

LA MEDIDA DE LA PRODUCTIVIDAD AGRARIA

Por
JOAQUIN ALBERTO MILLAN GOMEZ (*)

I. INTRODUCCION

ES innecesario señalar el enorme interés de la medida de la productividad en cualquier sector económico, y, en particular, en la agricultura. Para ello es preciso definir claramente el concepto de productividad y los criterios que se han de seguir en su medición. De esta forma se puede considerar la intensidad de las fuerzas que actúan sobre el sector agrario, lo que permite valorar la evolución temporal de la actividad agraria y establecer comparaciones de actividad económica entre diversas regiones o con otros sectores productivos.

La medida de la productividad ha de estar debidamente apoyada en la teoría económica de la producción. Por ello, el empleo usual de índices simples, generalmente de la productividad del trabajo, es una medida inadecuada de la actividad productiva realizada. Una medida adecuada de la productividad debe contener todos los factores y productos involucrados. Aunque persisten diferencias metodológicas, existe un amplio consenso respecto a la idoneidad del marco elaborado a partir del trabajo seminal de Solow (1957) sobre la medida de la productividad multifactorial. En

(*) Profesor titular de Estructura y Economía Agraria. ETSIA. U. Politécnica de Madrid.
Doctor Ingeniero Agrónomo.

— Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 142 (octubre-diciembre 1987).

este modelo, la tasa de crecimiento real del *output* se explica en base a dos componentes: uno, basado en las tasas de crecimiento de los diversos factores de producción, y un componente residual, que se identifica con cambios de productividad. El efecto del crecimiento del uso de los factores se asocia a movimientos a lo largo de la función de producción agregada, y la variación de productividad global con desplazamientos de la función de producción agregada. En este marco convencional se asume que todos los factores de producción se pueden ajustar libremente a cambios en los precios de los factores. Varios autores, fundamentalmente Berndt y Fuss, han analizado los problemas de considerar cuasifijos algunos factores de producción en la medida de la productividad global. Esto supone una ruptura con el marco convencional.

La organización del artículo es la siguiente: primeramente se expone el marco convencional basado en índices de productividad, ocupando la sección segunda. En la sección tercera se exponen brevemente las aportaciones en Berndt y Fuss. En la sección cuarta se discute la medida del *output* por la producción total o por el valor añadido. En la sección quinta se esboza la aplicación de la teoría a la agricultura española. Finalmente se presentan las principales conclusiones.

II. INDICES DE PRODUCTIVIDAD GLOBAL

La aproximación más habitual a la medida de la productividad total de los factores se basa en números índices de *output* total e *input* total. Otra aproximación frecuente es la estimación econométrica de funciones de producción incorporando unos parámetros de cambio técnico Hicks neutral, que se asocian a los cambios de productividad (1). La relación entre ambos procedimientos ha quedado aclarada en las últimas décadas. Aunque el uso de números índices es habitual en economía aplicada desde comienzos de siglo ha sido patente la falta de criterio respecto a la

(1) Véanse, por ejemplo, May y Denny (1979); Capalbo *et al.* (1985). Una revisión sucinta de los diversos métodos de medida de la productividad global o productividad total de los factores es Diewert (1980).

idoneidad de los diversos índices con relación a los problemas a estudiar. Un desarrollo clave en la teoría de los números índices [Theil (1965), Samuelson y Swamy (1974), Diewert (1976)] ha sido la demostración de que numerosas fórmulas de números índices se pueden derivar explícitamente de determinadas funciones agregadas. De esta forma, algunos números índices pueden representar de forma exacta las variaciones en una determinada función de producción. Más aún, en lugar de tantear entre diversos números índices se puede especificar una función de producción agregada con propiedades adecuadas, y derivar el procedimiento correspondiente de números índices.

Al definir la productividad total de los factores (PTF) como índice medido por el ratio del índice de cantidades de outputs al índice de cantidades de inputs, está claro, por lo visto anteriormente, que la elección de un determinado procedimiento de cálculo del PTF es equivalente a suponer determinada forma de la función de producción. Se puede ilustrar con un índice muy frecuentemente utilizado: el de Laspeyres (2).

Un índice de cantidades Laspeyres se puede escribir:

$$X_1/X_0 = \sum P_{i0} \cdot X_{i1} / \sum P_{i0} \cdot X_{i0} = \sum W_{i0} \cdot (X_{i1}/X_{i0})$$

en donde $W_{i0} = P_{i0} \cdot X_{i0} / \sum P_{j0} \cdot X_{j0}$, haciendo referencia el subíndice 1 al año de comparación, y el subíndice 0 al año base; X son cantidades, P son precios. El índice de Laspeyres presenta como ventajas el ser fácil de calcular y de interpretar: al mantener los precios al nivel del año base, el índice efectúa unas ponderaciones según la participación relativa de cada componente en el valor total del año base, de forma tal que el cambio en *input (output)* total se debe exclusivamente a cambios en las cantidades utilizadas en el año base y en el año actual.

La interpretación del índice de Laspeyres presenta, como contrapartida, una seria limitación teórica. Sabido es que en el equilibrio de minimización de coste, los factores se utilizan en cantidades tales que las productividades marginales son proporcionales a los precios de los factores. Al estar fijados los pesos en el

(2) El índice de Laspeyres se utiliza como método «directo» por el Ministerio de Agricultura para calcular cantidades a precios constantes (M.A.P.A., 1975, pág. 19).

índice de Laspeyres en los precios del año base, si han variado con el tiempo los precios relativos de los factores y, por consiguiente, las cantidades minimizadoras de coste, el índice de Laspeyres *no mide*, en general, las variaciones en productividad. Es importante entender que si se utiliza un índice de cantidades de Laspeyres se están asumiendo productividades marginales constantes y, por ello, funciones de producción lineales. Hay que señalar que no conocemos en la literatura económica referencias en las que se reconozca que las funciones de producción agregada lineales sean una representación adecuada de la realidad, ni aplicaciones empíricas que hagan uso explícito de esta forma de función de producción (3).

Diewert (1976) define los conceptos de números índices *exactos* y *superlativos*. Un índice de cantidades es exacto para una determinada forma funcional F , si los ratios de productos (los valores que toma la función F para determinados valores de inputs) entre dos periodos son idénticamente iguales al número índice de cantidades de inputs. Así se formaliza la relación existente entre determinadas fórmulas de números índices y ciertas formas de funciones de producción. Entre el conjunto de números índices exactos, las fórmulas de los números índices superlativos son exactas para determinadas formas funcionales F , que son capaces de proporcionar una aproximación de segundo orden a una función homogénea lineal arbitraria. Los índices superlativos están relacionados con el concepto previamente introducido por Diewert (1971) de «forma funcional flexible», aquella que puede proporcionar un desarrollo en serie de segundo orden a una función de producción dos veces diferenciable. Una definición conceptual de «forma funcional flexible» que expresa Lau (1986) es el de una forma funcional que puede representar en un punto determinado a cualquier función de producción arbitraria, pero teóricamente admisible. Se trata en definitiva de permitir cualquier tipo de función de producción sin imponer restricciones a priori sobre sus propiedades económicas, como economías de escala, elasticidades de sustitución, o elasticidades al propio precio de demanda derivada [Hanoeh (1975), Fuss et al. (1978)].

(3) Un desarrollo más amplio se puede ver en Christensen (1975).

Siendo la verdadera función de producción desconocida:

$$Q = F(X_1, \dots, X_n),$$

una forma flexible realiza la aproximación (4):

$$f(Q) = a_0 + \sum_i a_i \cdot h(X_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j b_{ij} \cdot h(X_i) \cdot h(X_j) \quad (+)$$

Así, por ejemplo, un índice geométrico de factores de producción en el que el exponente de cada factor sea su participación en el coste total es un índice exacto para una función de producción Cobb Douglas con rendimientos de escala constantes. Sin embargo, dicho índice no es superlativo, ya que la función Cobb Douglas sólo puede proporcionar un desarrollo de primer orden (5). Ejemplos de índices superlativos son el índice ideal de Fischer, media geométrica de los índices de Paasche y Laspeyres, del que Diewert (1976) muestra que es exacto para una función de producción cuadrática, o el índice de Tornquist-Divisia, o índice translog, que se comenta más adelante, y que es un número índice exacto para una función de producción trascendental logarítmica propuesta por Christensen et al. (1971, 1973).

El índice de Tornquist-Divisia es:

$$\log(X_1/X_0) = \sum(W_{i1} + W_{i0})/2 \cdot \log(X_{i1}/X_{i0})$$

en donde W_i son las participaciones relativas de cada componente del índice en el valor total agregado ($W_i = P_i \cdot X_i / \sum P_j \cdot X_j$). Como todos los índices superlativos, el índice translog introduce ponderaciones de año base (subíndice 0) y de año actual (subíndice 1), recogiendo así las variaciones en los niveles de precios relativos.

(4) En realidad, el concepto de forma funcional flexible es más amplio. La fórmula corresponde a aquellas formas flexibles que admiten un desarrollo en serie de Taylor de segundo orden, como la translog o la cuadrática, que se comentan más adelante. Las formas flexibles en serie de Taylor presentan la propiedad de minimalidad [Hanooh (1975), Fust et al (1978)] al representar, con simetría ($b_{ij} = b_{ji}$), en (+) exactamente el número de propiedades que se estudian en la estática comparada de la producción.

(5) Si en (+) $f(Q) = \log(Q)$; $h(X_i) = \log(X_i)$; $b_{ij} = 0$ (es un desarrollo de primer orden), se tiene la función Cobb-Douglas.

Si se hace $f(Q) = Q$; $h(X_i) = X_i$; $b_{ij} = 0$, se tiene la función lineal, por lo que el índice de Laspeyres es exacto, pero al ser de primer orden, no superlativo.

Si $f(Q) = Q$; $h(X_i) = X_i^2$, se tiene la función cuadrática.

Si $f(Q) = \log(Q)$; $h(X_i) = \log(X_i)$, se tiene la función de producción translog.

La amplia utilización del índice translog entre el conjunto de índices superlativos se debe a varias razones. Una de ellas es la de ser una aproximación discreta al índice de Divisia (6). Otra razón es la frecuente medida de los cambios de productividad en sus tasas de crecimiento, en los que la forma logarítmica del índice es útil.

Suponiendo: M outputs. Q_j , con precios R_j , y N inputs. X_i , con precios P_i , la tasa de crecimiento de outputs e inputs viene dada por:

$$\dot{Q} = \sum S_j \dot{Q}_j, \text{ donde } S_j = Q_j \cdot R_j / \sum Q_k \cdot R_k; K = 1 \dots M$$

$$\dot{F} = \sum S_i \dot{X}_i, \text{ donde } S_i = X_i \cdot P_i / \sum X_l \cdot P_l; l = 1 \dots N$$

La tasa de crecimiento de la productividad total de los factores se define por:

$$PTF = \dot{Q} - \dot{F}$$

Se puede comprobar la facilidad con que el índice translog aproxima $\dot{Q}$ y $\dot{F}$, midiéndose la tasa de crecimiento de PTF por simple diferencia entre ambos índices. Obsérvese que la exposición se ha ampliado fácilmente al caso de producción conjunta.

Nótese que no es necesario estimar los parámetros de la función de producción ni asumir rendimientos de escala constantes. La única hipótesis subyacente es comportamiento maximizador de beneficio con todos los factores de producción variables. El enfoque se puede ampliar a comparaciones multilaterales [Denny et al. (1981, 1983); Caves et al. (1982 a,b)].

No se va a tratar aquí el enfoque econométrico. Si las funciones de producción son homotéticas y el cambio técnico es Hicks neutral ambos procedimientos son equivalentes [May y Denny (1979)] (7). En el caso de que haya grandes diferencias entre las

(6) Véase Hulten (1973) sobre números índices de Divisia. Hay un gran acuerdo académico en las bondades teóricas del índice de Divisia, que es un índice definido como integral en tiempo continuo. Los problemas son de orden práctico, al obtener una versión discreta del índice, siendo la de Tornquist, con mucho, la más usual, pero sólo una de las muchas posibles.

(7) Una función es homotética [Shephard (1953)] si se puede escribir como una transformación monótona de una función homogénea lineal. La senda de expansión del productor es una recta que pasa por el origen.

La neutralidad Hicks del cambio técnico (los factores son separables de la variable del cambio técnico) es requerida para que el índice de productividad sea invariante (Hulten, 1973). Recuérdese que el índice de Divisia es continuo en el tiempo, y puede variar con las distintas trayectorias del cambio técnico.

estructuras tecnológicas a comparar, un enfoque econométrico que explícitamente recoja los diferentes parámetros que caracterizan a las tecnologías a comparar es preferible [Denny y Fuss (1983a)].

III. LA MEDIDA DE LA PRODUCTIVIDAD CON EQUILIBRIO PARCIAL

Berndt y Fuss (1986) muestran que el método tradicional de medida de la PTF es apropiado sólo si el output se produce siempre en el punto de equilibrio competitivo a largo plazo; esto es, en el punto de tangencia entre las curvas de coste medio a corto plazo y de coste medio a largo plazo (8).

En este caso, todos los factores cuasi-fijos (fijos en el corto plazo; variables en el largo plazo) son óptimamente utilizados, en el sentido de que el coste unitario de producción es mínimo. Esta utilización óptima a largo plazo es lo que Berndt y Fuss denominan utilización económica «plena». En utilización económica plena, los flujos de servicios obtenidos de los factores cuasi-fijos son proporcionales a los stocks de factores cuasi-fijos, y así se pueden introducir en las estimaciones de PTF.

Ahora bien, la medida convencional de PTF es inapropiada si las empresas no se encuentran en equilibrio minimizador de coste a largo plazo. En este caso, la combinación de factores y productos no se encuentra en la curva de costes unitarios a largo plazo. Así, si un equilibrio temporal se produce con infrautilización (también puede ser una sobreutilización) de capacidad, entonces una empresa perfectamente competitiva no se encuentra en equilibrio a largo plazo, ya que está produciendo output en un nivel distinto al punto de tangencia entre las curvas de costes medios a corto y a largo plazo. De hecho, encontrándose todas las empresas en equilibrio parcial se da el caso de no producirse el equilibrio a largo plazo de la industria. Lo más relevante es la desviación de la hipótesis de equilibrio competitivo de la industria. Entonces es preciso considerar el equilibrio temporal, relajando la hipótesis de

(8) La exposición de esta sección no es técnica. Desarrollos formales se pueden encontrar en Berndt y Fuss (1986) y Hulten (1986).

proporcionalidad entre los flujos de servicios de capital y el stock de éste (9). El marco establecido por Solow (1957), que claramente separaba desplazamientos de la función de producción y movimientos a lo largo de la misma, se ha roto. En equilibrio parcial, un desplazamiento en la función de producción puede deberse a cambio de productividad o a error en la medida de los servicios de capital. La corrección debe venir por algún índice de capacidad de utilización.

De entre los diversos índices de capacidad de utilización, el definido por Berndt y Fuss es consistente con la teoría microeconómica, a diferencia de otros más mecánicos. En Berndt y Hesse (1986) se resume la importante tradición microeconómica en que se inscribe dicho índice, así como su fundamento teórico. Berndt y Fuss definen la capacidad de utilización como el ratio entre el output real y el nivel de output en el cual es minimizado el coste medio a corto plazo. Conceptualmente, la capacidad de utilización depende de la cantidad de factores variables aplicados al stock de factores cuasi-fijos medido a través de las variaciones en el output real. Esta forma de definir la capacidad de utilización no plantea problemas que se presentan con medidas ad hoc. Lo muestra el siguiente ejemplo de Hulten (1986).

Pongamos que una fábrica puede funcionar con un turno de ocho horas o con dos turnos de ocho horas al día, pero encierra el equipo productivo las veinticuatro horas. ¿Cuál es su capacidad de utilización: 100%, 50%, 33%, 66%? La medida, microeconómicamente bien fundamentada, de Berndt y Fuss evita este problema.

La introducción de la medida de capacidad de utilización en el cálculo de PTF lleva al siguiente resultado fundamental, que Hulten (1986) denomina teorema de Berndt y Fuss: «El error en la estimación de PTF resultante de la hipótesis errónea de equilibrio competitivo a largo plazo es debido a errores existentes en las ponderaciones utilizadas, y no a los flujos de servicios de capital.» Dicho de otro modo, es la valoración de los servicios de capital lo que introduce errores en los cálculos y no la «cantidad»

(9) Puede haber otros factores cuasi-fijos además de capital; por ejemplo, el trabajo familiar en agricultura. Morrison (1986) considera dos factores cuasi-fijos, en un trabajo complejo, al incluir asimismo expectativas no estáticas, y requerir técnicas econométricas.

de tales servicios. La razón microeconómica [véase prueba formal en Berndt y Fuss (1986) y Hulten (1986)] está en que el valor de mercado de los servicios de capital (ejemplo: alquileres de equipos) no es el precio sombra del capital, si no se da el equilibrio competitivo a largo plazo. Realmente se puede construir una medida de «flujo de servicios» de capital teniendo en cuenta el stock de capital equivalente (que da el mismo resultado que el ajuste de precios), pero esto es un artificio lógico sin base alguna de comportamiento empírico. Por ello, como señala Hulten (1986), es preferible edificar la teoría de la medida de la productividad directamente sobre los stocks de capital.

IV. PRODUCTO BRUTO VS. VALOR AÑADIDO

Los estudios de productividad sectoriales se han realizado tradicionalmente sobre capital y trabajo excluyendo los consumos intermedios; es decir, los investigadores han considerado habitualmente el valor añadido, y no el producto total. Christensen (1975) señala que ello no debe sorprender, ya que los estudios globales de productividad de una economía nacional utilizan el producto interior bruto, que es la suma del valor añadido en todos los sectores de la economía. Sin embargo, no se puede omitir a priori la participación de los consumos intermedios en el análisis de la producción a nivel sectorial.

Existen en la teoría económica dos procedimientos que pueden conducir a la existencia de funciones de valor añadido, y que en el caso que nos ocupa pueden justificar la utilización del valor añadido en lugar del producto bruto. Arrow (1974) muestra que si los consumos intermedios son separables de los factores primarios en la función de producción es posible identificar la función de los consumos primarios (capital y trabajo) como función de valor añadido real. Como demuestran Berndt y Christensen (1973), la separabilidad implica restricciones severas sobre las elasticidades de sustitución. Una segunda aproximación, debida a Diewert (1978), se basa en el teorema de agregación de Hicks (1939) (desarrollado en la teoría del consumidor). Diewert obtiene que el producto bruto real puede ser sustituido por valor añadido real

si los precios de los factores intermedios y los productos varían en estricta proporcionalidad. Como se observa, ambas condiciones para la existencia de valor añadido real son muy exigentes.

Una segunda cuestión, que Christensen (1975) atribuye a Hulten, se refiere a la omisión de la participación de los consumos intermedios en la medida del progreso técnico de utilizarse funciones de valor añadido, incluso existiendo estas últimas.

Por otro lado, ambos problemas son susceptibles de contraste econométrico: Denny y May (1978) rechazan la existencia de funciones de valor añadido en las manufacturas canadienses; Capalbo y Denny (1986) contrastan diversas hipótesis de separabilidad de consumos intermedios y progreso técnico en las agriculturas de Canadá y U.S.A.

De una forma general, en la mayoría de las agriculturas desarrolladas se ha incrementado considerablemente la participación de los consumos intermedios en la producción final agraria, a costa sobre todo del factor trabajo. En tales condiciones, la separabilidad de los consumos intermedios y de los factores primarios, es dudosa, aunque, como se ha dicho, es posible contrastar empíricamente dicha hipótesis.

V. LA PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

Una revisión de trabajos recientes sobre la agricultura española, publicados en esta revista, muestra, en primer lugar, que el término productividad se ha usado atendiendo a conceptos diferentes: Sánchez (1986) valora la actividad agraria en sus sucesivas macromagnitudes (Producción Final Agraria, Valor Añadido, Renta Agraria); Escudero (1986) centra el análisis de la productividad en el empleo concluyendo (p. 415) que «el sector agrario en España ofrece índices de productividad netamente inferiores a la de la mayoría de la Europa Comunitaria...»; San Juan (1986), basándose en trabajo y capital, encuentra una notable tasa de crecimiento de la productividad global de la agricultura española (índice 100 en 1964; 182,94 en 1980). Los dos primeros utilizan principalmente índices de productividad simples (unifac-

toriales) relativos al factor trabajo, en tanto que San Juan utiliza un índice global (10).

Dado que este artículo se centra en la PTF, en esta sección se van a matizar algunos de los resultados presentados por San Juan, con arreglo al marco teórico expuesto en las secciones anteriores. Una aportación básica del estudio empírico de San Juan (1986) es el rellenar una de las lagunas estadísticas más importantes de la agricultura española: la serie del stock de capital. Una observación de esta serie a precios constantes (p. 452) muestra como el fondo de capital de la agricultura española alcanzó un máximo en 1972 para ir decreciendo desde entonces. Esto, asociado a una disminución notable en el trabajo empleado en la agricultura, y al incremento en la producción final agraria (y el valor añadido bruto agrario), conduce a unas estimaciones de incrementos de productividad muy elevados para la agricultura española, sobre todo en la segunda mitad de los años setenta.

Sin embargo, dentro del marco que se desarrolla en este artículo, las estimaciones de San Juan presentan dos sesgos importantes. En primer lugar, San Juan utiliza como medida del *output* el valor añadido. Las reservas conceptuales a esta utilización se han visto en la sección anterior. En particular, el incremento, desde poco más del 20% hasta casi el 45%, que ha experimentado la participación de los gastos fuera del sector agrario desde el principio de los años sesenta a hoy, en la producción final agraria, no debe ser ignorado en el cálculo de la variación de productividad de la agricultura española (11). Por consiguiente, como primera aproximación, parece conveniente corregir la fórmula utilizada por San Juan (o mejor, utilizar índices superlativos: translog o Fischer) de forma que el output venga medido por la producción final agraria, y el índice de inputs recoja los gastos fuera del sector, además de trabajo y capital. La segunda limitación,

(10) Un trabajo de Garrido (1983) utiliza trabajo y capital en un índice global derivado de una función Cobb-Douglas. Los dos sesgos señalados al estudio de San Juan se pueden aplicar al trabajo de Garrido. La serie de capital utilizada por Garrido, obtenida de las Cuentas del Sector Agrario, es cuestionable por ciertas deficiencias y omisiones: infravalora amortizaciones y no considera variaciones en tierra (principal componente del fondo de capital real), entre otras. Ciertamente, también es cuestionable la serie presentada por San Juan. Hay que señalar que las diferencias entre ambas series son impresionantes.

(11) Un estudio econométrico de diversos temas expuestos en el presente artículo (PTF, progreso técnico, separabilidad de factores de producción, tasa de utilización de capital, etc.) está actualmente en realización por el autor.

que persiste en cualquier medida convencional de PTF, es el de los pesos asignados a los distintos factores. El índice de inputs utilizado por San Juan (Laspeyres en cadena, tomando como base el año anterior, en todos los años) está sujeto a los sesgos debidos a la valoración de las remuneraciones de los servicios del capital, dado que parece verosímil pensar en equilibrios parciales (por expectativas climáticas, inestabilidad de mercados, etc.). Una primera aproximación de cierto interés desde un punto de vista cualitativo, si los resultados obtenidos son concordantes en los distintos supuestos, es presentar diversas estimaciones de la valoración de los servicios del capital en la medida convencional de la PTF. Una segunda aproximación, más rigurosa, es la desarrollada e implementada en Berndt y Fuss (1986), distinguiéndose los desplazamientos de la función de producción y las tasas de utilización de capital. Debe señalarse que, a pesar del sesgo señalado debido al equilibrio temporal, un estudio según el enfoque de la PTF tiene cierto interés para comparar los resultados obtenidos en los de otras agriculturas.

VI. CONCLUSIONES

Se ha presentado el modelo de medida de la productividad global, tanto en el procedimiento convencional como en los resultados recientes de equilibrio parcial. En el primer marco, todos los factores se suponen en equilibrio a largo plazo y, por consiguiente, perfectamente ajustables a variaciones en las relaciones de precios. En el segundo marco se introducen las tasas de utilización de capacidad, debidas a la existencia de factores de producción cuasifijos. Asimismo, se han comentado diversos problemas relativos a números índices, y las ventajas teóricas de los índices superlativos.

Asimismo, se ha mostrado que, salvo en casos particulares que se pueden contrastar econométricamente y en los que se obtienen resultados equivalentes, se debe medir el output por la producción final y no por el valor añadido.

Con los resultados anteriores se han esbozado las líneas de

un análisis de la productividad global de la agricultura española y se han señalado las limitaciones de estudios previos de la productividad agraria en España.

BIBLIOGRAFIA

- ARROW, K. J. (1974): «The measurement of real value added», en P. David y M. Reder: *Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz*, Academic Press, New York.
- BERNDT, E. R.; CHRISTENSEN, L. R. (1973): «The internal structure of functional relationships: substitutability, separability and aggregation», *Review of Economic Studies*, 40, págs. 403-410.
- BERNDT, E. R.; FUSS, M. A. (1986): «Productivity measurement with adjustments for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium», *Journal Econometrics*, 33, págs. 7-29.
- BERNDT, E. R.; HESSE, D. M. (1986): «Measuring and assessing capacity utilization in the manufacturing sectors of nine O.E.C.D. countries», *European Economic Review*, 30, págs. 961-989.
- CAPALBO, S. M.; DENNY, M. G. S. (1986): «Testing Long-Run productivity models for the Canadian and U.S. Agricultural Sectors», *American Journal of Agricultural Economics*, 68, págs. 615-625.
- CAPALBO, S. M.; DENNY, M. G. S.; VO, T. (1985): «Comparing Agricultural productivity: U.S. and Canada», Paper presentado al X Congreso Internacional de Economistas Agrarios, Torremolinos (Málaga).
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. (1982a): «Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers», *Economic Journal*, 92, págs. 73-86.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. (1982b): «The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity», *Econometrica*, 50, págs. 1.393-1.414.
- CHRISTENSEN, L. R. (1975): «Concepts and measurement of agricultural productivity», *American Journal of Agricultural Economics*, 75, págs. 910-915.
- CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSEN, D. W.; LAU, L. J.: «Conjugate Duality and the transcendental logarithmic production function», *Econometrica*, 39, págs. 255-256.
- CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSEN, D. W.; LAU, L. J. (1973): «Transcendental logarithmic production frontiers», *Review of Economics and Statistics*, 55, págs. 28-45.
- DENNY, M. G. S.; FUSS, M. A. (1983a): «A general approach to intertemporal and interspatial productivity comparisons», *Journal of Econometrics*, 23, págs. 315-330.
-

- DENNY, M. G. S.; FUSS, M. A. (1983b): «The use of discrete variables in superlative index number comparisons», *International Economic Review*, 24, págs. 419-421.
- DENNY, M. G. S.; FUSS, M. A.; MAY, J. D. (1981): «Intertemporal changes in regional productivity in Canadian manufacturing», *Canadian Journal of Economics*, 29, págs. 390-408.
- DENNY, M. G. S.; MAY, J. D. (1978): «Homotheticity and real Value-Added in Canadian manufacturing», en M. A. Fuss y D. L. McFadden (eds.): *Production Economics: a dual approach to theory and applications*, vol. 2, págs. 53-70, North-Holland, Amsterdam.
- DIEWERT, W. E. (1971): «An application of the Shephard duality Theorem: A generalized Leontief production function», *Journal of Political Economy*, 79, págs. 481-507.
- DIEWERT, W. E. (1976): «Exact and superlative index numbers», *Journal of Econometrics*, 4, págs. 115-145.
- DIEWERT, W. E. (1980): «Hicks aggregation theorem and the existence of a real value-added function», en M. Fuss y D. L. McFadden: *Production Economics: A dual approach to theory and applications*, vol. 2, North Holland Amsterdam.
- DIEWERT, W. E. (1980): «Capital and the theory of productivity measurement», *American Economic Review*, 70 (2), págs. 250-267.
- ESCUADERO, G. (1986): «Actividad, ocupación y productividad agraria en España: Un análisis de la población y del empleo», *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 137, págs. 379-417.
- FUSS, M. A.; MCFADDEN, D. L.; MUNDLAK, Y. (1978): «A Survey of functional forms in the economic analysis of production», en M. A. Fuss y D. L. McFadden (eds.): *Production Economics a dual approach to theory and applications*, vol. 1, 219-266, North-Holland, Amsterdam.
- GARRIDO, L. (1983): «Eficiencia y competitividad de la agricultura. La evolución de la agricultura española en el período 1961-1980», *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 123, págs. 69-114.
- HANOCH, G. (1975): «Production and demand models with direct or indirect implicit additivity», *Econometria*, 43, págs. 395-419.
- HICKS, J. R. (1939): *Value and capital*, McMillan, Londres.
- LAU, L. J. (1986): «Functional forms in econometric model building», en Z. Griliches y M. D. Intriligator (eds.): *Handbook of Econometrics*, vol. 3, págs. 1515-1566, North-Holland, Amsterdam.
- MAY, J. D.; DENNY, M. G. S. (1979): «Factor-augmenting technical progress and productivity in U.S. manufacturing», *International Economic Review*, 20, págs. 759-774.
- M.A.P.A. (1975): *Las cuentas del sector agrario*, n.º 1, Madrid.
- MORRISON, C. V. (1986): «Productivity measurement with non-static expectations and varying capacity utilization», *Journal of Econometrics*, 33, págs. 51-74.
- SAMUELSON, O. A.; SWAMY, S. (1974): «Invariant economic index numbers

and canonical duality: Survey and Synthesis», *American Economic Review*, 64, págs. 566-593.

SÁNCHEZ, P. (1986): «Resultados económicos de la actividad agraria», *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 137, págs. 353-378.

SAN JUAN, C. (1986): «El capital real en la agricultura española», *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 137, págs. 447-463.

SHEPHARD, R. W. (1953): *Cost and production functions*, Princeton University Press (reimpreso en 1981, Springer-Verlag, Berlín).

SOLOW, R. M. (1957): «Technical change and the aggregate production function», *Review of Economics and Statistics*, 39, págs. 312-320.

THEIL, H. (1965): «The information approach to demand analysis», *Econometrica*, 33, págs. 67-87.

RESUMEN

A partir del modelo elaborado por Solow sobre la medida de la productividad multifactorial se expone en este trabajo el marco convencional basado en índices de productividad. A continuación se describen las aportaciones de Berndt y Fuss sobre la problemática de considerar cuasi-fijos algunos factores de producción en la medida de la productividad global, discutiéndose la medida del output por la producción total o por el valor añadido. Se hace aplicación de esta teoría a la agricultura española, ofreciéndose finalmente las principales conclusiones.

RESUME

Partant du modèle de calcul de la productivité multifactorielle, établi par Solow, ce travail examine le cadre conventionnel basé sur les taux de productivité. Il y est ensuite décrit les contributions de Berndt et Fuss au problème qui se pose lorsque certains facteurs de production sont considérés quasi fixes dans le calcul de la productivité globale, avec la possibilité de calculer l'output à travers la productivité globale ou la valeur ajoutée. Cette théorie est ensuite appliquée à l'agriculture espagnole et, finalement, des conclusions en sont présentées.

SUMMARY

Based on the Solow's model to measure productivity on a multifactorial basis, the object of this analysis is to show the conventional framework based on rates of productivity. Berndt and Fuss contributions to the problem of considering certain production factors quasi fixed in measuring total productivity are described, and measurement of output by total production or by value added is also discussed. This theory is applied to Spanish agriculture and the main conclusions reached are presented at the end.
