca de la merluza en Asturias. Esto permite modelizar la tecnología sin las restricciones que plantea el nivel de agregación habitual. Un rasgo característico de la pesquería estudiada es la importancia que tienen las capturas de otras especies distintas de la especie objetivo (lo que en la literatura se denomina “by-catch”). La presencia de otras especies distintas de la principal implica que la actividad de la pesquería es multiproducto.

La literatura empírica paramétrica ha abordado la naturaleza multiproducto de la actividad pesquera siguiendo dos caminos: agregando en un único output las capturas de todas las especies; o empleando un enfoque dual, esto es, estimando funciones de costes o de beneficios. Ambos enfoques presentan problemas. Por un lado, la agregación de las especies en un único output, si no se realiza correctamente, puede sesgar los parámetros que caracterizan la tecnología. Por otra, la estimación de funciones de costes (beneficios) exige que los precios de los inputs (y de los outputs) sean no sólo observables sino también exógenos. Para ello es

preciso que los mercados sean perfectamente competitivos, supuesto que no es necesario si se sigue un enfoque primal.

Por este motivo, el objetivo de este trabajo es estudiar las posibilidades que el enfoque primal ofrece para modelizar pesquerías multiespecie. En concreto, se analizan las ventajas e inconvenientes de las funciones primales más utilizadas en la literatura y se comparan los resultados obtenidos en la estimación econométrica de una función de producción agregada, una función de producción multiproducto y una función de distancia.³ En una segunda etapa, se calcula el nivel de eficiencia técnica de las embarcaciones eliminando la influencia las características de las embarcaciones invariantes en el tiempo (tamaño, potencia de motor, arte de pesca, etc.) sobre los efectos individuales, estudiando la robustez de los índices ante las distintas especificaciones.

El artículo se estructura de la forma siguiente. En la sección 2 se revisan las diferentes alternativas para modelizar tecnologías multiproducto siguiendo un enfoque primal. En la sección 3 se describe la base de datos. En la sección 4 se presenta la especificación econométrica de los modelos. La sección 5 se comentan los resultados empíricos obtenidos. La sección 6 se dedica al análisis de la eficiencia técnica de las embarcaciones. El trabajo se cierra con las conclusiones más relevantes.

2. La aproximación primal al estudio de tecnologías multiproducto

A continuación se revisan distintos modelos que permiten analizar tecnologías multi-output usando una aproximación primal. En concreto se estudian cuatro alternativas: 1) estimación de funciones de producción para cada uno de los outputs; 2) estimación de una función de producción agregada; 3) estimación de una función de producción multiproducto; y 4) utilización de funciones de distancia.

Para facilitar la exposición, en adelante se supondrá que existen únicamente dos outputs (y_1, y_2). La producción de ambos outputs depende, a su vez, de la cantidad empleada de dos inputs (x_1, x_2) así como de otras variables ambientales (z). Asimismo, se supone que la tecnología

³ Estas funciones se pueden analizar también utilizando métodos no-paramétricos, como el análisis envolvente de datos (DEA), el cual permite acomodar con facilidad varios outputs (ver Cogley, Pascoe and Mardle, 1998). El problema más importante de esta metodología es que es determinista. Dado que la actividad pesquera se caracteriza precisamente por la elevada importancia que tiene la suerte y otros factores aleatorios no modelizados, parece más adecuado utilizar un enfoque de fronteras estocásticas, como el que aquí se propone.

puede representarse a través de la siguiente función de transformación:

$$F(y_1, y_2, x_1, x_2, z) = 0 \quad (1)$$

2.1. Estimación de funciones de producción para cada output

Un procedimiento clásico en el estudio de empresas multiproducto es estimar una función de producción para cada uno de los outputs, incluyendo como variable explicativa la cantidad de cada input empleada en la producción del output respectivo. Esto es:

$$\begin{aligned} y_1 &= f^1(x_{11}, x_{21}, z) \\ y_2 &= f^2(x_{12}, x_{22}, z) \end{aligned} \quad (2)$$

donde x_{kj} es la cantidad del input x_k asignada a la producción del output y_j . Just, Zilberman and Hochman (1983) señalan que la estimación del sistema (2) permite obtener estimaciones más eficientes que la estimación de una única función de producción que tiene como argumentos el total de cada input empleado en la producción de todos los outputs. Obviamente, esta mejora exige conocer la asignación de los inputs a la producción de cada output que realiza cada empresa.

El principal problema de esta alternativa se encuentra, sin embargo, en que la estimación de (2) es equivalente a suponer que la producción del output y_1 se realiza de forma independiente del output y_2 . En otras palabras, y siguiendo la terminología acuñada por Baumol et al. (1982), este resultado excluye la existencia de economías de alcance, es decir, la posibilidad de complementariedades entre outputs.

2.2. Estimación de una función de producción agregada

Esta aproximación, estudiada originalmente por Mundlak (1963), supone agregar todos los outputs (las capturas de todas las especies) en un único output, y utilizar este output agregado como variable dependiente en la estimación de una función de producción. Este output agregado puede consistir simplemente en la suma de todos los outputs, el total de ingresos o algo más complejo, como un índice multi-lateral superlativo (ver Caves, Christensen y Diewert, 1982). La suma de todos los outputs, que es la alternativa seguida habitualmente en los estudios sobre pesquerías, no tiene apoyo teórico, por lo cual las estimaciones relativas a los parámetros que caracterizan la tecnología no tienen un significado claro. Las otras dos opciones eluden este problema, pero requieren conocer el precio de todos los outputs. La agregación a través de

números índices superlativos no exige, como así ocurre si se utiliza el total de ingresos, que los precios sean idénticos entre empresas, al tiempo que están estrechamente relacionados con la estructura de producción que se trata de modelizar. Sin embargo, el uso de los ingresos o de cualquier número índice es criticable si las empresas pueden actuar en mercados caracterizados por la competencia imperfecta, ya que si los precios no son estrictamente exógenos, existen errores en la cuantificación del “verdadero” output agregado.

Aunque la estimación de una función de producción agregada reconoce que los outputs son producidos de forma conjunta, esta alternativa implica asumir que la función de transformación es separable en outputs e inputs. Como señalan Brown, Caves y Christensen (1979), esta propiedad significa que la función de transformación (1) puede expresarse como:

$$F(y_1, y_2, x_1, x_2, z) = -g(y_1, y_2) + f(x_1, x_2, z) = 0 \quad (3)$$

El supuesto de separabilidad es importante ya que significa que cambios en la combinación de inputs no afectan a la pendiente de la curva de posibilidades de producción, al tiempo que un aumento, digamos, en la cantidad del input x_1 asignada a la producción del output y_2 permite a la empresa aumentar la producción del output y_1 en lugar de aumentar la producción del output y_2 .

2.3. Funciones de producción multiproducto

Esta aproximación aborda el problema de la modelización de tecnologías multiproducto mediante la regresión de un output sobre los inputs y el resto de outputs. Esto implica estimar:⁴

$$y_1 = f^1(y_2, x_1, x_2, z) \quad (4)$$

o, alternativamente,

$$y_2 = f^2(y_1, x_1, x_2, z) \quad (5)$$

Un ejemplo de este tipo de tecnología es la generalización de la función de producción Cobb-Douglas propuesta por Klein (1953) para acomodar varios outputs, la cual puede escribirse como:

$$y_1 = \alpha_0 y_2^\delta x_1^{\beta_1} x_2^{\beta_2} \quad (6)$$

donde α_0 , δ , β_1 y β_2 son parámetros a estimar. Esta aproximación no impone ninguna restricción

⁴ Nótese que las ecuaciones (4) y (5) incluyen como variable explicativa el total de inputs utilizado por las empresas, mientras que en la ecuación (2) se diferencia explícitamente la cantidad asignada a un output u otro. Como señalan Beattie y Taylor (1985, Capítulo 5), en este cambio se pierde algo de información sobre las características de la tecnología.

sobre la separabilidad o la producción conjunta de la tecnología.⁵ Respecto a la estimación de una función de producción agregada, esta alternativa permite acomodar múltiples outputs sin necesidad de acudir a datos de precios.

El principal problema de este método es el papel asimétrico que juegan los outputs. En efecto, la tecnología estimada no es independiente, en la práctica, de la elección de un output como variable dependiente. Si se cambia de output, en general se obtendrán diferentes valores para los parámetros que caracterizan la tecnología. Por tanto, las propiedades de la tecnología pueden cambiar significativamente.

Por otra parte, si se cambia de output, se obtendrán también diferentes niveles de eficiencia ya que los índices de eficiencia son específicos para cada output. El valor del índice de eficiencia indicaría la máxima expansión posible de un output manteniendo constante el resto de outputs. Dado que las embarcaciones capturan otras especies al mismo tiempo que merluza, este índice pierde claramente su interés. En una actividad en la que se producen conjuntamente varios outputs -como es la de la pesquería- la eficiencia estimada carecería de sentido práctico. Esto es, sería equivalente a un índice de eficiencia parcial, análogamente a cuando se utiliza un índice de productividad parcial (generalmente la productividad media del trabajo) que es una medida inadecuada de la actividad productiva de una empresa que emplea varios inputs.

2.4. Estimación de funciones de distancia

La función de distancia fue introducida por Shephard (1953) y puede ser orientada a los inputs o a los outputs. Una función de distancia orientada a los inputs caracteriza la tecnología a través de la mínima contracción proporcional del vector de inputs, dada una cantidad de outputs, mientras que una función de distancia orientada a los outputs se define como la máxima expansión proporcional de los outputs dado un nivel de inputs. Puesto que los patrones no pueden cambiar fácilmente la cantidad de inputs, en adelante nos centraremos en la función de distancia orientada a los outputs, que puede expresarse como sigue:

$$D_o(x, y, z) = \min_{\Omega} \{ \Omega > 0 : (\frac{y}{\Omega}) \in P(x, z) \} \quad (7)$$

⁵ Se puede fácilmente comprobar que la función propuesta por Klein es convexa en outputs o, lo que es lo mismo, la familia de curvas de posibilidades de producción que se obtienen a partir de la expresión (6) son convexas hacia el origen. Por lo tanto, como señala el propio autor, las tradicionales condiciones de optimalidad de una empresa perfectamente competitiva no son aplicables en este caso.

donde $P(x,z)$ es el conjunto de vectores de outputs que se pueden producir con el vector de inputs x , dado el vector z . Como se ilustra en la Figura 1, el conjunto $P(x,z)$ es equivalente en términos gráficos al área que se encuentra por debajo de la frontera de posibilidades de producción (FPP). Dado un vector de outputs, y , el valor de la función de distancia $D_o(x,y,z)$, coloca a $y/D_o(x,y,z)$ en la frontera de $P(x,z)$ a lo largo del radio vector que pasa por y . Esto sugiere que la función de distancia tomará valores menores o iguales que la unidad si el vector de outputs observado es un elemento del conjunto $P(x,z)$. El valor máximo de la función de distancia es la unidad, lo que significaría que la empresa observada operaría en la FPP y, por tanto, sería eficiente desde el punto de vista técnico. Un valor inferior a uno (como es el caso del punto E) informa del grado de eficiencia técnica alcanzado por la empresa. El valor de la función de distancia indica que se puede aumentar proporcionalmente la producción de cada output utilizando la misma cantidad de inputs.

La función de distancia describe la tecnología como una función de transformación. En efecto, aquélla está relacionada con la función (1) a través de la identidad:

$$F\left(\frac{y_1}{D_o(x,y,z)}, \frac{y_2}{D_o(x,y,z)}, x_1, x_2, z\right) = 0 \quad (8)$$

Färe and Primont (1995) demuestran que la función de distancia orientada al output es no-decreciente, linealmente homogénea y convexa en outputs, y decreciente en inputs. Esta función está además estrechamente relacionada con la medición de la eficiencia al definirse como la inversa del índice de eficiencia técnica orientado al output de Farrell (1957).

Como ya se ha dicho, la presencia del vector z en la función de distancia permite capturar desplazamientos de la FPP. Aunque las funciones de producción multiproducto y de distancia permiten analizar si tales desplazamientos tienen un efecto diferente en un output u otro, ambas realizan este estudio de forma muy distinta. Como se ilustra en la Figura 2, la función de producción multiproducto mide los desplazamientos de la FPP en términos (digamos) del output y_1 , manteniendo constante la cantidad de output y_2 . Por su parte, la función de distancia mide tales desplazamientos radialmente, esto es, como una variación proporcional de todos los outputs.

La principal ventaja de la función de distancia sobre las anteriores aproximaciones es que permite estimar una tecnología multiproducto sin suponer separabilidad (véase la función multiproducto) o producción no conjunta (véase las funciones de producción específicas de cada output) y sin información sobre precios (véase la aproximación dual y la función de producción agregada). Puesto que además cada output juega el mismo papel, la función de distancia elude el

problema de asimetría que tenía la función de producción multiproducto. En otras palabras, el índice de eficiencia no se define en términos de un único output sino radialmente.

La principal limitación de las funciones de distancia radica en que la propiedad de homogeneidad de grado uno en outputs impone que el efecto de las variables que están fuera del control de las empresas es radial, de la misma forma que lo es la eficiencia. Esto es, un *shock* exógeno a la empresa tiene el mismo efecto sobre la producción del output y_1 que de y_2 .

3. Los datos

Para la realización del estudio empírico se dispone de información diaria acerca de la actividad pesquera de 11 embarcaciones de los puertos de Lastres y Ribadesella a lo largo de 1999. Puesto que algunas embarcaciones no salen a pescar todos los días, la información disponible tiene la estructura de un panel de datos incompleto. Cuatro de los barcos utilizan volantas, mientras que el resto pesca utilizando el arte del palangre. Un resumen de las características de dichas embarcaciones se muestra en la Tabla 1.⁶

Las salidas no duran más de un día y toda la pesca es subastada en la lonja del puerto.⁷ Un resumen de las estadísticas descriptivas de las capturas diarias se muestra en la Tabla 1. Como se puede comprobar, más de la mitad de las capturas está formada por otras especies (*by-catch*) diferentes a la merluza.⁸ Los elevados valores que toman los coeficientes de variación indican una elevada variabilidad en las capturas, especialmente en el caso de otras especies.

4. Especificación econométrica de los modelos

En esta sección se presentan las especificaciones estadísticas de los modelos analizados en la Sección 2. Dado que no existe información acerca de la asignación de los inputs a la producción de cada output, los modelos estimados son sólo tres: función de producción agregada, función de producción multiproducto y función de distancia.

En los tres modelos aparecen variables explicativas comunes. En concreto, se incluyen 11 *dummies* de barco que recogen el efecto de variables inobservables (no incluidas) invariantes en

⁶ Los volanteros dejan las volantas en algún caladero y retornan al puerto. Al día siguiente, las recogen y vuelven a dejarlas en el mismo caladero o en otro diferente. Los palangreros lanzan el aparejo con cebo vivo, esperan varias horas y lo recogen antes de volver a puerto.

⁷ Es preciso señalar, sin embargo, que el pescado capturado por las embarcaciones el sábado, día en que la lonja está cerrada, es almacenado y subastado el lunes.

⁸ A lo largo de 1999 se capturaron alrededor de 30 especies diferentes.

el tiempo y específicas de cada embarcación. Además de la habilidad del patrón (eficiencia técnica), los efectos individuales recogen el efecto de las características de las embarcaciones (eslora, tonelaje, etc.). Se incluyen dos *dummies* trimestrales, Q1=primavera y Q2=verano (el otoño y el invierno se toman como estaciones de referencia) para recoger los cambios estacionales de los caladeros.⁹ Se incluye una variable *dummy* que recoge el estado de la mar: Dmar=1 indica buena mar y Dmar=0 mala mar. Asimismo, se incluye una variable *dummy* para el lunes (DL=1, si es lunes) con el fin de controlar las mayores cantidades subastadas en dicho día si los barcos salieron a faenar el sábado.

La función de producción agregada se especifica como un modelo aditivo que incluye las once variables *dummy* de barco como variables explicativas. La función de producción multiproducto y la función de distancia se especifican como funciones translog, con la variable Otras Especies (*by-catch*) como variable explicativa. Esta variable se cruza con las *dummies* estacionales para contrastar si los efectos estacionales afectan de forma diferente a las capturas de merluza y de otras especies.

En la función de producción agregada todas las capturas son agregadas en una única variable de valor (V), la cual fue construida utilizando el precio medio anual para toda Asturias de la merluza y de otras especies. De esta forma, la ponderación que recibe cada especie es común a todas las embarcaciones e invariante en el tiempo. De acuerdo con lo anterior, la función a estimar puede escribirse como:

$$\ln V_{it} = \alpha_i + \lambda_1 Q1_t + \lambda_2 Q2_t + \phi Dmar_t + \delta DL_t + v_{it} \quad (9)$$

donde α_i son efectos fijos individuales y los coeficientes de las *dummies* trimestrales (λ_i) recogen los efectos temporales. La variable v_{it} es un término aleatorio que trata de capturar el efecto de variables exógenas no medidas (y, más concretamente, el factor suerte que tiene una gran relevancia en la actividad pesquera), el cual se supone distribuido de forma simétrica con media cero y varianza constante.

Por otra parte, en la función de producción multiproducto se consideran dos outputs: Merluza (y_1) y Otras Especies (y_2). La especificación econométrica de esta función se puede expresar como:¹⁰

⁹ Los trimestres seleccionados en la aplicación empírica no se corresponden con los trimestres naturales. En concreto, Q1=1 en febrero, marzo y abril, y Q2=1 en mayo, junio y julio.

¹⁰ Otra posible especificación de la función de producción multiproducto consiste en escoger el output y_2 como variable dependiente. Dado que esta estimación no aportaba información relevante que no pudiera ya extraerse del resto de modelos, se prefirió no incluirla en el texto principal. Los parámetros estimados de dicho modelo están disponibles previa solicitud a los autores.

$$\ln y_{1it} = \alpha_i + \lambda_1 Q1_t + \lambda_2 Q2_t + \phi Dmar_t + \delta DL_t + \beta_0 \ln y_{2it} + \frac{1}{2} \beta_{00} (\ln y_{2it})^2 + \beta_1 \ln y_{2it} Q1_t + \beta_2 \ln y_{2it} Q2_t + v_{it} \quad (10)$$

Por último, el modelo empírico para la función de distancia se puede escribir como sigue:

$$\ln 1 = - \left[\alpha_i + \lambda_1 Q1_t + \lambda_2 Q2_t + \phi Dmar_t + \delta DL_t + \beta_0 \ln y_{2it} + \frac{1}{2} \beta_{00} (\ln y_{2it})^2 + \beta_1 \ln y_{2it} Q1_t + \beta_2 \ln y_{2it} Q2_t + \delta_{12} \ln y_{2it} \ln y_{1it} + \gamma_0 \ln y_{1it} + \frac{1}{2} \gamma_{00} (\ln y_{1it})^2 + \gamma_1 \ln y_{1it} Q1_t + \gamma_2 \ln y_{1it} Q2_t \right] + v_{it} \quad (11)$$

donde todos los parámetros de la función de distancia se multiplican por -1 para facilitar la comparación con los anteriores modelos. De esta forma, el signo de los parámetros estimados se puede interpretar, si es positivo, como un aumento en las capturas, en lugar de una variación en el valor de la función de distancia.

Debido a que la variable dependiente es una constante, la función de distancia no puede estimarse tal y como aparece expresada en la ecuación (11). Para evitar la solución trivial (es decir, que todos los parámetros sean nulos) es preciso imponer las restricciones que implica la propiedad de homogeneidad de grado $+1$ en outputs. Una forma sencilla de imponer esta propiedad consiste en dividir el valor eficiente (la unidad) de la función de distancia por un output (digamos, la variable y_1 : Merluza) y normalizar el otro output (y_2 : Otras Especies) utilizando la Merluza como numerario. Tal normalización implica una ecuación del tipo:

$$\ln y_{1it} = \alpha_i + \lambda_1 Q1_t + \lambda_2 Q2_t + \phi Dmar_t + \delta DL_t + \beta_0 \ln y_{2it}^* + \frac{1}{2} \beta_{00} (\ln y_{2it}^*)^2 + \beta_1 \ln y_{2it}^* Q1_t + \beta_2 \ln y_{2it}^* Q2_t + v_{it} \quad (12)$$

donde

$$\ln y_{2it}^* = \ln y_{2it} - \ln y_{1it} \quad (13)$$

5. Estimación y resultados

Los tres modelos que se comparan en este trabajo (ecuaciones 9, 10 y 12) se han estimado utilizando el estimador intragrupos (o estimador WITHIN).¹¹ La principal ventaja de este estimador es que es consistente incluso cuando alguna variable explicativa está correlacionada con los efectos individuales. Los parámetros estimados se presentan en la Tabla 2, excepto para los parámetros de las *dummies* específicas de cada embarcación.

Algunos resultados son comunes a los tres modelos. En efecto, el coeficiente del estado del mar es positivo y significativo, lo cual indica que las buenas condiciones del mar permiten pescar más. El coeficiente de la variable *dummy* de lunes es positivo y significativo, tal y como se esperaba dado que el lunes se subasta también lo capturado el sábado anterior. El efecto del segundo trimestre es siempre positivo y significativo, lo cual indica que las embarcaciones pescan más en verano que en otras estaciones del año.

La función de producción agregada no permite saber, sin embargo, si el incremento en el total de capturas (medido en términos de valor) se debe a un incremento en las capturas de especies con un alto precio (como es el caso de la merluza) o de especies con bajo valor. Esta información se puede obtener si se estima una función de producción multi-producto o una función de distancia. Los coeficientes estimados en ambas funciones para las *dummies* Q1 y Q2 y sus interacciones con el output y_2 son algo diferentes dado que, como ya se apuntó en la Sección 2, los desplazamientos de la FPP se miden de forma distinta. En concreto, la función de producción multiproducto mide los desplazamientos de la curva de posibilidades de producción en kilos de merluza, manteniendo constante las capturas de otras especies. Por su parte, la función de distancia mide tales desplazamientos tanto en kilos de merluza como de otras especies.

Los coeficientes de interacción entre y_2 y las *dummies* estacionales son significativamente distintas de cero. Esto sugiere que los desplazamientos de la curva de posibilidades de producción no son neutrales, es decir, que las capturas de merluza tienen un comportamiento temporal diferente al de otras especies. En particular, el coeficiente negativo de la interacción entre y_2 y Q2 indica que en verano las capturas de merluza se incrementan más que las del resto de especies. El coeficiente del primer trimestre es también significativo y positivo en la función de distancia, lo cual indica que los barcos pescan más en primavera que en otoño e invierno. De nuevo la interacción de este trimestre con y_2 es negativo, indicando que en primavera se incrementan más las capturas de merluza que las de otras especies. La función de producción multiproducto no parece revelar, sin embargo, que el desplazamiento de la curva de posibilidades de producción en primavera sea sesgado hacia la merluza. En general, estos resultados sugieren que el crecimiento de los ingresos detectado en primavera y, más especialmente, en verano a través de la estimación de la función de producción agregada se debe al incremento experimentado por las capturas de merluza, un pescado de alto valor (precio).

¹¹ Las estimaciones fueron realizadas en GAUSS, utilizando la aplicación TSCS.

En la función de distancia, el coeficiente del output y_2 es significativo y tiene el signo negativo esperado. Es de destacar también que el coeficiente de segundo orden es estadísticamente diferente de cero y que las interacciones con los trimestres tienen un signo negativo. En suma, estos resultados parecen indicar una relación negativa entre las capturas de merluza y de otras especies.¹²

6. Eficiencia técnica de las embarcaciones

Aunque el análisis de la eficiencia técnica no ha sido un campo tradicional de investigación en economía pesquera, en la última década, un buen número de trabajos han estudiado la eficiencia técnica en el sector pesquero.¹³ Esta es una característica productiva muy importante de cara a la gestión de las pesquerías. En concreto, cuando se establecen planes de abandono de la actividad, si los barcos que abandonan son muy ineficientes, la medida puede suponer una reducción muy pequeña del esfuerzo pesquero.

Siguiendo a Schmidt y Sickles (1984), la eficiencia técnica de cada embarcación se puede calcular como la diferencia entre el efecto individual de la embarcación y el máximo efecto individual estimado. Esto es:

$$ET_i = \exp(\alpha_i - \max_j \alpha_j) \quad (14)$$

Sin embargo, estos índices no se pueden interpretar exclusivamente como medidas de la gestión relativa de cada embarcación dado que recogen el efecto de otras variables invariantes en el tiempo, como las características de las embarcaciones (tamaño, potencia de motor, etc.) o el arte de pesca empleado.

Con el fin de eliminar la influencia de estos factores sobre los índices de eficiencia técnica, se emplea el método propuesto por Álvarez y González (1999). En concreto, se realiza la siguiente regresión por mínimos cuadrados ordinarios:

$$\hat{\alpha}_i = \tau_0 + \tau_1 \cdot \ln TRB_i + \tau_2 \cdot Darte_i + u_i \quad (15)$$

donde TRB(Toneladas de Registro Bruto) se utiliza como *proxy* del tamaño de las embarcaciones, y Darte es una variable *dummy* que se incluye para recoger el efecto de las

¹² Obsérvese que los coeficientes de primer orden de la función de producción multiproducto son positivos, pero no estadísticamente significativos. No obstante, los coeficientes de segundo orden tienen el signo negativo esperado. Todo ello parece sugerir la existencia, por tanto, de una tasa de transformación negativa.

¹³ Un resumen de esta literatura se puede encontrar en Álvarez (2001).

distintas tecnologías asociadas a los artes de pesca (Darte=1 si se utilizan volantas y Darte=0 si se utilizan palangres).

A continuación, el efecto individual que predice el modelo (15), $\hat{\alpha}_i$, se corrige por el mayor residuo positivo con el fin de cuantificar el efecto potencial del tamaño y del arte sobre el nivel de eficiencia:

$$\alpha_i^* = \hat{\alpha}_i + \max_j \hat{u}_j \quad (16)$$

La eficiencia técnica *corregida* por el efecto de variables específicas de cada embarcación e invariantes en el tiempo (ETC_i) vendría dada por la expresión:

$$ETC_i = \exp(\hat{\alpha}_i - \alpha_i^*) \quad (17)$$

Los parámetros estimados del modelo (15) correspondientes a los tres conjuntos de efectos individuales estimados en la sección anterior se muestran en la Tabla 3. El coeficiente de la variable Darte es positivo y significativo al 1% en los tres modelos. Este resultado indica que el índice de eficiencia (14) sobreestima la eficiencia de los volanteros en comparación con los palangreros. Comentarios similares se podrían hacer respecto al tamaño del barco, si bien su efecto solamente es estadísticamente significativo en el caso de la función de producción agregada. De acuerdo con los resultados de la Tabla 3, la ecuación (14) estaría penalizando la eficiencia de las pequeñas embarcaciones a favor de las grandes.

La eficiencia técnica corregida de cada barco así como su posición relativa se presenta en la Tabla 4 para los tres modelos estimados en este trabajo. Como se puede apreciar, las posiciones relativas no difieren sustancialmente de un modelo a otro. En los niveles de eficiencia estimados para cada barco, se observa que los siete primeros, que utilizan el arte del palangre, son en general más eficientes que las cuatro últimas embarcaciones que utilizan volantas.

La eficiencia media estimada, sin embargo, varía notablemente entre modelos. En concreto, haciendo uso de una función de producción multiproducto ésta se sitúa en torno al 34%, se eleva al 54% utilizando una función de producción agregada y llega a situarse por encima del 65% con la función de distancia. Estos resultados muestran que la utilización de índices de eficiencia *parciales* (es decir, que no tienen en cuenta las capturas de otras especies) llevan a subestimar el nivel de eficiencia de los sectores en los que se producen conjuntamente varios outputs -como

es el de la pesca.¹⁴ En otras palabras, el nivel de eficiencia del sector pesquero sería superior si se utiliza una medida de eficiencia *global*, más adecuada, que contemple todas las especies capturadas por las embarcaciones. Como ya se ha dicho, los índices de eficiencia obtenidos a partir de la estimación de una función de distancia son más útiles ya que las embarcaciones capturan otras especies al mismo tiempo que merluza, de tal forma que un índice radial tiene más sentido práctico.

7. Conclusiones

Este trabajo aborda el problema de la modelización de la actividad de la pesquería utilizando un enfoque primal de múltiples especies. Como se argumenta en la Sección 2, la alternativa preferida consiste en la estimación de una función de distancia orientada al output que no impone restricciones sobre la tecnología (como separabilidad y producción no conjunta) y la interpretación de los índices de eficiencia no depende de la especie seleccionada como variable dependiente.

En la aplicación empírica se utiliza un panel de datos con las capturas diarias de once embarcaciones asturianas. Utilizando el estimador intragrupos se han estimado tres modelos alternativos: una función de producción agregada, una función de producción multiproducto y una función de distancia. Los resultados muestran cómo los dos últimos modelos, que distinguen entre varias especies, se adaptan mejor a los datos y representan más fielmente la tecnología subyacente en la actividad del sector pesquero asturiano. Por otra parte, la aplicación empírica pone de manifiesto que los índices de eficiencia *parciales* llevan a subestimar el nivel de eficiencia *global* de los sectores en los que se producen conjuntamente varios outputs -como es el de la pesca.

Referencias

- Álvarez, A. (2001). «Some Issues on the Estimation of Technical Efficiency in Fisheries». *Efficiency Series Paper 2/2001*. Departamento de Economía. Universidad de Oviedo.
- Álvarez, A. y González, E. (1999). «Using Cross-Section Data to Adjust Technical Efficiency Indexes Estimated with Panel Data». *American Journal of Agricultural Economics*, **81**: 894-901.

¹⁴ A la misma conclusión se llegaría si se estima una función de producción multiproducto en la que y_2 aparece como variable dependiente.

- Baumol, W., Panzar, J. y Willig, R. (1982). *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. Harcourt Brace Jovanovich. San Diego.
- Beattie, B.R. y Taylor, C.R. (1993). *The Economics of Production*. Krieger Publishing Company.
- Brown, R.S., Caves, D.W. y Christensen, L. R. (1979). «Modeling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms». *Southern Economic Journal*, **46**: 256-273.
- Caves, D.W., Christensen, L.R. y Diewert, W.E. (1982). «Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers». *Economic Journal*, **92**: 73-86.
- Coglan, L., Pascoe, S. y Mardle, S. (1998). «DEA Versus Econometric Analysis of Efficiency in Fisheries». Trabajo presentado en IIFET X. Oregon State University.
- Färe, R., y Primont, D. (1995). *Multi-output Production and Duality: Theory and applications*. Boston Kluwer Academic Publishers.
- Farrell, M.J. (1957). «The Measurement of Productive Efficiency». *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*(3): 253-90.
- Gallastegui, C. (1981). «An Economic Analysis of Sardine Fishing in the Gulf of Valencia (Spain)». *Journal of Environmental Economics and Management*, **10**: 138-150.
- García del Hoyo, J.J. (1997). «Análisis económico de la pesca de cerco en la región suratlántica española». *Papeles de Economía Española*, **71**: 231-251.
- Just, R., Zilberman, D. y Hochman, E. (1983). «Estimation of Multicrop Production Functions». *American Journal of Agricultural Economics*, **65**: 770-780
- Klein, L.R. (1953). *A Textbook of Econometrics*. Row Peterson. New-York.
- Mundlak, Y. (1963). «Specification and Estimation of Multiproduct Production Functions». *Journal of Farm Economics*, **45**: 433-443.
- Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1984). «Production Frontiers and Panel Data». *Journal of Business and Economic Statistics*, **2**: 367-374.
- Shephard, R.W. (1953). *Cost and production functions*. Princeton University Press. Princeton.
- Suris Regueiro, J.C. (1992). «Análisis económico de una pesquería». *Revista de Estudios Agro-Sociales*, **160**: 153-185.

Tabla 1. Características de las embarcaciones y de las capturas diarias

	Unidad	Media	Coef. de Variación	Min	Max
<i>Embarcaciones</i>					
Toneladas de registro bruto	Tm	21,3	0,34	16	32
Longitud del barco	Metros	13,8	0,07	12,5	15,1
Potencia	CV	169	0,14	128	200
Antigüedad	Años	16	0,37	14	26
<i>Capturas</i>					
Merluza	Kg	43	1,41	0	577
Otras especies	Kg	49	1,76	0	1247
Total capturas	Kg	92	1,12	0,2	1247

Tabla 2. Estimación econométrica de los tres modelos

	Función de producción agregada		Función de producción multiproducto		Función de distancia	
	Var. Dep. = lnV		Var. Dep.= ln y_1		Var. Dep.= ln y_1	
Variables explicativas	Coeficiente estimado	Estadístico t	Coeficiente estimado	Estadístico t	Coeficiente estimado	Estadístico t
Q1	0,059	0,64	-0,579	-1,60	0,628	6,25
Q2	0,945	12,80	3,100	12,68	0,518	7,96
Dmar	0,328	3,48	0,263	2,10	0,260	3,74
DL	0,516	6,66	0,449	4,30	0,455	7,99
Ln(y_2)	-	-	0,286	2,86	-0,620	-31,21
$\frac{1}{2} \cdot (\ln y_2)^2$	-	-	-0,130	-4,34	0,008	1,40
Ln(y_2)·Q1	-	-	0,174	1,77	-0,113	-5,16
Ln(y_2)·Q2	-	-	-0,414	-5,36	-0,056	-3,14
R ²	64%		76%		92%	

Tabla 3. Estimación del modelo (15) para corregir los efectos individuales

Variables explicativas	Función de producción agregada		Función de producción multiproducto		Función de distancia	
	Coefficiente estimado	Estadístico t	Coefficiente estimado	Estadístico t	Coefficiente estimado	Estadístico t
Constante	-4.100**	-3.71	-5.265**	-4.70	-2.001**	-2.50
lnTRB	0.827*	1.94	0.401	0.93	0.355	1.15
Darte	2.431**	5.64	4.867**	11.13	1.763**	5.63
R ²	11,9%		4,4%		13.7%	

** (*) Significativamente distinto de cero al 5 (10) por ciento de confianza.

Tabla 4. Índices de Eficiencia Técnica Corregidos

	Función de producción agregada		Función de producción multiproducto		Función de distancia	
	Índice (%)	Ranking	Índice (%)	Ranking	Índice (%)	Ranking
Barco 1	80,5	3	28,2	7	95,1	3
Barco 2	100,0	1	100,0	1	99,3	2
Barco 3	88,4	2	36,7	5	100,0	1
Barco 4	26,4	9	19,6	8	37,9	11
Barco 5	43,1	7	39,8	2	50,7	7
Barco 6	30,2	8	14,7	11	43,3	8
Barco 7	22,7	11	16,4	10	39,6	9
Barco 8	68,1	4	38,7	3	78,3	4
Barco 9	61,9	5	38,3	4	75,0	5
Barco 10	48,3	6	28,5	6	60,3	6
Barco 11	25,2	10	17,9	9	38,9	10
Media 1-7	55,9		36,5		66,5	
Media 8-11	50,9		30,8		63,1	
Media	54,1		34,4		65,3	

Figura 1.
La función de distancia orientada al output

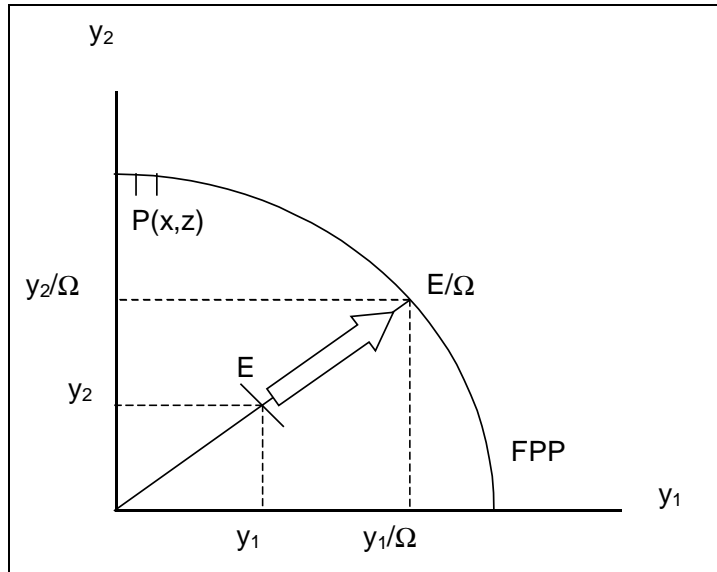


Figura 2.
Desplazamientos de la frontera de posibilidades de producción

