

DISPONIBILIDAD DE RECURSOS Y EFICIENCIA PRODUCTIVA

Por
ANGEL PRIETO GUIJARRO (*)

I. INTRODUCCION

EN general, la eficiencia interna en la organización de los negocios no es cuestionada convencionalmente. La denominada teoría de la firma nunca ha sido, estrictamente hablando, una teoría de la firma, sino una teoría de la estructura del mercado. No se cuestiona si el problema, y el contexto en que se encuentra inmerso, puede ser analizado mediante un conjunto de técnicas para los que el supuesto de maximización es el supuesto fundamental subyacente; ni existe la posibilidad de que las firmas de una misma industria tengan diferentes funciones de producción (se elijan diferentes técnicas bajo ambientes competitivos similares o estructuras de mercado). Toda la teoría convencional supone la asignación eficiente de recursos bajo una base analítica de largo plazo. La cuestión estriba en que esta base no contempla situaciones que expliquen «persistentes» deficiencias en la organización de recursos o el mal ajuste económico.

Tradicionalmente, el concepto de eficiencia se ha circunscrito a las condiciones necesarias en la asignación de factores y productos, de modo que se obtenga la igualdad entre diferentes tasas marginales de transformación-sustitución (eficiencia precio o asig-

(*) Economista.

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

nativa); mientras se ha supuesto que el producto se maximiza para cualquier combinación de *inputs* observables (eficiencia técnica).

No obstante, la eficiencia asignativa sólo es posible si la oferta de factores de producción son escasos. En esta situación se generaliza el supuesto de sustituibilidad; mientras que la existencia de factores limitantes impone al proceso productivo una estructura especial: coeficientes fijos de producción (1).

Tal imposición de coeficientes fijos supone ciertos problemas económicos en cuanto que la sustituibilidad queda restringida y las organizaciones productivas compatibles con el supuesto de maximización no son idénticas, aún bajo el mismo horizonte tecnológico. En concreto, el grado de disponibilidad relativa de recursos explica gran parte de las posibilidades de modificar la situación del agente racional (coherencia entre fines y medios, incluida la política económica y entre sí mismos), condiciona su proceso decisional y lleva a incompatibilizar la total utilización de algún recurso. Puede ser económicamente infactible, además de la ociosidad técnica, utilizar un recurso más completamente en el contexto del sistema global de disponibilidad de los mismos. En efecto, el grado de fijabilidad de factores restringe la respuesta ante cambios en el precio, de modo que un mismo producto pueda obtenerse con varias técnicas, o en realidad con tantas diferentes como explotaciones o procesos.

Después de una breve justificación de la peculiar estructura de costes en agricultura, basada en la identificación activos fijos-corto plazo, se propone un esquema analítico de las decisiones individuales según el grado de disponibilidad relativa de recursos. Por último, se diseñan modelos de programación lineal PL, que permiten medir los reajustes para llegar a una situación óptima.

(1) La definición e ilustración de factores limitantes y sus implicaciones para el equilibrio de la firma puede verse en N. Georgescu-Roegen (1955). Un factor se define limitativo cuando un aumento en su *input* es una condición necesaria y suficiente para un incremento en el *output*. Estas condiciones llevan a que para conseguir un producto sea necesario emplear cierta cantidad fija de factor y la posibilidad de que parte de los *inputs* disponibles pueda permanecer ociosa (exceso de oferta) como consecuencia de la escasez relativa del *input* limitativo.

II. DESEQUILIBRIO DE RECURSOS

II.1. *Adaptación de recursos y corto plazo*

El análisis de la respuesta del agricultor ante cambios en el precio del producto resulta especialmente importante para la política pública, ya que mide la capacidad para ajustarse a los cambios en las condiciones económicas. Puesto que, en general, la evolución de la estructura de la demanda es lenta, es la estructura de *inputs* la que determina la intensidad y amplitud de la respuesta. En este sentido, aunque no suele cuestionarse su signo positivo para la economía en general, en agricultura se debate no tanto la elasticidad de oferta, sino la desconexión entre la política de precios agrarios y sus consecuencias, J. M. Boussard (1985); e incluso se considera la estructura de precios como una manifestación del «sometimiento» de la agricultura al capitalismo dominante, S. Amin, K. Vergopoulos (1974).

Los intentos de explicación de una respuesta diferente a la esperada por la ortodoxia neoclásica se han abordado argumentando distinta racionalidad y motivación. Muchos de estos argumentos tienen su origen en el agrónomo y economista ruso A. V. Chayanov, llegándose a la síntesis de que la respuesta depende de la posición o *status* que la unidad productiva ocupa en el sistema económico donde se encuentra inmersa. Ello deriva, con fines analíticos, en el concepto de articulación de modos de producción y en una taxonomía socioeconómica de unidades de producción que explica la respuesta según su estructura económica, sus móviles de acción y sus relaciones externas con el sistema capitalista (2).

El problema de una explicación basada en la taxonomía es su pérdida de explicación global, pues cada situación y posicionamiento puede subdividirse *ab libitum*; haciendo necesario volver a respuestas microeconómicas. En esta línea, el núcleo central del análisis de A. V. Chayanov (1925), se derivaba del hecho de que el trabajo, básicamente de origen familiar, no era objeto

(2) Este planteamiento obedece a la necesidad de entender las causas de la persistencia de la agricultura familiar, en contraste con la visión mecanicista y uniformadora que tanto la teoría convencional como la marxista mantenían acerca de su desaparición. Surge, sobre todo en Francia, un movimiento que trata de explicarlo bajo nuevas perspectivas del pensamiento marxista. Un resumen puede encontrarse en E. Pérez (1983).

de contrato y en consecuencia el salario, el beneficio y la renta eran indeterminados. Puesto que estas categorías analíticas no podían ser medidas, Chayanov rechaza la maximización del beneficio como la motivación económica de estas unidades; en contraste con las unidades que alquilan trabajo. La no consideración de costes salariales y renta (falta de cálculo consciente de utilidad), permite a la unidad familiar una gran resistencia y autonomía ante condiciones adversas.

Desde la perspectiva de la elección individual, la argumentación de Chayanov se centra en la respuesta de la unidad familiar a las condiciones de adversidad —bien provengan de la naturaleza, de la carencia de alternativas de empleo, del crecimiento demográfico de la familia o del mercado—. Tal respuesta se cifra en intensificar el uso del trabajo —en el límite hasta que aumente el producto— y/o cultivar tierras de menor rendimiento.

En análisis realizado por Chayanov enfatiza un hecho de gran incidencia: la adversidad y la respuesta se relativizaban según un equilibrio básico interno (3) entre consumidores y trabajadores. Pero el equilibrio entre intensidad de trabajo-consumo, puede ser un equilibrio *forzado* (págs. 125-126) ante la escasez relativa de algún factor (tierra) respecto al trabajo (algo dado, pág. 99). En tal situación resultará conveniente que se «viole» (pág. 125) la combinación óptima, a costa de reducir la remuneración por unidad de trabajo, para aumentar el ingreso bruto del grupo familiar. Así, tanto el equilibrio, forzado, como la capacidad de adaptación a la adversidad, pueden conducir a maximizar el ingreso global en vez del ingreso por individuo. Esto se consigue intensificando el uso del suelo y los métodos de trabajo del grupo familiar y aceptando voluntariamente trabajos no agrícolas, con independencia del principio de asignación marginal.

Cuando la unidad económica campesina sale de su aislamiento ante la insuficiencia del ingreso agrícola, inevitablemente se en-

(3) La unidad económica campesina, caracterizada por la utilización de fuerza de trabajo familiar, elevado autoconsumo y escasa acumulación de capital, establece un límite natural para su producción determinado por el balance entre la intensidad del trabajo anual de la familia y el grado de satisfacción de sus necesidades. Para Chayanov siempre es posible establecer este balance, que para todo el conjunto de factores ambientales depende de tres elementos orgánicos: superficie, capital y mano de obra de los miembros de la familia aptos para el trabajo. Estos se combinan en términos de una evaluación subjetiva de los ingresos obtenidos con el trabajo y las fatigas del mismo.

frenta a la noción de coste de oportunidad o «precio de alquiler», aunque el agricultor no haga una asignación consciente a sus recursos propios. El proceso de equilibrio básico interno se rompe, pues, en el último extremo: «Si la familia rural crece sin abandonar el suelo de la explotación todo conduce al paro forzoso encubierto, al subempleo real. Ya no hay autoexplotación del grupo familiar, sino, al contrario, coste excesivo del consumo común relativamente al trabajo ofrecido.» P. Vilar (1978, pág. 362).

Lo significativo no es, por tanto, la permanencia y aislamiento, imposible de mantener, del equilibrio interno entre consumo-intensidad del trabajo, sino el razonamiento microeconómico acerca de la respuesta según la dotación relativa de factores (4).

Desde la perspectiva de la teoría microeconómica convencional, el rango económico de la producción se satisface siempre que el productor no sufra restricciones. Si la explotación no tiene elecciones otras que producir, lo hará con los recursos disponibles (planta), aunque existan situaciones en que su *output* pueda obtenerse de forma más barata. Esta situación es manejada bajo el concepto de «corto plazo». En este período económico no es posible deshacerse de ningún recurso y se producirá siempre que el coste variable quede cubierto por el ingreso.

El supuesto de maximización de beneficios elimina el comportamiento derivado de esta situación; pero la situación de inmovilidad permanece en el mundo real, de modo que reiteradamente en todos los estudios de economías de tamaño, la relación coste/ingreso, sobre todo para las menores dimensiones, es superior a la unidad si se usan las condiciones de equilibrio marginal como norma de eficiencia (5). La consideración de corto plazo permite explicar la autonomía y resistencia de la explotación agraria

(4) A pesar de que el comportamiento basado en el autoconsumo, subempleo y baja productividad, es modificado radicalmente con las características del crecimiento económico (nueva tecnología, investigación pública, costes de capital respecto al trabajo), las opiniones se centran en que esta situación conduce a una nueva agricultura, pero también familiar: que «sufre», se «adapta» y reacciona al crecimiento (A. Camilleri y otros, 1977, págs. 21-7). Ello lleva a la necesidad de definir un marco sociológico para su análisis (V. Pérez-Díaz, 1983), que subordine la homogeneizante identificación con el modelo empresarial.

(5) Este resultado se suele interpretar de dos formas diferentes. De un lado, para justificar la noción de un modo de producción específico, inmerso en el capitalismo y deseado por éste (articulado) como una forma global de extraer excedente por el sector urbano-industrial. Esta menor remuneración es «aceptada» debido a esa especificidad; Cf. Servolin (1972), K. Vergopoulos (1978). En contraste, se argumenta que el precio de mercado sobrestima el coste de oportunidad de los recursos propios y artificialmente reduce la remuneración de los factores; o bien se paga demasiado por la tierra respecto a la disponibilidad de otros recursos existentes; L. G. Tweeten (1979).

familiar y su «equilibrio forzado». El argumento estriba en que el fondo residual (recursos propios más gestor-organizador) a remunerar por el producto, constituye un coste fijo. En tal situación, y donde existen pocas alternativas o sólo ocio involuntario, la respuesta racional ante un cambio adverso puede ser la intensificación del uso del trabajo; pues el único coste en que se incurre es el de deshacerse de actividades no productivas —en extremo ocio involuntario— a las que es muy difícil evaluar monetariamente; mientras que en explotaciones de trabajo alquilado existe la posibilidad de reducir mano de obra.

En gran parte de explotaciones familiares actuales, sin trabajo alternativo, el problema de una respuesta contraria a intensificar el uso del trabajo se cifra en que el fondo residual permanece inalterado. De otro lado, la intensificación en base a más *inputs* adquiridos fuera de la explotación consigue pocas reducciones de costes al ser altamente modificables y controlables por el agricultor ante un cambio en el precio (*inputs* genuinamente neoclásicos) y existen pruebas suficientes por considerarlos independientes a la escala (6). Como matiza J. Millar (1970), esta estructura de costes —alta proporción de costes fijos sobre las variables— constituye la verdadera peculiaridad del comportamiento económico de la agricultura familiar y es posible asimilarla en modelos diseñados tendentes a minimizar o evitar los problemas de costes fijos a través de reorganizaciones productivas. Las reorganizaciones se derivan de la gran adaptabilidad de los factores fijos (planta altamente divisible); que lleva a la constancia de los costes marginales a corto plazo derivada de la evolución de las variables proporcional al volumen de producción.

Lo relevante de esta situación estriba en conferir a la unidad productiva una gran flexibilidad en la adaptación a situaciones derivadas de su posición precio aceptante (a pesar de que el precio del producto es exógeno no es constante). En agricultura, la flexibilidad se consigue a través de la versatilidad de los factores

(6) Los trabajos empíricos a lo largo de la literatura parecen confirmarlo. La variación proporcional de los costes variables lleva a costes marginales a corto plazo constantes. Los ajustes econométricos tienden a mostrar costes marginales constantes y en consecuencia se induce divisibilidad de la planta y proporciones constantes entre factores variables (recetas productivas). No obstante, este resultado puede deberse a la existencia de capacidad subutilizada de la planta. Puede verse una discusión de esta problemática en A. A. Walters (1963) y una revisión para la agricultura de casi 600 trabajos en B. C. French (1977).

fijos respecto al plan de cultivos. A esta flexibilidad se une el trabajo a tiempo parcial motivado, convencionalmente, por la escasa disponibilidad de tierra, para una intensidad dada, respecto al trabajo (7).

II.2. Grado de fijación de recursos

Si bien el principio teórico del corto plazo establece que la firma producirá mientras el ingreso cubra los costes variables, ¿cuánto dura el corto plazo? La respuesta depende de la peculiar estructura de costes derivada del peso de los *inputs* no adquiridos en el mercado. Si éste es grande, tal como ocurre en agricultura en general, y los pequeños productores en particular, la respuesta de oferta queda limitada y las condiciones maximizadoras de beneficios restringidas a la movilidad de los recursos; a la reclasificación que el agricultor hace cuando enfrenta el recurso a actividades alternativas. Siempre que el coste de oportunidad supere al valor de la productividad marginal del activo, el recurso se considera variable. En tal caso, el coste es superior al ingreso y empleos alternativos minimizaran las pérdidas.

Las razones de la posible persistencia del mal ajuste económico, debido a las rigideces de ciertos activos agrarios, son muy complejas. La distinción Marshalliana de coste fijo y variable no sólo depende de la duración del proyecto, sino además del tamaño y naturaleza de la organización productiva a controlar (8). En último extremo, la consideración del corto y largo plazo constitu-

(7) Un análisis empírico, basado en la distinción costes fijos, costes variables y «desembolsos» y costes imputados, para la región Castellano-Leonesa y seis tipologías agrarias con base territorial, ponía de manifiesto que los desembolsos por peseta producida son significativamente mayores en las mayores dimensiones. En consecuencia, el grado de sensibilidad —diferencia entre peseta producida y desembolsos ante la variación de los precios— es muy elevado para estas mayores dimensiones y más para las orientadas a productos ganaderos. Así, la elasticidad de los desembolsos con relación a los ingresos es mayor en las menores dimensiones; A. Prieto y otros (1984).

(8) Existe una fuerte tendencia teórica y empírica de tratar el problema de organización de la producción con independencia del tamaño. Se supone que la expansión del *output* se produce con proporciones constantes, homogeneidad lineal e *input* homogéneos y divisibles. Esto resulta demasiado restrictivo como base operativa para la «organización industrial» y ha sido mantenido porque permite integrar los conceptos de corto y largo plazo en el entramado del equilibrio competitivo; K. E. Boulding (1966, págs. 616-28). Para E. H. Chamberlin (1946, págs. 307-14), la dimensión aumenta el grado de divisibilidad de un factor, ya que su magnitud relativa se reduce y es posible elegir mejor combinación de factores. El cambio en la proporción es algo consustancial al aumento del volumen de actividad, así como las elasticidades de sustitución nunca son constantes. Las variaciones en la escala y mezcla de *inputs* son inseparables.

ye una percepción individual del agricultor que provoca grandes heterogeneidades. No obstante, existe una relación directa entre flexibilidad de la planta y duración del período de planificación de modo que las curvas de coste se hacen más elásticas a mayor período.

Se ha intentado racionalizar las decisiones del agricultor en cuanto a su percepción del corto plazo a través del concepto de activos fijos, G. L. Johnson (1958); formalizándose en la teoría de la firma, C. Edwards (1959). Un recurso se percibirá como fijo mientras su contribución al producto total (valor de su producto marginal, MVP) sea menor que su precio de adquisición o reemplazo y mayor que el valor de segunda mano o enajenación. En otros términos, si el coste en que se incurre al sustituir un activo es mayor que el ingreso derivado en su actividad presente. Es posible en esta situación que el agricultor, ante un cambio adverso, no reduzca la cantidad utilizada del factor si el MVP del activo es mayor que el que posee en el mercado de segunda mano. Este «exceso» de recurso —adquirido con perspectiva de alza en los precios o heredado— provoca una continua «trampa de sobreproducción», G. L. Johnson, C.I. Quance (1972).

L. G. Tweeten (1979), sin cuestionar la validez de los activos fijos —existe divergencia entre precio de adquisición y valor de enajenación, aunque escasa— minimiza su efecto siempre que los factores sean considerados de forma aislada. En primer lugar, porque la divergencia es pequeña si se valoran los costes de transferencia y la preferencia por la forma de vida agraria. En segundo lugar, porque una categorización de factores aislados muestra que, o bien el precio del recurso puede estar desconectado del *output* (el de la tierra fijado por la costumbre, etc.) o que el activo es altamente modificable por el agricultor. Ni los recursos financieros ni el capital circulante incorporados a la producción, plantean problemas de inmovilidad. Su uso puede transferirse rápidamente a otras ocupaciones ante un cambio en el precio del producto y/o de productividad. Además, el desarrollo de la agricultura y los incrementos de productividad se sesgan hacia estos *inputs*; en continuos intentos de reducir la importancia del activo tierra con *inputs* sustitutivos incrementadores de producción.

M. A. Johnson, E. C. Pasour, Jr. (1981), rechazan los acti-

vos fijos como causantes de las bajas remuneraciones y la trampa de sobreproducción: porque este concepto elige los precios de adquisición como referencia para la producción de equilibrio y éstos no son los costes de oportunidad ni los precios relevantes en la toma de decisiones. El coste de oportunidad es un concepto que no puede medirse ni por el precio de adquisición ni el de segunda mano. Cuando se utilizan éstos, provocan evaluaciones *ex post* de las decisiones empresariales; sesgadas al alza o baja respecto a su coste de oportunidad. No existe, por tanto, procedimiento objetivo, excepto la sobrevivencia, de medir la eficiencia de la unidad empresarial, si no se considera la incertidumbre y el coste de información.

No obstante, a pesar de que los problemas de exceso de recursos y escasa movilidad parecen desaparecer en una categorización aislada de factores, permanece la cuestión de la percepción del coste de oportunidad en el contexto de cada particular estructura productiva; es decir, de la dotación de recursos. Johnson y Pasour, Jr. reconocen que los activos fijos son útiles en el análisis del ajuste de recursos en base a su *posicionamiento* en el tiempo y en el espacio, y en explicar las rigideces de la oferta agrícola. Pero ello supone su simetría con el corto plazo y una valoración simultánea del precio de adquisición y enajenación.

En un análisis del cuadro de decisión del agricultor (Casero Vasco), llevado a cabo por M. Etxezarreta (1979), la respuesta del agricultor dependía de los recursos fijados a la explotación: tierra y mano de obra; «que si no puede utilizarlos en otros sectores... seguirá invirtiendo capital adicional aún por debajo de la tasa de beneficio para este último; ya que el beneficio final global que se puede obtener con la *totalidad*... es todavía superior al que puede lograrse con una rentabilidad más alta de los recursos adicionales», pág. 52. Tal situación se deriva de la dificultad de obtener rentabilidades alternativas para la tierra, que le lleva no *aceptar* sino *sufrir* remuneraciones menores; por lo que planeará abandonar bien para sí o para sus hijos la agricultura, ante la imposibilidad de transformar sus recursos rápidamente por una utilización externa a la misma. Este cuadro decisional le lleva a considerar costes de oportunidad internos para sus recursos en base a su relación en el plano de la producción agraria.

De estos razonamientos se deduce la necesidad de hacer referencia el cuadro institucional y al espacio regional concreto para analizar el proceso decisional del agricultor. Las decisiones dependen en gran parte de las condiciones a que está sometido y tales condiciones, desde el punto de vista microeconómico, establecen su respuesta de oferta. Este hecho, matizado en una situación de «corto plazo», permite explicar comportamientos específicos. Por ejemplo, maximizar la producción a través de la utilización de factores en cultivos anuales, en busca de una renta suficiente, o la minimización de los desembolsos (9).

Cada particular estructura de disponibilidad relativa de recursos determina la organización productiva, sus resultados económicos y su respuesta de oferta. La percepción del precio de los recursos depende de la tensión que estos ejerzan en el sistema productivo. Si las oportunidades para reajustar dinámicamente los recursos se encuentran limitadas, de forma que algún factor debe incrementar su uso para aumentar el producto, el principio marginal de producción o la eficiencia asignativa pierde significado. En general, se considera a las mayores dimensiones con mayor poder de reajuste ante los estímulos del mercado; pero esto no necesariamente es así, pues la respuesta depende del posicionamiento de recursos en cuanto a su fijación, y mayores dimensiones pueden tener estructuras más rígidas.

III. ESQUEMA INTERPRETATIVO DE DECISIONES INDIVIDUALES

III.1. *Conjunto de posibilidades técnicas*

El argumento de que cada particular estructura de recursos, matizada en la fijeza de los factores, probablemente juegue un papel muy importante en el por qué y cómo de las decisiones del

(9) Tal comportamiento, razonado desde el corto plazo, hace que el óptimo económico y el máximo técnico coincidan para un factor con precio dado y fijadas las dosis de los otros factores, cuando el precio del producto tiende a infinito. Ello ocurrirá cuando: se plantea una estrategia optimista ante la incertidumbre (maximizar producciones ante expectativas de precios altos); algunos factores son mixtos, de producción-consumo y la necesidad de intensificar el uso de la tierra con alternativas de cultivo de periodicidad inferior a la anual, V. Caballer (1981).

agricultor, lleva a un intento de esquematizarlos a través del «análisis de actividad».

Bajo este enfoque y en contextos de gestión se ha originado un considerable desarrollo en los métodos de modelar la producción para unidades individuales, en contraposición a la aproximación empírica convencional consistente en estimar los parámetros de una forma funcional elegida *ad hoc*.

La aproximación libre de parámetros, *ex post*, representa las oportunidades de actuación disponibles después de haber elegido la técnica y origina relaciones de producción a corto plazo. Aunque se ha considerado que este enfoque puede ser una aceptable hipótesis de trabajo para una gran variedad de actividades, y específicamente para procesos agrarios, su valor ha sido, en general, desestimado por los economistas; a pesar de mostrar una gran flexibilidad ante distintas informaciones tecnológicas, W. Hildembrand (1981) y su excelente comportamiento para analizar las condiciones de regularidad de las fronteras de distintos conjuntos de posibilidades técnicas, S. Grosskopf (1986).

En el ensayo sobre asignación de recursos y sistema de precios, T. C. Koopmans (1957) manifiesta que el enfoque basado en el conjunto de técnicas de producción para describir alternativas de producción, resulta más completo que el de función de producción; si el objetivo es mostrar las opciones con que se ha de enfrentar cada unidad productiva y no presuponer la maximización física del *output* para un conjunto dado de *inputs* (págs. 76-78). Si se supone que existe un conjunto de técnicas de producción o procesos productivos posibles, es necesario restringir y especializar el conjunto de posibilidades técnicas de forma que sin ambigüedad se elijan los más eficientes. Esta forma de proceder reconoce el problema de asignación de recursos *intra* firma y ayuda al análisis de la toma de decisiones «internas».

Si se elige como criterio de eficiencia el hecho de que un proceso o combinación productiva (10) utilice menos de algún factor

(10) Proceso a actividad es «una forma de hacer las cosas». Se define: «Como conjunto de cocientes que se obtienen de las medidas del empleo de los distintos factores y de la producción de varios bienes.» R. Dorfman, P. A. Samuelson, L. M. Solow (1958, pág. 142). La actividad representa el hecho concreto de producir bajo unas relaciones constantes con el producto y los factores utilizados; es sólo una parte del proceso de producción, que se *adicionan* para obtener el proceso global: no existen interacciones entre procesos y existe un número finito de ellos.

y no más de otros, la especialización y restricción del conjunto de posibilidades técnicas se consigue a través de las siguientes características:

- 1.^a Existen límites a las cantidades utilizadas de recursos; lo que confiere al conjunto el carácter de acotado. Esta característica o hipótesis de acotación sugiere la existencia de algún factor fijo de producción que no puede variarse en el contexto definido para su utilización y es apropiada para tratar el concepto económico de corto plazo; T. C. Koopmans (1957).
- 2.^a Los *inputs* y el producto son cardinalmente medibles y tienen una dimensión flujo por unidad de tiempo.
- 3.^a Sobre el conjunto de producción acotado se selecciona el conjunto de puntos que representa su límite (puntos frontera). Este subconjunto está constituido por segmentos consecutivos tal que cada uno de los segmentos pertenecen a rectas que dejan el conjunto de puntos en un semiplano que no contiene el origen de coordenadas. Este supuesto garantiza la *convexidad* y supone que la producción es posible en los segmentos límite a combinaciones lineales de *inputs* observados (no existen picos ni baches o carácter macizo de *inputs*).
- 4.^a Todas las unidades productivas potencialmente pueden acceder a la misma tecnología (subconjunto de actividades básicas frontera), pero algunas no tienen éxito en hacerlo. Con la selección de técnicas (procesos), se pretende obtener la tecnología como sinónimo del conjunto de todos los procesos productivos frontera posibles.

III.2. *Frontera de eficiencia técnica*

Aunque no exista acuerdo sobre la interpretación de las desviaciones de la frontera, ni siquiera de la posibilidad de encontrar las razones de las mismas (11), es conveniente encontrar una me-

(11) Mientras la teoría microeconómica convencional enfoca el problema de la eficiencia asignativa externo a la firma, H. Leibenstein (1966) sugiere que su magnitud es trivial frente a las ineficiencias internas. Aunque

práctica. Esta depende de cómo se defina la frontera. Se puede considerar una frontera que represente la totalidad de posibilidades *ex ante* de sustitución para un empresario al elegir su plan de producción. La frontera sería semejante a la obtenida por los ingenieros a nivel de anteproyecto, con la mejor tecnología disponible en el mercado. Alternativamente, se puede optar por la función de producción basada en la «mejor práctica técnica» de un conjunto de observaciones sacado de la actividad productiva real, tal como establece M. J. Farrel (1957). Esta mejor práctica técnica observada es explícita y surge ante la dificultad de obtener y experimentar funciones de producción de procesos complejos (12). En general, el trabajo de M. J. Farrel ha inspirado la literatura económica sobre la medida de eficiencia productiva basada en funciones frontera.

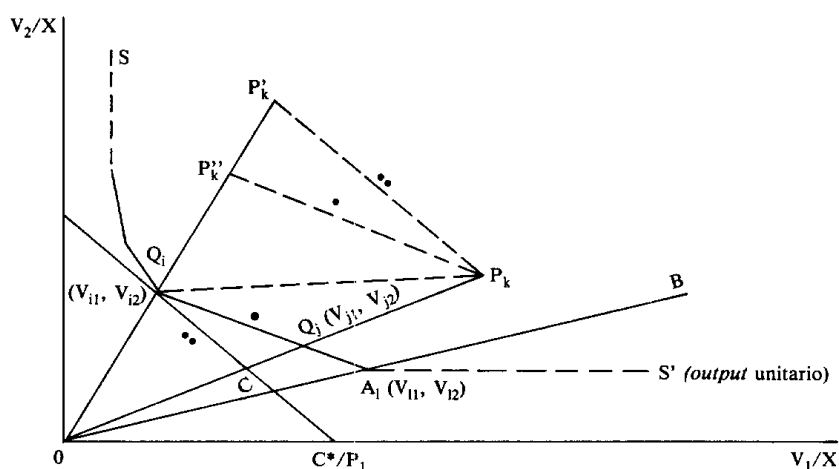
Bajo la idea de que las observaciones se encuentran situadas en el límite del conjunto de producción factible o fuera de él, el conjunto de producción (conjunto de técnicas) definido por las condiciones 1 a 4, puede ser representado por el siguiente diagrama (Fig. 1), para el caso de dos *inputs* V_1 y V_2 , estandarizados por el *output* (coeficiente de fabricación) V_1/X , V_2/X . El proceso P_k es ineficiente respecto al Q_j , al utilizar mayor cantidad de *inputs* para producir una unidad de *output*.

Cada punto en la Figura 1 representa una observación; un proceso productivo que utiliza la misma técnica a distinto nivel (P'_k y P''_k) o distinta técnica (P'_k y P_k) que otro proceso del conjunto denominado «industria». Para medir el grado de eficiencia

todavía sin una clara delimitación y acuerdo sobre su naturaleza, Leibenstein argumenta que una simple reorganización de los procesos de producción, sin necesidad de recurrir a nuevas inversiones, da lugar a significativas reducciones de ineficiencia productiva. La falta de motivación y esfuerzo de los poseedores de recursos, agravada por situaciones de escasa competencia y/o información de mercados, provoca desviaciones significativas de la frontera a las que denomina «Ineficiencia-X». La polémica entre G. J. Stigler (1976) y Leibenstein (1977 y 1978) —la «Ineficiencia-X» sólo es posible tratarla como un error y no como una acción determinista en sí mismo al estar la motivación oculta en las diferentes tecnologías— sigue siendo una cuestión abierta al no existir una medida comúnmente aceptada del *input* motivacional, difícilmente reproducible. A lo largo de la literatura se establece un esquema de interpretación de resultados que va desde regresiones del índice de eficiencia con variables «dummy» hasta el uso de componentes principales; K. H. Shapiro, J. Muller (1977).

(12) Bajo la idea de Farrel subyace la posibilidad de obtener información a muy bajo coste, de forma que se puede proceder al análisis económico casi de forma experimental. El desconocimiento de la eficiencia o ineficiencia de procesos no ensayados, lleva a plantear el análisis en áreas y períodos concretos. Aunque desde el punto de vista estadístico puede ser más satisfactorio suponer que las observaciones se generan de una misma función de producción considerada eficiente, la elección de una forma funcional hace difícil juzgar los sesgos sobre los índices de eficiencia provocados por la elección.

Figura n.º 1



técnica de P_k es necesario determinar la *quebrada límite* del conjunto de producción que cumpla la condición de convexidad (13).

Sobre la Figura 1 puede establecerse un índice de eficiencia técnica (ET) que indica el ahorro de *inputs* para producir un *output* dado si P_k se trasladara a Q_j : $ET = OR_j/PO_k$.

III.3. Eficiencia precio

Además de la eficiencia técnica definida por Farrell —traslado de P_k a Q_j en la misma proporción de factores— puede medirse en qué grado un proceso productivo usa los factores en las mejores proporciones: eficiencia precio (EP). Si se suponen dados los precios de los factores P_1 , P_2 , la línea de coste se establece por la expresión:

$$(1) P_1 \frac{V_1}{X} + P_2 \frac{V_2}{X} = C^* \frac{CT}{X}$$

(13) El desarrollo de Farrell se basa en la alineación de los puntos Q_1 , Q_j , A_1 en combinaciones lineales y de distancia positiva del punto B, perteneciente al semiplano que no contiene el origen de coordenadas, a la recta $Q_1 A_1$. Si existen dos procesos posibles contenidos en el espacio de números reales, es posible un tercer proceso como combinación de los primeros. Esta característica se conoce como aditividad. El punto Q_j puede expresarse como: $av_{j1} + bv_{e1} = v_{j1}$; $av_{j2} + bv_{e2} = v_{j2}$; $a + b = 1$. Estas ecuaciones implican linealidad. Si $a + b > 1$, la recta $Q_1 Q_j$ deja al origen y a B en distinto semiplano. La quebrada límite o frontera se obtiene tomando los segmentos $Q_1 Q_j$, de modo que cualquier punto cumpla $a + b \geq 1$.

que expresa el C^* (coste medio) necesario para producir una unidad de *output*. La ecuación de cualquier línea de precios es:

$$(2) \quad \frac{V_1}{X} = \frac{C^*}{P_1} - \frac{P_2}{P_1} \frac{V_2}{X}$$

e indica una línea de coste unidad (Figura 1), con la misma pendiente que la isocoste tradicional. La Figura 1 contiene todos los elementos determinantes del equilibrio de un productor individual.

Para alcanzar la máxima eficiencia son posibles dos tipos de movimientos:

- 1.º Un comportamiento racional de la explotación representada por el proceso P_k es trasladarse a Q_j con el fin de reducir el coste de producir una unidad de *output*. Una medida de eficiencia técnica de P_k es:

$$(3) \quad ET = \frac{OQ_j}{OP_k}$$

En (3), OQ_j representa la cantidad mínima necesaria de *inputs* para producir una unidad de *output*. ET varía entre 0 y 1. Mide el ahorro de *inputs* para producir una unidad de *output* respecto a una explotación que utiliza la misma proporción de factores, pero situada sobre SS' . M. J. Farrel (1957, pág. 254) denomina a SS' «Isocuanta Unitaria Eficiente».

- 2.º Un segundo movimiento puede, sin ambigüedad, establecerse en la Figura 1. Q_j es un punto donde la relación de precios es igual a la proporción del uso de factores. Tal movimiento Q_j - Q_i supone el ahorro en el coste de producir una unidad de *output* por producir con la proporción adecuada de factores. Una medida de eficiencia se establece por la relación:

$$(4) \quad EP = \frac{OC}{OQ_j}$$

La eficiencia precio EP varía entre 0 y 1. Cada movimiento de Q_j a Q_i supone una reducción del coste de producir una unidad de producto en una fracción OC/OQ_j .

III.4. Eficiencia productiva

La medida de eficiencia relativa al coste de producir una unidad de *output* puede establecerse ahora en base a la conjunción de ambos movimientos. De P_k a Q_j es una adaptación técnica; de Q_j a Q_i adaptación precio (Fig. 1). La combinación de ambos movimientos obtiene una medida de eficiencia productiva general (EG), definida por M. J. Farrel (1957, pág. 255) como equivalente al producto de sus componentes:

$$(5) \text{ EG} = \frac{OC}{OQ_j} \cdot \frac{OQ_j}{OP_k} = \frac{OC}{OP_k}$$

La expresión (5) equivale directamente al coste de producir una unidad de *output* por P_k , respecto al coste mínimo (o coste más bajo posible) que alcanzaría una explotación que se haya adaptado eficientemente (precio y técnica) (14).

III.5. Grado de economías de escala

Los tres índices de eficiencia definidos en (3), (4) y (5), se obtienen en términos discretos bajo el supuesto de que el proceso de producción de cada explotación es constante o reproducible (rendimientos constantes a escala). La consecuencia de la homogeneidad lineal, representada en la Figura 1, se refleja en que toda la información necesaria para establecer los índices de eficiencia técnica se encuentra en una sola SS' (Isocuanta Unitaria Eficiente); pues todas las fronteras de eficiencia obtenidas para cada nivel de *output* coincidirán en una sola en el espacio unidad.

La restricción de que el proceso productivo es reproducible exactamente a escala impide, por tanto, establecer las medidas de eficiencia cuando la escala de operaciones varía. *Bajo la introducción del supuesto de economías de escala*, el impacto de la escala

(14) Ambas adaptaciones o movimientos (a lo largo de la frontera y hacia la frontera) constituyen la base del contraste de la «ineficiencia-X» de Leibenstein. Los trabajos que van apareciendo en la literatura parecen reforzar la relevancia de este tipo de ineficiencia (hacia la frontera). Una revisión de la literatura y sus críticas puede verse en R. Frantz (1985).

en el proceso productivo puede provocar un cambio en la proporción de factores (no neutralidad) y un cambio en las necesidades de *inputs* por unidad de *output*.

Manteniendo el concepto de frontera de eficiencia explícita basada en la mejor práctica técnica, M. J. Farrel, M. Fieldhouse (1962) introducen el volumen de producción como variable endógena respecto a los índices de eficiencia; dando lugar a una frontera para cada *output*. Estas fronteras son comparadas con aquella que representa un menor coste de producir una unidad de *output* a escalas alternativas. Se establece así una frontera de coste (su forma se reconoce *a posteriori*) que tiene también como base la Figura 1, donde Q_i representa un punto de la misma. Es la combinación de factores que obtiene el coste medio mínimo para producir una unidad de *output* y constituye un punto de la curva de costes medios a largo plazo, $C^* LP$ (15).

La curva de C^*, LP , constituye la nueva frontera de eficiencia productiva. Está compuesta por todas aquellas explotaciones que son eficientes ciento por ciento a cada nivel de *output*; es decir, su eficiencia general y, por tanto, técnica y precio es la unidad.

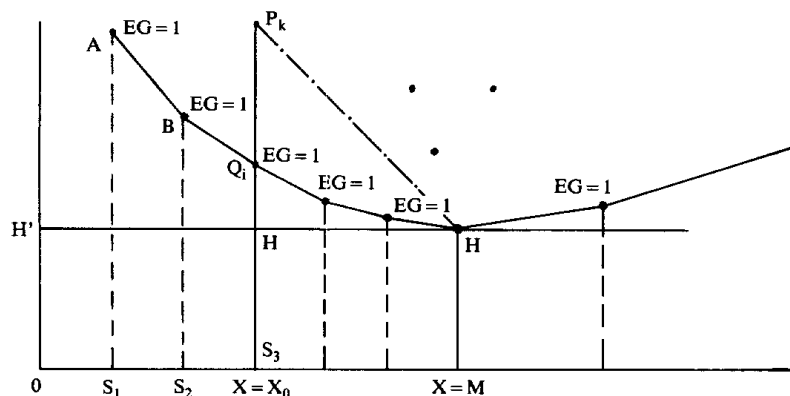
La medida de eficiencia productiva para cada tamaño o escala de operaciones, ya definida en (5), puede ilustrarse a través de la Figura 2. En esta figura se obtiene:

$$(9) \quad EG = \frac{X_o Q_i}{X_o P_k}$$

La relación (9) es equivalente a la (5) y Q_i es el punto de mínimo coste de la Figura 1, donde $EG = 1$, particularizada para un nivel de *output*. Todas las escalas con $EG = 1$ sirven de base para el cálculo de la eficiencia productiva general debida a la escala.

(15) Sin necesidad de hacer referencia a la curva de costes y, por tanto, a los precios R. D. Banker, A. Charnes, W. W. Cooper (1984), a través de programación matemática aplicable directamente a datos observables, establecen modelos que hacen posible determinar si las operaciones se ejecutan en regiones con rendimientos a escala constantes, crecientes o decrecientes y en situaciones de *outputs* e *inputs* múltiples. Para facilitar la exposición, en el punto tercero siguiente se sigue esta aproximación aprovechando las propiedades de la programación lineal.

Figura n.º 2



III.6. Eficiencia productiva debida a la escala

La forma que adopta la curva (economías o diseconomías) puede obtenerse a través de esta medida, que toma como estándar de referencia el coste más bajo para producir una unidad de *output* del conjunto de producción. En el caso representado en la Figura 2 (costes medios decrecientes seguido de costes medios crecientes) se puede definir un índice de eficiencia general debida a la escala (EGS), de cada punto situado sobre la curva de $C^*.LP$, por la relación:

$$(10) \text{ EGS} = \frac{X_0 H}{X_0 Q_i} = \frac{MH}{X_0 Q_i}$$

Este índice de eficiencia general debido a la escala EGS es definido también por W. D. Seitz (1970, pág. 508) como: «La medida de eficiencia general relativa a escalas alternativas.» A partir de (10) se puede obtener la relación:

$$(11) S_1 A \cdot \text{EGS}_1 = S_2 B \cdot \text{EGS}_2 = \dots;$$

para todas las observaciones con $\text{EG} = 1$. Conocidas las abscisas

OS_1, OS_2, \dots ; se pueden calcular las pendientes de los segmentos lineales que determinan la frontera por la simple relación:

$$(12) \frac{\frac{1}{EGS_2} - \frac{1}{EGS_1}}{OS_2 - OS_1} ; \frac{\frac{1}{EGS_3} - \frac{1}{EGS_2}}{OS_3 - OS_2} ; \dots$$

En (12), si la pendiente es negativa, habrá economías con el incremento de escala y diseconomías en caso contrario.

Se puede, además, mostrar que ambos índices de eficiencia, EG definido en (9) y EGS definido en (10), son los componentes de un índice de eficiencia productiva general EEG, por simples relaciones aritméticas de la Figura 2.

$$(13) EGS = \frac{X_o H}{X_o Q_i} = \frac{X_o H}{EG \cdot X_o P_k} ,$$

por la expresión (9).

$$(14) EGS \cdot EG = \frac{X_o H}{X_o P_k} = EEG$$

La expresión (14) es el producto de la eficiencia productiva dada la escala (EG) y la eficiencia productiva debida a la escala EGS.

III.7. Naturaleza de las economías de escala

La descomposición de la eficiencia económica general EEG en EG y EGS permite analizar el grado de los descensos o ascensos en los costes medios conforme aumente la escala de operaciones, pero no la naturaleza de estos movimientos.

Dos situaciones pueden presentarse al determinar la frontera de costes de la Figura 2.

- 1) Que el impacto de la escala en la utilización de *inputs* sea de naturaleza «neutral», es decir, la proporción de los factores se mantiene constante con el aumento de la escala de operaciones.

- 2) Que la incidencia de la escala sesge la utilización de algún factor.

Un cambio neutral puede ilustrarse en la Figura 1. Todos los puntos situados sobre un radio vector desde el origen tienen la misma eficiencia precio, pero distinta eficiencia técnica, tal como ocurre a lo largo de la línea OQ_jP_k ; donde la proporción de factores no cambia al aumentar la eficiencia técnica (traslado de P_k a Q_j). Por el contrario, un traslado de P_k a P_k' mantiene inalterada la eficiencia técnica, pero la eficiencia precio aumenta con el consiguiente cambio en la proporción de factores (una reducción de la relación V_1/V_2). En base a ello, se establece que si la eficiencia precio debida al volumen de producción es baja, la variación en la proporción de los factores para obtener la máxima eficiencia debe ser alta, y en este caso hablaríamos de variación no neutral a lo largo de la escala. Por el contrario, si la eficiencia técnica debida al volumen de producción es baja, la adaptación sería casi neutral.

La eficiencia precio debida a la escala EPS puede interpretarse como la reducción del coste unitario que se podría conseguir si se produjera con la proporción de factores óptima, a distintas escalas de operación. De otro lado, la eficiencia técnica debida a la escala ETS mide el ahorro de *input* respecto a la utilización de factores en la escala óptima.

En la misma medida que la eficiencia productiva, dada la escala, se supone que puede dividirse en dos componentes precio y técnica, la eficiencia productiva debida a la escala definida en (10) ó (13), EGS, puede descomponerse en la eficiencia técnica (ETS) y precio (EPS), para cada tamaño o escala alternativa:

$$(15) \text{ EGS} = \text{EPS} \cdot \text{ETS}$$

Los índices de eficiencia analizados consiguen integrar el análisis de la producción con el análisis de costes, a partir de un conjunto de observaciones que definen las posibilidades de producción. Como muestra H. Uzawa (1964), si el conjunto de producción es cerrado, convexo y la no utilización de un factor tiene coste nulo, la función de costes es cóncava en el precio de los *inputs*. Se puede establecer el siguiente cuadro de relaciones derivadas.

<u>Eficiencia técnica</u>		<u>Eficiencia asignativa</u>	=	<u>Eficiencia productiva</u>	
ET	·	EP	=	EG	Eficiencia independiente de la escala.
$\dot{E}T$	·	$\dot{E}P$	=	$\dot{E}G$	Eficiencia debida a la escala.
$\dot{E}T\dot{G}$	·	$\dot{E}P\dot{G}$	=	$\dot{E}E\dot{G}$	Eficiencia productiva general.

IV. MODELOS LINEALES DE EFICIENCIA PRODUCTIVA

IV.1. Modelo lineal estándar

La formulación de la eficiencia en términos discretos y no continuos permite utilizar el test de eficiencia de Farrell en el contexto del grado de disponibilidad relativa de recursos. La eficiencia de cada observación depende de la dotación de recursos y de la proporción en que son utilizados. Es, por tanto, determinista y no estocástica (16). Dado un nivel de *output*, los niveles de cada *input* se encuentran determinados de manera única; de forma que cada *input* puede ser el factor limitativo del *output* y alguna porción de los restantes *inputs* puede quedar ociosa como consecuencia de la escasez relativa del *input* limitativo. El caso más simple de un solo *output* sirve como esquema estándar.

Para obtener los índices de eficiencia técnica se define el conjunto R , finito, de recurso productivos y una matriz tecnológica V , de coeficientes *input/output*, perteneciente al conjunto de números reales. La matriz V ($m \times n$) se compone de n vectores columna de actividades productivas (explotaciones) y m vectores fi-

(16) Todos los estudios econométricos sobre eficiencia pueden clasificarse en base a cómo la frontera es especificada y estimada. La frontera puede ser determinista no paramétrica, determinista paramétrica, determinista estadística y estocástica con uno o dos términos de error (el primero determinista y el segundo estocástico puro). F. R. Frsund, C. A. K. Lovell, P. S. Schmidt (1980) manifiestan que tal clasificación no se agota al ser posibles combinaciones entre sus elementos. J. Muro (1984) propone una taxonomía de fronteras paramétricas en base a la adecuación con la teoría económica y la especificación del modelo estadístico.

la de recursos. Un elemento de la matriz V , v_{ij} , representa las necesidades de *input* para producir una unidad de *output*:

$$(IV, 1) v_{ij} = V_{ij}/X_j; \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, m; \text{ recursos} \\ j = 1, 2, \dots, n; \text{ actividades.} \end{matrix}$$

Existen n actividades, procesos productivos o formas (lineales) distintas para producir un *output* dado. Cada actividad se describe y define por un vector que representa una forma concreta de producción:

$$(IV, 2) P_j = (V_{1j} \ V_{2j} \dots \ V_{mj})'$$

El problema de programación lineal para obtener la eficiencia técnica de una actividad P_e consiste en:

$$(IV, 3) \text{ maximizar } a_* = \sum_{j=1}^n a_j$$

(IV, 4) con las condiciones:

$$(IV, 4,1) \sum_{j=1}^n a_j \cdot V_{ij} \leq P_e$$

$$(IV, 4,2) a_j \geq 0$$

donde a_* es el óptimo de la función objetivo. P_e , uno de los vectores definidos en (IV, 2); V , la matriz de coeficientes, y a_j son niveles de actividad desconocidos. La eficiencia técnica, definida en el punto III.2 para la actividad P_e , se obtiene por:

$$(IV, 5) ET_e = \frac{1}{a_*}$$

Si $a_* = 1$, P_e se encuentra en la base óptima del problema y el vector P_e constituye una actividad frontera de la «isocuanta unitaria eficiente».

El impacto de la escala S_j sobre la eficiencia puede obtenerse en base a la siguiente formulación para la actividad P_e de escala S_e :

$$(IV, 6) \text{ maximizar } a_{*s} = \sum_{j=1}^n a_j$$

(IV, 7) con las condiciones:

$$(IV, 7,1) \sum_{j=1}^n a_j \cdot V_{ij} \leq P_e$$

$$(IV, 7,2) a_j \geq 0$$

$$(IV, 7,3) \sum_{j=1}^n a_j(S_j - S_e) = 0$$

La condición o restricción (IV, 7,3) supone la introducción de la escala en cada uno de los n problemas de programación lineal. Para P_e , S_e se compara con las escalas de aquellas explotaciones que componen la base óptima del problema de programación lineal.

La eficiencia técnica de P_e , ETS_e , se define como:

$$(IV, 8) ETS_e = \frac{1}{a_{*s}}$$

Si $a_{*s} > 1$, $ETS_e < 1$, e ineficiente.

La restricción (IV, 7,3) implica, si P_e es ineficiente:

$$(IV, 9) S_e = \sum_{j=1}^n S_j a_j \cdot ETS_e;$$

puesto que $ETS_e = \frac{1}{a_{*s}}$ y la ecuación (IV, 9) se convierte en:

$$(IV, 10) S_e = \sum_{j=1}^n S_j a_j / a_{*s}$$

La ecuación (IV, 10) significa que P_e tiene una escala igual a la media ponderada de las escalas de las explotaciones que componen la solución óptima del problema de programación lineal; J. N. Boles (1971).

El caso de productos múltiples presenta dos posibles alternativas. En primer lugar, suponer que se desea maximizar uno de los productos. En esta situación, cada actividad P_j es comparada respecto a aquella o aquellas que maximizan el producto elegido y producen lo mismo de los restantes. El problema de programación se formula de la siguiente forma para la actividad P_e y el producto k de $Z = 1, 2, \dots, K$:

$$(IV, 11) \text{ maximizar } a_{*k} = \sum_{j=1}^n a_j X_{kj}$$

(X_{kj} , *output* seleccionado k de la actividad j).

(IV, 12) con las condiciones:

$$(IV, 12,1) \sum_{j=1}^n a_j X_{zj} \geq X_{ke}, \text{ para } z \neq k$$

$$(IV, 12,2) \sum_{j=1}^n a_j V_{ij} \leq P_e$$

$$(IV, 12,3) a_j \geq 0$$

La interpretación de la ineficiencia técnica ET_{ke} , se cifra en que P_e , produce tanto de los restantes productos como las explotaciones que componen la frontera de eficiencia; pero puede producir menos del producto seleccionado. La eficiencia técnica se define como:

$$(III, 13) ET_{ke} = \frac{X_{ke}}{a_{*k}}$$

Si $ET_{ke} = 1$ produce el máximo de los tres productos. Si $ET_{ke} < 1$, $a_{*k} > X_{ke}$ y lo que ha realmente producido del producto X_{ke} , se obtiene por la diferencia: $a_{*k} - X_{ke}$.

La segunda alternativa se plantea bajo el supuesto de que se desee maximizar conjuntamente el vector z de *output* ($z = 1, 2, \dots, k$). En esta situación el desarrollo de algunos modelos que incorporan *outputs* e *inputs* múltiples puede verse en R. D. Banker, A. Charnes, Y. W. Cooper (1984).

IV.2. Precios sombra y grado de disponibilidad de recursos

La formulación de combinaciones eficientes en términos de programación lineal determina un sistema de precios que conduce a la organización óptima de la producción (problema dual). Estos precios o costes de oportunidad, imputados a la utilización de un *input* de un recurso, miden el grado o «tensión» de su uso y son más elevados cuanto mayor es su utilidad en el proceso o actividad productiva. Miden, por tanto, el ingreso marginal de asignar la última unidad del recurso a la combinación óptima productiva. Un comportamiento racional consiste en no pagar un precio positivo por el uso del factor cuando su contribución adicional es nula.

El problema de hallar un índice de eficiencia en términos de los precios sombra r_i ($i = 1 \dots m$) de los recursos v_{ie} de la actividad o explotación P_e , consiste en:

$$(IV, 15) \text{ minimizar } a_e' = \sum_{i=1}^m r_i \cdot v_{ie}$$

(IV, 16) con las condiciones:

$$(IV, 16,1) \sum_{i=1}^m r_i \cdot v_{ij}' \geq E$$

$$(IV, 16,2) r_i \geq 0$$

donde E es un vector columna de unos que representa los coeficientes de la función objetivo del primal en la ecuación (IV, 3).

La medida de eficiencia técnica se encuentra dada por:

$$(IV, 17) \sum_{i=1}^m v_{ie} \cdot r_{ie} \geq 1$$

y el grado de eficiencia técnica de P_e se define como:

$$(IV, 18) ET_e = \frac{1}{\sum_{i=1}^m v_{ie} \cdot r_{ie}}$$

La equivalencia entre (IV, 18) y (IV, 5) se obtiene directamente del teorema de igualdad entre los valores óptimos de la función del primal (a.) y del dual (a'), según se muestra, por ejemplo, en J. M. Henderson, R. E. Quandt (1971, págs. 406-7).

$$(IV, 19) \quad a. \sum_{j=1}^n a_j = \sum_{i=1}^m v_{ie} \cdot r_{ie} = a'$$

IV.3. Variables de holgura, eficiencia técnica y exceso de recursos

Con la formulación del «dual» como contrapartida del «primal» puede medirse el grado de limitacionalidad de cada factor (dual), su cuantía (primal) y el grado de estabilidad en la jerarquía de recursos según su utilidad ante cambios en las condiciones del problema y, por tanto, de la frontera.

La holgura o redundancia H_{ie} del factor v_{ie} se obtiene por la expresión:

$$(IV, 20) \quad H_{ie} = - \sum_{j=1}^n v_{ij} a_j + v_{ie}; \quad H_{ie} \geq 0; \quad v_{ie} \geq \sum_{j=1}^n v_{ij} a_j$$

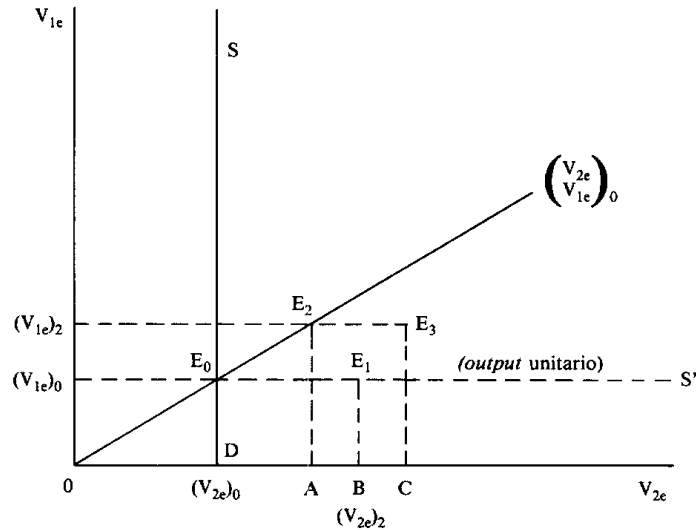
H_{ie} traduce en igualdad estricta las desigualdades del sistema de ecuaciones definido en (IV, 4,1).

Con el fin de mostrar la relación entre holgura de un factor y la eficiencia técnica, supongamos el caso extremo de que sólo existe una forma P_e de producir una unidad de *output* con dos *inputs* (v_{1e} , v_{2e}). No existe, por tanto, posibilidades de sustitución entre actividades. La Figura 3 presenta esta situación.

Puesto que sólo existe un proceso lineal, la proporción v_{2e}/v_{1e} es la única posible para producir una unidad de *output* y así, el proceso OE_0E_2 queda caracterizado sobre la Figura 3, donde podemos considerar las siguientes situaciones:

- a) P_e situado en E_0 . Ello implica que $ET_e = 1 = OE_0/OE$. En esta situación H_{1e} y H_{2e} en (IV, 20) se anulan y los recursos son totalmente consumidos en el óptimo.

Figura n.º 3



- b) P_e situado en E_1 (sobre SE_0S'). Ello implica que $ET_e = 1$, pues se sitúa sobre la frontera de eficiencia, pero se disponen de DB unidades de v_{2e} en exceso. Dado que la única y mejor forma de producir está dada por la proporción v_{2e}/v_{1e} ; E_1 producirá con ella, pero dejará ociosas DB unidades. De otro lado, v_{1e} es limitativo relativo a v_{2e} , pues la única forma de reducir la redundancia de v_{2e} en E_2 es el aumento de v_{1e} .

Si un factor tiene holgura, la eliminación de la misma hasta el nivel determinado por (IV, 20) no afecta la eficiencia técnica. Es decir, la reducción del exceso de disponibilidad no tiene efecto sobre la función objetivo del programa lineal.

- c) P_e en E_2 . En esta situación $ET_e < 1$ ($ET_e = OE_2/OE_0$), pero no existe holgura de ningún factor, pues se está utilizando la proporción adecuada, si bien, ineficientemente (un nivel inadecuado del mismo proceso). Los recursos se encuentran subutilizados. La reducción de factores manteniendo la proporción v_{2e}/v_{1e} , se obtiene multipli-

cando la eficiencia técnica de E_2 (inferior a la unidad) por las cantidades utilizadas de cada *input* en E_2 .

- d) P_e situado en E_3 . Es ésta una extensión de las anteriores. Presenta el caso de la misma eficiencia técnica que E_2 , al suponer E_2 un desplazamiento paralelo a la frontera, rama E_0S_1 . No obstante, E_3 tiene una variable de holgura medida por AC. Para trasladar E_3 a la frontera (en este caso punto E_0) *se debe reducir primero su holgura y después multiplicar por su eficiencia técnica*, como el caso *c*), dado que la eficiencia técnica de E_3 es igual a la de E_2 . Esta operación obtendría el *exceso de factor*.

Lo importante de esta caracterización del exceso consiste en que cada observación ineficiente puede trasladarse a la frontera técnica en base a dos movimientos: primero, por la situación *b*), *reduciendo la holgura* de sus *inputs*, y segundo, por la situación *c*), *reduciendo su subutilización*. Las nuevas necesidades de *inputs* por unidad de *output* que una explotación ineficiente debería tener para hacerse eficiente serían:

$$(IV, 21) v_{*1} = (v_{ie} - H_{ie}) ET_e;$$

donde v_{*1} serían los coeficientes técnicos en la frontera de eficiencia técnica.

IV.4. Precio sombra de la escala

La introducción de la escala en el problema de programación lineal, con el fin de medir la eficiencia técnica relativa a la actividad o actividades de escalas alternativas se realiza con estricta igualdad; tal como muestra la ecuación (IV, 7,3). Dada esta igualdad, el precio sombra imputado por el programa a la escala será positivo, si la escala de P_e se encuentra por defecto (rendimientos crecientes) y negativo por exceso (rendimientos decrecientes). Ninguna holgura es posible en la escala (17).

(17) Un análisis del efecto sobre los índices de eficiencia (ordenados según su magnitud) de diversos supuestos acerca de rendimientos a escala y disponibilidad de recursos puede verse en S. Grosskopf (1986). Hasta esta fecha, en aproximaciones no paramétricas, se han experimentado ocho diferentes fronteras de referencia originadas de combinaciones entre escala y disponibilidad de recursos.

IV.5. *Relaciones factor-factor, factor-producto y producto-producto*

Para obtener las relaciones técnicas de sustitución entre factores se utilizan programas lineales parametrizados; consistentes en dar a los coeficientes de la función objetivo o al nivel de disponibilidad de recursos de las inecuaciones del programa, una forma lineal respecto a un parámetro sometido a variaciones dentro de un determinado rango. La función objetivo consiste en hacer mínimo uno de ellos; sujeto a la restricción paramétrica del otro. Para obtener las coordenadas (v_{1j}, v_{2j}) del conjunto de observaciones eficientes P^* , la formulación del problema lineal puede ser la siguiente:

$$(IV, 22) \text{ mínimo } v_{1j}^* = \sum_{j=1}^{n^*} a_j \cdot v_{ij};$$

$j = (1, 2 \dots n^*, \text{ observaciones eficientes}).$

(IV, 22) con las condiciones:

$$(IV, 22,1) \sum_{j=1}^{n^*} a_j \cdot v_{2j} = b_{2j};$$

donde $b_{2j} \geq \text{mín. } v_{2j}$ y $b_{2j} \leq \text{máx. } v_{2j}$

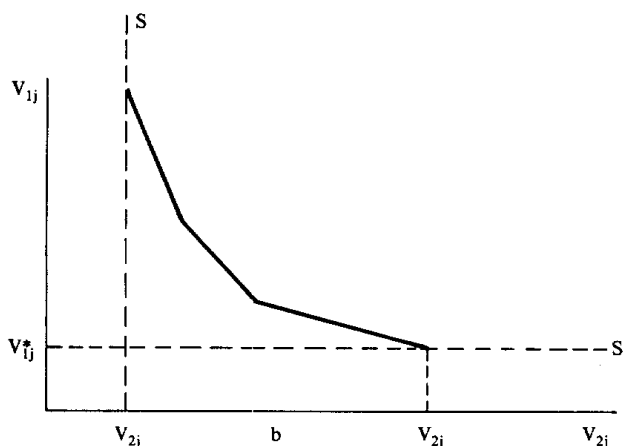
$$(IV, 22,2) a_j \geq 0$$

$$(IV, 22,3) \sum_{j=1}^{n^*} a_j v_{ij} = v_i^0, i = 3, 4 \dots m.$$

$$(IV, 22,4) \sum_{j=1}^{n^*} a_j = 1 \text{ (garantía de convexidad);}$$

donde v_i^0 es un valor establecido para cada recurso, comprendido entre su menor y mayor disponibilidad. La formulación obtiene las coordenadas de la Figura 4.

Figura n.º 4



Diversas isocuantas pueden obtenerse variando los niveles de v_i^0 ($i = 3, 4 \dots m$) en las ecuaciones de condición (IV, 22,3).

El efecto escala sobre la relación técnica de sustitución entre (v_{1j}, v_{2j}) , se consigue introduciendo en el conjunto de condiciones la fila de escala definida en (IV, 7,3), a diversas escalas y valores fijos de v_i^0 .

Cuando se desea obtener la frontera factor-producto, la función objetivo consiste en maximizar dicho producto, sujeto a las restricciones de la fila paramétrica para el factor; y para las demás filas, fijando los niveles de los otros *outputs* y factores. La relación de transformación producto-producto se obtiene maximizando uno de ellos sujeto a la parametrización del otro y fijados los niveles de todos los *inputs* y restantes *outputs*.

IV.6. Eficiencia precio

La eficiencia precio es una medida del coste relativo de producir una unidad de *output*, una vez alcanzada la eficiencia técnica. Su cálculo implica considerar el precio de los productos Q_z ($z = 1 \dots K$) y los factores P_i ($i = 1 \dots m$).

Una vez eliminado el coste atribuible a la ineficiencia técnica, éste es comparado con aquella observación de menor coste para producir una unidad de *output*. La eficiencia precio EP de la observación *j* se obtiene:

$$(IV, 23) EP_j = \frac{\sum_{z=1}^k Q_{zj} X_{zj} / ET_j \sum_{i=1}^m P_{ij} V_{ij}}{\sum_{z=1}^k Q_{zM} X_{zM} / \sum_{i=1}^m P_{iM} V_{iM}}$$

donde M es la observación de menor coste por unidad monetaria de *output* o mayor valor de *output* por unidad monetaria de *inputs*.

La eficiencia precio debida a la escala se definía como el coste atribuible a una inadecuada proporción de factores cuando varía la escala de operación, para un conjunto dado de precios de factores:

$$(IV, 24) EPS_j = \frac{\sum_{z=1}^k Q_{zj} X_{zj} / ETS_j \sum_{i=1}^m P_{ij} V_{ij}}{\sum_{z=1}^k Q_{zM} X_z / \sum_{i=1}^m P_{iM} V_{iM}}$$

Una vez obtenidos los índices de eficiencia aprovechando las propiedades de la programación lineal es útil distinguir a efectos prácticos entre economías de escala y rendimientos a escala. Ello supone diferenciar la combinación de mínimo coste de *inputs* y *outputs*, en base a sus precios (desarrollado en III.5-III.7), del tamaño de escala más productivo para cada particular combinación de *inputs* y *outputs*. La estabilidad del índice de eficiencia precio (EP o EPS) es mucho más fugaz que el de eficiencia técnica (ET o ETS), obtenido de la correspondencia tecnológica entre *inputs* y *outputs*. La eficiencia precio depende no sólo de la pendiente de la frontera (segmento que contiene a Q_j en la Figura 1); también depende de la pendiente de la curva de coste unitario y, por tanto, de los factores, distintos a las tecnológicas, que la determinan.

BIBLIOGRAFIA

- AMIN, S.; VERGOPOULOS, K. (1974): «La question paysanne et le capitalisme», trad. castellana en *Libros de confrontación*, Editorial Fontanella, Barcelona, 1980.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984): «Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis», *Management Science*, vol. 30, págs. 1078-92.
- BOLES, J. N. (1971): *The measurement of productive efficiency: the Farrel approach*, University of California (Berkeley), Giannini Foundation of Agricultural Economics, enero 1971.
- BOULDING, K. E. (1966): *Economic analysis*, trad. en Alianza Editorial, n.º 23 y 24, Madrid, 1972.
- BOUSSARD, J. M. (1985): «La production agricole répond-elle aux prix?», *Economie Rurale*, n.º 167, mai-juin, págs. 20-7.
- CABALLER, V. (1981): «En torno al comportamiento del empresario agrícola en algunas regiones españolas», *Agricultura y Sociedad*, n.º 18, enero-marzo, págs. 215-42.
- CAMILLERI, A., y otros (1977): «La explotación agraria familiar: situación y perspectivas de la agricultura familiar en España», M.A.P.A., S.G.T., Madrid.
- CHAMBERLIN, E. H. (1946): *The theory of monopolistic competition: a reorientation of the value*, 6.ª ed. trad. castellana en F.C.E., México.
- CHAYANOV, A. V. (1925): *La organización de la unidad económica campesina*, trad. castellana en Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, 1974.
- DORFMAN, R.; SAMUELSON, P. A.; SOLOW, L. M. (1958): *Linear-programing and economic analysis*, trad. castellana en Aguilar, Madrid, 1964.
- EDWARDS, CL. (1959): «Resource fixity and farm organization», *Journal of Farm Economics*, vol. 41-4, págs. 747-59.
- ETXEZARRETA, M. (1979): *La evolución del campesinado: la agricultura en el desarrollo capitalista*, M.A.P.A., S.G.T., Madrid.
- FARREL, M. J. (1957): «The measurement of productive efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120 (part. III), págs. 253-89.
- FARREL, M. J., y FIELDHOUSE, M. (1962): «Estimating efficient production functions under increasing returns to scale», *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 125 (part. II), págs. 252-67.
- FRSUND, F. R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. (1980): «A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement», *Journal of Econometrics*, 13, págs. 5-25. *A suplement to the journal of Econometrics*.
- FRANTZ, R. S. (1985): «X-Efficiency theory: A review of the literature, 1966-1983», *Working paper, Center for Public Economics*, San Diego State University.
- FRENCH, B. C. (1977): «The analysis of productive efficiency in agricultural marketing: models, methods and progress», en L. R. Martin, *A Survey of Agri-*
-

- cultural Economics Literature*, vol. 1, págs. 93-206, University of Minnesota Press.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1955): «Limitationality, limitativeness and economics equilibrium», en N. Georgescu-Roegen, *Analytical Economics: Issues and Problems*, págs. 338-56, Harvard University Press.
- GROOSKOPF, S. (1986): «The role of the reference technology in measuring productive efficiency», *The Economic Journal*, vol. 96, págs. 499-513.
- HENDERSON, J. M.; QUANDT, R. E. (1971): *Microeconomic theory: a mathematical approach*, trad. castellana en Ed. Ariel, Barcelona, 1978.
- HILDENBRAND, W. (1981): «Short-Run production functions based on microdata», *Econometría*, vol. 49-5, págs. 1095-125.
- JOHNSON, G. L. (1958): «Supply function: some facts and notions», en E. O. Heady y otros, *Agricultural Adjustment Problems in a Growing Economy*, págs. 24-93, Iowa State College Press.
- JOHNSON, G. L., y QUANCE, C. L. (1972): «The overproduction trap in U.S. Agriculture», Johns Hopkins University Press.
- JOHNSON, M. A.; PASOUR, JR., E. C. (1981): «An opportunity cost view of fixed asset theory and the overproduction trap», *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 63-1, págs. 1-7.
- KOOPMANS, T. C. (1957): *Three essays on the state of economic science*, trad. castellana en Antoni Bosch, Barcelona, 1980 (incluida la Conferencia del Nobel: los conceptos de optimalidad y su utilización).
- LEIBENSTEIN, H. (1966): «Allocative efficiency VS. "X-Efficiency"», *American Economic Review*, vol. 56-2, págs. 392-415.
- (1977): «"X-Efficiency", technical efficiency and incomplete information use: a comment», *Economic Development and Cultural Change*, vol. 25-2, págs. 311-6.
- (1978): «"X-Inefficiency" Xists, reply to an Xorcist», *American Economic Review*, vol. 68-1, págs. 203-11.
- MILLAR, J. (1970): «A reformulation of A. V. Chayanov's theory of the peasant economy», *Economic Development and Cultural Change*, vol. 18-2, págs. 219-29.
- MURO, J. (1984): «Estimación de fronteras de producción: sinopsis y algunos comentarios», *Estadística Española*, n.º 102, págs. 69-88.
- PÉREZ, E. (1983): *Agricultura y capitalismo: análisis de la pequeña producción campesina*, M.A.P.A., S.G.T., Madrid.
- PÉREZ-DÍAZ, V. (1983): «Los nuevos agricultores», *Papeles de Economía Española*, n.º 16, págs. 240-68.
- PRIETO, A., y otros (1984): *Estructura de costes en las explotaciones agrarias de Castilla-León*, X Reunión de Estudios Regionales, León, noviembre 1984.
- SEITZ, W. D. (1970): «The measurement of efficiency relative to a frontier production function», *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 52, págs. 505-11.
- SERVOLIN, CL. (1972): «L'absorption de l'agriculture dans le mode de produc-

- tion capitalista», trad. en M. Etxezarreta, *La Evolución del Campesinado*, págs. 151-86, M.A.P.A., S.G.T., Madrid, 1979.
- SHAPIRO, K. H.; MULLER, J. (1977): «Sources of technical efficiency: the roles of modernization and information», *Economic Development and Cultural Change*, vol. 25-2, págs. 293-310.
- SHEN, T. Y. (1984): «The estimation of X-inefficiency in eighteen countries», *Review of Economics and Statistics*, vol. 66-1, págs. 98-104.
- STIGLER, G. J. (1976): «The Xistence of X-Efficiency», *The American Economic Review*, vol. 66, págs. 213-16.
- TWEETEN, L. G. (1979): «Farm problems: low resource returns», en *Foundations of Farm Policy*, University of Nebraska, Ch. 6.
- UZAWA, H. (1964): «Duality principles in the theory of cost y production», *International Economic Review*, vol. 5-2, págs. 216-20.
- VERGOPOULOS, K. (1978): «Capitalism and peasant productivity», *Journal of Peasant Studies*, vol. 5, págs. 446-65.
- VILAR, P. (1978): «Reflexiones sobre la noción de economía campesina», en G. Anes y otros, *La economía agraria en la historia contemporánea*, pp. 351-86, Ed. Alaguara, Madrid.
- WALTERS, A. A. (1963): «Production and cost functions: an econometric survey», *Econometría*, vol. 31, 1-2, págs. 1-66.

RESUMEN

Las diferencias en organización productiva y respuesta de oferta de dos unidades productivas con un mismo horizonte tecnológico y mercados puede explicarse a través del posicionamiento de sus recursos en cuanto a su estructura de activos fijos. La definición de activo fijo es operacional y se conceptualiza como aquel recurso que no tiene valor de cambio. Esta situación restringe el supuesto de sustituibilidad y lleva a un esquema analítico que permite diferenciar la organización programada óptima de la real, en el corto plazo.

Desde un punto de vista práctico, el hecho de que las restricciones a la producción, debido al posicionamiento de recursos o su grado de disponibilidad, pueda llevar a un agente decisor a percibir el valor de sus recursos a través del coste de oportunidad interno, plantea encuadrar la respuesta productiva en base al «análisis lineal de actividades». Este enfoque tiene como principal ventaja que con supuestos mínimos asegura la existencia de un sistema de precios que permite la toma de decisiones eficiente y descentralizada.

Así, el problema de identificar factores limitantes, su exceso de capacidad y/o subutilización, puede analizarse a través de los precios sombra o implícitos de los recursos. La heterogeneidad de situaciones y estructuras productivas en cuanto a disponibilidad de recursos, provoca diversas valoraciones o «precios de reserva» percibidos por el decisor. Este esquema analítico abordado

a través de modelos lineales (que integran la eficiencia productiva, los precios implícitos y la tensión de los factores) puede servir de base para analizar la respuesta de oferta ante cambios en las condiciones de mercado.

RESUME

Les différences qui se manifestent dans l'organisation de la production et dans la réponse de l'offre de deux unités de production ayant un même horizon technologique et les mêmes marchés peut s'expliquer par l'organisation de leurs ressources en ce qui concerne la structure de l'actif immobilisé. Cette notion, opérationnelle, peut se définir comme la ressource n'ayant pas de valeur d'échange et ne pouvant par conséquent pas être substituée. Il en résulte un schéma analytique permettant de distinguer, à court terme, l'organisation programmée optimale de l'organisation réelle.

Du point de vue pratique, étant donné que les restrictions imposées à la production par l'organisation des ressources ou leur degré de disponibilité induisent l'agent de décision à évaluer les ressources à travers le coût d'opportunité interne, il est aisé d'envisager une production dépendant de «l'analyse linéaire des activités». Cette démarche aurait l'avantage, notamment, d'établir avec un minimum de données, un système de prix qui, au moment de prendre une décision, assurerait une efficacité et une décentralisation accrues.

C'est ainsi que le problème du dépistage des facteurs de limitation, d'excès de capacité et/ou de sous-utilisation, pourrait se résoudre à travers l'étude des prix implicites des ressources. Le caractère hétérogène des situations et des structures productives, du à la disponibilité des ressources, provoque, chez l'agent de décision, des estimations, ou «prix de réserve», diverses. Ce schéma analytique et l'utilisation de modèles linéaires (dont l'efficacité productive, les prix implicites et la tension des facteurs) peut constituer la base d'une analyse de la réponse de l'offre aux variations des conditions du marché.

SUMMARY

Differences in the productive organization and supply response of two productive units characterized by the same technological scheme (techniques employed) and market, could be explained through resource positioning, as far as the structure of fixed assets is concerned.

The definition of fixed assets is operational and is taken as a resource with no opportunity costs. This situation restricts the assumed substitution and leads to an analytical scheme that permits the differentiation of the optimum programmed organization from the real one.

From a practical view-point, owing to the fact that production restrictions arising from resource positioning or the degree of resource availability could

make a decision making agent to perceive the resource value through internal opportunity costs, the production response should be considered on the basis of activity analysis. The principal advantage of this approach is that, with minimum assumptions, it ensures the existence of a price system that permits efficient and decentralized decision-making.

This approach enables one to analyze the problem of identifying limiting factors and their under-or over-utilization, through shadow prices or implicit prices of the resources. The heterogeneity of situations and productive structures as far as resource availability is concerned, provokes diverse evaluations or «reserve prices» perceived by the decision-maker. This analytical scheme obtained through linear models integrating productive efficiency, implicit prices and factor tension, could serve as a basis for analyzing the supply response with changes in market conditions.
