

ANÁLISIS DE LA OFERTA DE PRODUCTOS,
LA DEMANDA DE INSUMOS Y LA TECNOLOGÍA
DEL SECTOR AGROPECUARIO ARGENTINO EMPLEANDO
UNA FUNCIÓN DE BENEFICIOS

JOSE A. DELFINO *

Introducción

Este trabajo tiene el propósito de realizar un análisis económico del comportamiento de la producción agrícola de Argentina en las últimas tres décadas, examinando algunas propiedades cualitativas de la oferta de productos, la demanda de insumos y ciertas características de la tecnología subyacente.

El sector agropecuario no sólo es importante localmente debido a que genera alrededor de una sexta parte del producto bruto interno, sino también por su apreciable participación en el comercio mundial de los principales granos destinados a la alimentación. En los últimos tres años contribuyó con alrededor de una décima parte de las exportaciones totales de trigo, maíz y soja y un quinto de las de girasol y sorgo. Esas ventas al exterior alcanzaron casi veinte millones de toneladas anuales.

La producción agrícola le ha proporcionado en ese período alrededor del 44 % de sus ingresos (los cereales contribuyeron con el 21, los oleaginosos con el 8 y los cultivos industriales con el 15), la ganadería el 43 % y la de hortalizas, legumbres y frutas el 13 % restante. Sin embargo, existe una apreciable especialización, pues los cinco cultivos

* Profesor Titular, Instituto de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba

mencionados antes le aportaron alrededor de una cuarta parte del total, y la producción de carne vacuna y leche más de un tercio.

En las tres últimas décadas la agricultura argentina sufrió cambios importantes, caracterizados por fuertes aumentos en la producción y en los rendimientos y por modificaciones en la estructura de insumos que emplea. En el Cuadro 1, que presenta una síntesis de esas modificaciones, se aprecia que la producción de cereales se duplicó, la de oleaginosos aumentó casi cuatro veces (debido a la introducción de la soja en la década del setenta) y la de cultivos industriales creció poco menos de la mitad. La producción de carne vacuna aumentó, en cambio, algo más del cincuenta por ciento y la de leche alrededor de un tercio.

CUADRO 1

Cambios en la producción, los rendimientos y los insumos empleados

Años	1960	1970	1985 60/70* 70/85*		60/85	
1. PRODUCCION						
millones de toneladas**						
Cereales	14,2	20,1	30,1	3,5	2,7	112,1
Oleaginosos	1,9	2,3	8,6	2,0	9,3	366,1
Cultivos industriales	11,3	11,3	16,3	0,0	2,5	43,8
Carne vacuna - millon. de cab.	8,9	13,0	14,1	3,9	0,5	58,2
Leche de vaca - milln. de ls.	4.149	4.013	5.600	-0,3	2,2	35,0
2. RENDIMIENTOS						
kg/hectáreas**						
Cereales	949	1.116	1.957	1,6	3,8	106,2
Oleaginosos	661	802	1.290	2,0	3,2	95,2
Cultivos industriales	9.684	11.633	12.916	1,9	0,7	33,4
Maíz	1.852	2.234	3.499	1,9	3,0	88,9
Trigo	1.258	1.221	1.919	-0,3	3,1	52,5
Soja	963	1.260	2.052	2,7	3,3	113,1
3. INSUMOS						
Tierra cultivable - millon. has.	27,4	28,1	26,5	0,3	0,4	-3,3
Parque de tractores - miles	104,3	190,7	175,7	6,2	-0,5	68,5
Trabajadores - miles	1.160,6	1.223,2	1.117,5	0,5	-0,6	-3,7
Combustibles - rep/has.	19,5	26,3	52,9	3,0	4,8	171,3
Fertilizantes - kg/ha	0,443	2,241	4,662	17,6	5,0	952,4
Plaguicidas - kg/ha	0,281	0,678	1,359	9,2	4,7	383,6
Vacunas ganado - millon. dosis		209,2***	186,3		-1,2	10,9

*Tasa de crecimiento anual acumulativo. **Promedio de los tres años agrícolas censados en esos periodos. *** Año 1974

El incremento en la producción agrícola estuvo acompañado en todos los casos por mayores rendimientos, medidos en kilogramos de producto por hectárea cosechada. Los cereales y oleaginosos los duplicaron, concentrando el aumento en la segunda parte del período, mientras que el crecimiento en los rendimientos de los cultivos fue menor y tuvo lugar principalmente en la década del sesenta.

Esos cambios estuvieron asociados a una superficie de tierra cultivable relativamente estable, a una fuerza laboral ligeramente decreciente y a un mayor empleo de otros insumos variables relevantes, entre los que se destacan los combustibles y los agroquímicos (que en este trabajo agrupan fertilizantes, plaguicidas y productos veterinarios). En el Cuadro 1 se aprecia también, por ejemplo, que el combustible empleado por unidad de superficie cultivada prácticamente se duplicó, el consumo de fertilizantes aumentó casi diez veces (aunque desde un nivel apreciablemente bajo) y el de plaguicidas se cuadruplicó.

La expansión en la mecanización agraria que tuvo lugar en los años cincuenta, esencialmente sostenida por el incipiente desarrollo de la industria local de maquinarias agrícolas, habría provocado una apreciable disminución en el trabajo rural. Aunque en la década siguiente el Cuadro 1 muestra una ligera recuperación, la tendencia se mantiene en la segunda parte del período examinado, probablemente reforzada por la incorporación de los agroquímicos.

Esa creciente mecanización, que estuvo asociada a un mayor empleo de combustibles, permitió mejorar la preparación del suelo para la siembra, los trabajos de mantenimiento de los cultivos y las tareas de recolección de las cosechas, influyendo positivamente en los rendimientos. Además, el aumento en el consumo de combustibles en una proporción mayor al crecimiento del parque de tractores, por ejemplo, es un claro indicio de la creciente importancia de las tareas culturales.

Es muy probable que el fuerte aumento en la demanda de fertilizantes que se verificó en la década del sesenta obedezca también a la mecanización y la difusión de plaguicidas (pues el resultado de su aplicación depende en gran medida de esos complementos), y a una relación favorable entre su precio y el de la producción agrícola, decisiva por la vinculación que existe entre su empleo y los rendimientos. El crecimiento del segundo período habría sido contenido, en cambio, por el notable aumento en los precios internacionales provocado por la crisis energética en los primeros años de la década del setenta, y por la caída en

las cotizaciones de los principales productos agrícolas en los mercados mundiales después ¹.

El consumo de plaguicidas experimentó también en las últimas tres décadas un crecimiento sostenido, aunque asociado a un cambio en su composición y en el origen de la producción. Su demanda casi se cuadruplicó, aumentando la importancia relativa de los herbicidas debido al desarrollo de productos selectivos destinados a acompañar el mayor potencial genético de nuevas variedades agrícolas, desplazando a los insecticidas y aún más a los fungicidas. Estos cambios en el consumo estuvieron acompañados por una disminución en los precios internacionales hacia fines de la década del setenta y por una declinación en los internos diez años más tarde (debido a menores aranceles y al atraso cambiario que tuvo lugar en ese período), que sin embargo se recuperaron al comienzo de los ochenta, disminuyendo nuevamente después ².

El indicador empleado para medir la evolución de los insumos veterinarios (que representa alrededor de un tercio del gasto en esta categoría), no muestra un comportamiento similar al de los otros agroquímicos tal vez porque depende del estado sanitario de las existencias ganaderas, que en alguna medida es de naturaleza aleatoria. Sin embargo, la participación de los productos veterinarios en el costo de producción, equivalente a la suma de las que corresponden a fertilizantes y plaguicidas en forma conjunta, destaca su importancia.

Los comentarios anteriores indicarían entonces que en el período examinado la agricultura argentina mejoró su performance y trató de adecuar su estructura productiva a los cambios tecnológicos más importantes de los últimos tiempos, aunque sin continuidad debido a la falta de políticas económicas consistentes y por debajo de sus posibilidades potenciales. Este trabajo emplea esa información y estima un modelo de comportamiento que teniendo en cuenta sus determinantes económicos centrales permite calcular indicadores cuantitativos que muestran su respuesta a esos cambios.

- (1) El atraso cambiario que tuvo lugar entre 1978 y 1981 y el programa diseñado por el gobierno en 1984 para promover su empleo, que eliminó los aranceles a la importación, redujo el impuesto al valor agregado que los gravaba y propuso entregarlo a los productores a cambio de trigo a cosechar, fue insuficiente para mantener el ritmo de crecimiento anterior.
- (2) En 1960 la producción local proporcionaba alrededor de dos tercios del consumo de plaguicidas y veinte años más tarde sólo un quinto (Del Bello, 1988).

El modelo utilizado

Para ello estima una función indirecta de beneficios de todo el sector que supone una oferta agregada y la presencia de tres insumos variables y uno fijo, además de una variable de tendencia. Se ha empleado la función de beneficios en lugar de la de costos, pues ésta supone que los niveles de producción no son afectados por cambios en los precios relativos de los recursos productivos y por consiguiente ignora el efecto indirecto sobre sus demandas. Por otra parte, la inclusión de la producción como variable explicativa puede provocar sesgos de ecuaciones simultáneas, si aquélla no es realmente exógena (López, 1984).

La función indirecta de beneficios es ventajosa también porque proporciona la oferta de productos y las demandas de insumos derivándola con respecto a los precios, permitiendo el empleo de formas funcionales flexibles que imponen menos restricciones sobre las características de la tecnología subyacente (la obtención de funciones de oferta y demanda, resolviendo el sistema de ecuaciones obtenidas en el proceso de optimización sólo proporciona resultados útiles para aplicaciones empíricas si se utilizan especificaciones simples, y por consiguiente restrictivas).

El empleo de la función de beneficios implica, sin embargo, adoptar supuestos de comportamiento más fuertes sobre la fisonomía de los mercados de productos y los objetivos de las unidades productivas. Este último aspecto es quizás el más importante, pues es muy probable que en aplicaciones agrícolas sea más fácil aceptar el principio de minimización del costo que el de maximización del beneficio, debido al riesgo que deriva de la variabilidad de los precios y fundamentalmente de los rendimientos, mucho más inestables que los gastos.

En este trabajo se utiliza una función de beneficios restringida que contempla el empleo de insumos fijos además de los variables y que bajo el supuesto de que las unidades productivas son tomadoras de precios y maximizadoras de beneficios suele presentarse así:

$$\pi x(p, w, z) = \{ \text{Max } pq - w'x : F(x, k) \geq 0 \} \quad (1)$$

donde p es el precio del producto, w el vector de precios de los insumos variables, $q = F(x, k)$ la función de producción y x y k los vectores de insumos variables y fijos respectivamente. Dividiéndola por el precio

del producto se obtiene la función de beneficios restringida normalizada $\pi(p,z) = \{\text{Max } q - p'x : F(x,k) \geq 0\}$ en la que p simboliza el vector de precios de los recursos productivos dividido por el del producto, vale decir $p_i = w_i/p$. La solución a este problema de optimización proporciona las funciones de demanda de insumos $x_j(p,z)$ que reemplazadas en la expresión anterior definen la función indirecta de beneficios restringida normalizada $\pi = G(p,z)$. A partir de este resultado el lema de Hotelling permite obtener las demandas de factores y la oferta de productos de un modo inmediato haciendo (Varian, 1981):

$$x_j(p,z) = \delta G(p,z) / \delta p_j \quad j = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$q(p,z) = \delta G(p,z) / \delta p$$

La función de beneficios translogarítmica

La función indirecta de beneficios restringidos normalizada empleada en este trabajo tiene la siguiente especificación:

$$\begin{aligned} \ln \pi = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + 0.5 \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_i \beta_i \ln Z_i \\ & + \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln P_i \ln Z_j + 0.5 \sum_i \sum_j \delta_{ij} \ln Z_i \ln Z_j \end{aligned} \quad (3)$$

Aplicando el lema de Hotelling y reemplazando por las condiciones de equilibrio de punto máximo, se obtienen las 'participaciones' relativas de los gastos en cada insumo variable con respecto a los beneficios:

$$\begin{aligned} -\delta \ln \pi / \delta \ln P_i &= (-\delta \pi / \delta P_i) (P_i / \pi) = P_i \cdot X_i / \pi = S_i \\ S_i &= -(\alpha_i + \sum_h \alpha_{ih} \ln P_h + \sum_j \beta_{ij} \ln Z_j) \end{aligned} \quad (4)$$

Propiedades de la función de beneficios

Una función de beneficios restringida normalizada es bien comportada si satisface las restricciones de 'simetría', es 'estrictamente decreciente y convexa en precios de insumos variables' y 'estrictamente creciente en insumos fijos'. Para que una función de beneficios translogarítmica satisfaga las restricciones de simetría es necesario que $\alpha_{ij} =$

= α_{ji} para todo $i \neq j$, lo que requiere que el determinante de la matriz de coeficientes de la función de agregación sea simétrico.

La función de beneficios es estrictamente decreciente en precios de insumos variables si satisface las condiciones de monotonicidad, que implican participaciones estimadas mayores que cero. Teniendo en cuenta que $S_i = -(\delta \ln \pi / \delta \ln P_i) = -(\delta \pi / \delta P_i)(P_i / \pi) > 0$ y que π y P_i son positivos para todas las observaciones, las proporciones calculadas empleando los parámetros del modelo restringido sólo serán positivas si $(\delta \pi / \delta P_i) < 0$, lo que implica que los beneficios declinan al aumentar los precios de los recursos productivos. Las condiciones de 'convexidad' requieren a su vez que el hessiano formado con las derivadas segundas de la función de beneficios translogarítmica sea definido positivo para cada observación, asegurando una función de producción implícita estrictamente cóncava. Para ello es preciso que todos los menores principales sean mayores de cero.

Finalmente, para que la función de beneficios sea estrictamente creciente en insumos fijos, es necesario que $\delta \pi / \delta Z_i = (\pi / Z_i)(\beta_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j + \sum_k \delta_{ik} \ln Z_k) > 0$, lo que se contrasta para cada observación empleando los parámetros estimados del modelo.

Aunque la homogeneidad en precios de insumos variables no es una propiedad cualitativa de la función de beneficios, es esencial para explorar las características del cambio tecnológico. Si la función de beneficios no es homogénea, la de producción implícita no es homotética y por consiguiente aquel no es neutral en el sentido hicksiano. La función de beneficios es homogénea de grado $\sum_j \alpha_j$ en los insumos variables, por ejemplo, si se verifican las siguientes restricciones sobre el valor de sus parámetros: $\sum_j \alpha_j = 0$ y $\sum_j \beta_j = 0$, para $j = 1, \dots, n$. (Teniendo en cuenta que estas condiciones suponen que todos los términos cuadráticos son nulos, también contrastan la validez de una especificación Cobb Douglas).

Elasticidades de oferta, demanda y cambio tecnológico

i) Elasticidad de la demanda de insumos

La elasticidad de la demanda del i -ésimo insumo variable con respecto a cambios en su precio se calcula despejando X_i en (4), tomando logaritmos, vale decir haciendo: $\ln X_i = \ln \pi - \ln P_i + \ln (-\delta \ln \pi / \delta \ln P_i)$ y derivando con respecto al logaritmo de P_i , obteniéndose

(Sidhu y Baanante, 1981):

$$n_{ii} = (\delta \ln \pi / \delta \ln P_i) = (\delta \ln \pi / \delta \ln P_i) - 1 + (\delta \ln / \delta \ln P_i) \\ (-\delta \ln \pi / \delta \ln P_i) = S_i - 1 - (\alpha_{ii} / S_i) \quad (5)$$

El efecto cruzado, que mide la respuesta de la demand. de un recurso variable a cambios en el precio de otro, se estima de un modo parecido y tiene la siguiente expresión final:

$$n_{ij} = -S_j - (\alpha_{ij} / S_i) \quad i \neq j \quad (6)$$

La elasticidad de la demanda de un insumo con respecto a cambios en el precio del producto se calcula a su vez así:

$$n_{ij} = \sum_i S_i + 1 + \sum_h (\alpha_{ih} / S_i) \quad i, h = 1, \dots, n \quad (7)$$

ii) Elasticidad de la oferta del producto

La elasticidad de la oferta también se estima a partir de la expresión (4) haciendo: $Q = \pi + \sum_i x_i p_i = \pi + \sum_i \pi (-\delta \ln \pi / \delta \ln P_i)$, tomando logaritmos, derivando y reemplazando en la forma comentada, obteniéndose:

$$\epsilon_q = \sum_i S_i + \sum_i \sum_j \alpha_{ij} / (1 + \sum_h S_h) \quad (8)$$

Finalmente, la elasticidad de la oferta del producto con respecto a cambios en el precio de un insumo variable tiene la siguiente especificación:

$$\epsilon_{qi} = -S_i - \sum_h \alpha_{ih} / (1 + \sum_h S_h) \quad (9)$$

iii) Características del cambio tecnológico

El cambio tecnológico se mide teniendo en cuenta las modificaciones que experimentan las participaciones de los recursos productivos en el costo total, siguiendo el enfoque de Antle (1984). Los cambios en el gasto relativo correspondiente al i -ésimo factor (representado por $c_i = p_i x_i / \sum_j p_j x_j$), se calculan empleando las elasticidades de producto,

definidas como $\epsilon_i = (\delta c_i / \delta x_i) x_i (x_i / c_i)$, la elasticidad — escala $\epsilon = \sum_i \epsilon_i$ y la relación $c_i = \epsilon_i / \epsilon$.

El cambio tecnológico es sesgado en favor del i —ésimo recurso productivo, vale decir aumenta su empleo y su participación en el costo total, si $\tau_i = \delta \ln(\epsilon_i / \epsilon) / \delta \ln t > 0$. Si fuera cero sería neutral en sentido hicksiano y si fuera negativo sesgado en contra pues limitaría su empleo disminuyendo su importancia relativa dentro del gasto.

Los indicadores de las características del cambio tecnológico se calculan a partir de la expresión $\delta \ln \pi / \delta \ln p_i = \epsilon_i / (1 - \epsilon)$ y suponiendo que $Z_2 = t$, obteniéndose (Antle, 1984):

$$\tau_i = (\beta_{i2} / \pi_i) - (\sum_i \beta_{i2} / \sum_i \pi_i) \quad (10)$$

Los datos empleados en las estimaciones

Los datos empleados en las estimaciones corresponden a todo el sector agropecuario argentino y abarcan el período comprendido entre los años 1960 y 1985. Aunque tienen orígenes diversos, en su preparación se ha mantenido cierta uniformidad metodológica y se ha dado preferencia a información proveniente de la misma fuente.

Los beneficios se calcularon deduciendo de los ingresos totales imputables al sector los costos correspondientes a los principales insumos variables empleados en la actividad productiva corriente. Los ingresos totales se obtuvieron agregando los provenientes de las actividades 'agrícola' y 'ganadera' (la primera de ellas incluye la producción de cereales, oleaginosos, cultivos industriales y hortalizas, legumbres y frutas y la segunda la producción de carne y leche de vaca). Los ingresos se calcularon en todos los casos multiplicando las cantidades producidas cada año por los precios medios percibidos por el productor, lo que significa que están ya corregidos por gastos de transporte, distribución y comercialización³.

Para cada grupo de productos, además de los ingresos totales se estimaron índices de Tornquist - Theil - Divisia de precios y cantidades (los cálculos correspondientes a 'cereales', por ejemplo, se hicieron empleando datos sobre producción proporcionados por la Secretaría

(3) Los resultados de las estimaciones se aproximan bastante a los agregados utilizados en el cálculo del producto bruto interno del sector agrícola, lo que asegura su consistencia.

de Agricultura y precios al productor estimados por el Banco Central de la República Argentina para el cálculo del valor agregado). Con los índices de precios y cantidades correspondientes a cada grupo se calculó finalmente un índice agregado de precios agropecuarios P , empleando para normalizar la función de beneficios.

El 'combustible' utilizado se obtuvo de 'balances energéticos' preparados por la Secretaría de Energía y sus precios de la revista 'Combustibles'. Con los datos sobre precios y cantidades consumidas de 'fertilizantes, plaguicidas y productos veterinarios' (obtenidos principalmente de publicaciones de la Secretaría de Agricultura, de la revista 'Precios agropecuarios' o provenientes de la 'Cámara Argentina de Sanidad Vegetal y Fertilizantes' y de la 'Cámara Argentina de la Industria de Productos Veterinarios') se construyeron índices de Tornquist - Theil - Divisia de precios y cantidades de cada uno de ellos, que se emplearon luego para agregarlos en la categoría denominada 'agroquímicos'. Finalmente, el precio del 'trabajo', el número de personas ocupadas y la superficie de tierra cultivada, se tomaron de Domenech (1986).

De acuerdo a esta selección de variables π es el beneficio restringido obtenido por los productos agropecuarios de Argentina calculado restando del valor de la producción corriente los costos variables. P un índice de Tornquist - Theil - Divisia que representa el precio de la oferta agregada, P_c el precio de los 'combustibles' normalizado por el de la producción, P_a el de 'agroquímicos' calculado agregando plaguicidas, fertilizantes y productos veterinarios y dividido por P y finalmente P_t el salario medio anual de un trabajador rural también en relación al precio de la producción total. Z_1 mide las hectáreas de tierra cultivada cada año y Z_2 es una variable que representa la tendencia, destinada a analizar el cambio tecnológico.

La estimación del modelo

Las estimaciones suponen que las relaciones existentes entre los agregados que emplea el modelo reflejan los comportamientos individuales de las unidades productivas, que los coeficientes estimados identifican las funciones de demanda de insumos y que las unidades productivas son tomadoras de precios y maximizadoras de beneficio.

Aunque la estimación conjunta de la función de beneficios y de las ecuaciones de participación proporciona los mejores resultados, en

este trabajo solo se calcularon estas últimas por la limitada información disponible. Si bien este procedimiento no permite conocer el valor de los parámetros β_i y δ_{ij} y por consiguiente evaluar todas las características del cambio tecnológico, los resultados obtenidos son suficientes para contrastar el supuesto de homoteticidad, calcular elasticidades de oferta del producto y demanda de insumos y estimar los sesgos de ese cambio tecnológico.

El sistema de ecuaciones (4) se ajustó empleando el método propuesto por Zellner para las ecuaciones aparentemente no relacionadas (Kmenta, 1977), debido a que las perturbaciones aleatorias asociadas a la maximización del beneficio pueden afectar a cualquiera de ellas. Los parámetros son consistentes, asintóticamente normales e iguales a las estimaciones maximoverosímiles.

En la primera columna del Cuadro 2 se presentan los resultados correspondientes al modelo sin restricciones, en la segunda los derivados de imponer las condiciones de simetría y en la siguiente las de homoteticidad. En la última fila se consignan también los tests destinados a verificar esas hipótesis. Los coeficientes de regresión obtenidos estimando las ecuaciones sin restricciones por mínimos cuadrados ordinarios, iguales a 0,939 para S_r , 0,807 para S_a y 0,945 para S_c , proporcionan una orientación sobre la bondad del ajuste. Los estadísticos t muestran también que al imponer la primera restricción la significación estadística de los parámetros requiere menores niveles de confianza.

La hipótesis de 'simetría' se contrastó empleando el test de la razón de verosimilitudes, teniendo en cuenta que $-2 \ln \Gamma$ se distribuye como Chi cuadrado, con tantos grados de libertad como restricciones se impongan. El primer logaritmo de la función de verosimilitud corresponde al modelo formado por las ecuaciones S_c , S_a y S_r calculadas sin restricciones y el segundo al que impone las condiciones de simetría. Como el Chi estimado es inferior a su valor crítico para el nivel de significación seleccionado, no fue posible descartar la hipótesis de simetría.

El paso siguiente consistió en verificar si el modelo restringido es 'estrictamente decreciente en precios de insumos', para lo cual es preciso que cumpla las condiciones de monotonicidad. Como las S_i obtenidas a partir de las ecuaciones (4) empleando los parámetros provenientes de las estimaciones tienen valores positivos para todas las observaciones, la función de beneficios estimada es estrictamente decre-

CUADRO 2

Parámetros de la función de beneficios translogarítmica*

Parámetros	Restricciones de		
	Sin restricciones	Simetría	Homoteticidad
α_t	-0,5395 (-0,594)	-1,1910 (-1,107)	-3,6489 (-1,584)
α_a	-0,1778 (-0,967)	-0,1840 (-0,897)	-0,0144 (-0,063)
α_c	-0,0381 (-0,704)	-0,0578 (-1,034)	0,0177 (1,059)
α_{tt}	0,4300 (7,799)	0,4822 (8,795)	
α_{ta}	0,0325 (0,942)		
α_{tc}	-0,0273 (-0,279)		
α_{at}	0,0061 (0,735)	0,0122 (2,307)	
α_{aa}	-0,0055 (-1,396)	-0,0084 (-4,420)	
α_{ac}	0,0042 (0,200)		
α_{ct}	0,0092 (1,951)	0,0105 (2,501)	
α_{ca}	-0,0013 (-0,612)	-0,0018 (-0,979)	
α_{cc}	0,0270 (6,438)	0,0285 (8,019)	
β_{tf}	0,2762 (1,024)	0,4829 (1,526)	1,2351 (1,820)
β_{af}	0,0595 (1,143)	0,0621 (1,085)	0,0078 (0,113)
β_{cf}	0,0171 (1,050)	0,0233 (1,376)	-0,0501 (-1,018)
β_{rT}	-0,0187 (-0,397)	-0,0506 (-1,720)	-0,0300 (-0,501)
β_{aT}	0,0032 (0,340)	-0,0006 (-0,062)	0,0109 (5,288)
β_{cT}	0,0013 (0,529)	0,0004 (0,208)	0,0511 (1,555)
Grados de libertad	0	3	9
Chi cuadrado valor crítico **	-	16,3	27,9
-2 ln T	--	14,9	156,4

* Los valores entre paréntesis son los estadísticos t que corresponden a cada parámetro.

** Nivel de significación del 0,10%.

ciente en precios de insumos. También es 'convexa', pues los menores principales del hessiano formado con sus derivadas segundas calculados para cada observación son mayores que cero, y 'estrictamente creciente en insumos fijos', debido a que los beneficios obtenidos utilizando los parámetros estimados aumentan con el empleo creciente de esos recursos.

Finalmente, la hipótesis de 'homogeneidad', contrastada también empleando el test de la razón de verosimilitudes, debió rechazarse pues el Chi estimado para el mismo nivel de significación es apreciablemente mayor que su valor crítico. Estas evidencias sugieren, además, que la especificación Cobb Douglas no es adecuada para la representación de este proceso productivo.

Análisis de los resultados

En el Cuadro 3 se presentan finalmente las elasticidades de oferta de productos y demanda de insumos del sector agropecuario argentino, y en la última fila se agrega una estimación del sesgo en el can-

CUADRO 3

Elasticidades de oferta de productos, demanda de insumos y cambio tecnológico*

Elasticidades	Trabajo	Agroquímicos	Combustibles	Productos
Trabajo	-3,000 (0,773)	—	—	3,061 (0,780)
Agroquímicos	-0,728 (0,211)	-0,788 (0,090)	—	1,540 (0,153)
Combustibles	-0,862 (0,258)	0,046 (0,036)	-2,371 (0,407)	2,774 (0,484)
Productos**	-0,040 (0,012)	-0,708 (0,117)	-1,471 (0,140)	0,797 (0,107)
Cambio tecnológico	-1,322 (0,557)	0,148 (0,068)	-0,041 (0,029)	—

*Los valores entre paréntesis son los errores standard. ** Elasticidades de la oferta de productos con respecto a cambios en el precio de los insumos.

bio tecnológico. Todas las elasticidades de la demanda de insumos con respecto a cambios en sus precios tienen el signo esperado y son significativamente distintas de cero. La demanda de trabajo es la más sensible, siguiéndole la de combustibles y ubicándose en último lugar la de agroquímicos, con una elasticidad próxima a la unidad.

La elevada sensibilidad que caracterizaría a la demanda de trabajo rural tiene una apreciable influencia en la estructura de costos del sector y afecta de un modo esencial los ingresos de los trabajadores, pues los ajustes salariales están asociados con cambios proporcionalmente mayores y de sentido contrario en el empleo, que los aumenta o los reduce (los resultados obtenidos indican, por ejemplo, que un incremento del 100% en las remuneraciones provocaría una caída de casi un tercio en el número de personas ocupadas). Esta característica de la demanda debiera tenerse en cuenta al fijar los salarios (en el marco del 'Estatuto del peón') o al diseñar las contribuciones rurales destinadas a financiar el sistema nacional de seguridad social, por su fuerte impacto sobre el nivel de ocupación.

Los ajustes en el precio de los combustibles disminuyen sustancialmente su empleo y por consiguiente afectan los rendimientos, al contener las tareas de labranza, conservación de cultivos y recolección de cosechas. Las políticas oficiales de fijación de precios, apreciablemente influenciadas por necesidades fiscales, debieran tener en cuenta esta circunstancia. Actualmente el 'impuesto sobre los combustibles', por ejemplo, representa más de la mitad de su precio de venta, lo que significa que los cambios en su demanda provocados por ajustes en los precios dependen esencialmente de la política tributaria.

La moderada elasticidad que caracteriza a la demanda de agroquímicos estaría insinuando, por su parte, que las políticas orientadas a promover el consumo reduciendo su precio no son muy efectivas, pues la respuesta del sector medida por su nivel de empleo es proporcionalmente menor al subsidio involucrado (una disminución del 100% en el precio provocaría un aumento de poco menos del 80% en su demanda, por ejemplo). Además, como la mayoría de los agroquímicos consumidos en el país son importados y en gran cantidad de casos no tienen aranceles, es difícil implementar una política de precios promocionales.

Las evidencias empíricas también encontraron efectos cruzados significativos, caracterizados por una apreciable complementariedad en-

tre trabajo, agroquímicos y combustibles. Los resultados obtenidos indican, por ejemplo, que un aumento del 100/o en el precio de éstos últimos, además de limitar su consumo, provocaría una caída del 70/o en el emplec rural, bastante asociado al equipamiento disponible. Una relación similar existe entre la demanda laboral y el precio de los agroquímicos, mientras que ésta y la de combustibles no muestran ninguna vinculación.

Las elasticidades de la demanda de insumos con respecto al precio del producto señalan, en cambio, una fuerte asociación positiva. Esa relación es particularmente notable en el caso de los combustibles, cuyo consumo aumentaría casi un tercio si sus precios declinaran el 100/o, por ejemplo, con el consiguiente impacto sobre los rendimientos a través de las tareas culturales que podría impulsar. La demanda de trabajo rural tiene una respuesta similar, siguiéndole en importancia la de agroquímicos. Estos resultados, que muestran un aspecto poco explorado del comportamiento agropecuario, confirman la importancia de los precios del producto, tradicionalmente afectados por políticas de intervención directa, arancelarias o fiscales, en la expansión de la agricultura argentina.

También la elasticidad de la oferta es positiva, aunque algo menor que uno. Este resultado confirma la moderada rigidez detectada en otros trabajos empíricos que utilizan modelos distintos y comprenden períodos de tiempo parcialmente coincidentes (Colomé, 1967 por ejemplo) y destaca la influencia de la política arancelaria que a través de las retenciones sobre las exportaciones fija los precios de la producción agropecuaria.

Finalmente, la elasticidad de la oferta ante cambios en el precio de los insumos muestra por su parte que el nivel de actividad del sector depende de un modo apreciable del precio de los combustibles, cambia en una proporción ligeramente menor a las modificaciones en el de los agroquímicos y virtualmente no se ve afectado por ajustes en los salarios rurales.

Los indicadores que miden los cambios en el sesgo tecnológico confirman los comentarios de la introducción, mostrando una modificación importante en la estructura productiva del sector, caracterizada por un moderado aumento en el empleo de agroquímicos, una relativa estabilidad en el consumo de combustibles y una fuerte reducción en el trabajo rural. Estos resultados indicarían, además, que el crecimiento

de la productividad proviene fundamentalmente de las innovaciones biológicas, que permitieron el desarrollo de productos que mejoran la sanidad agropecuaria e influyen positivamente en los rendimientos (lamentablemente, la falta de información no permitió considerar el efecto provocado por la introducción de nuevas variedades agrícolas). Sin embargo, es muy probable que la creciente mecanización iniciada en la década anterior tenga también una importancia relevante que no pudo captar por la ausencia de un indicador que mida su desarrollo.

Conclusiones

El sector agropecuario argentino, que se destaca por su contribución al producto bruto interno y a nivel internacional por su participación en el comercio mundial de los principales granos destinados a la alimentación, ha experimentado en las últimas tres décadas cambios importantes en la producción, en sus rendimientos y en la estructura de insumos que emplea. Las evidencias empíricas disponibles indicarían que en ese período mejoró su performance y trató de adecuar su estructura productiva a los cambios tecnológicos más importantes de los últimos tiempos, aunque sin continuidad debido a la ausencia de políticas económicas consistentes y por debajo de sus posibilidades potenciales.

Con la información agregada correspondiente a todo el sector se estimó una función de beneficios, comprobándose que es bien comportada pues satisface las condiciones de simetría, es estrictamente creciente y convexa en precios de insumos variables y estrictamente decreciente en insumos fijos. Como no pudo aceptarse la hipótesis de homogeneidad se comprobó además que el cambio tecnológico no es neutral en sentido hicksiano sino que existe un sesgo en favor de los agroquímicos y en contra de la mano de obra, y que la especificación Cobb Douglas no es adecuada para la representación de este proceso productivo.

Los resultados obtenidos muestran también que las demandas de insumos tienen el signo esperado, son significativamente distintas de cero y en general elásticas. La demanda de trabajo es la más sensible, siguiéndole la de combustibles y ubicándose en último lugar la de agroquímicos, con una elasticidad próxima a la unidad. Los efectos cruzados se caracterizan por una apreciable complementariedad entre traba-

jo, combustibles y agroquímicos y una virtual independencia entre estos dos últimos. La respuesta de la demanda de insumos frente a cambios en el precio del producto es apreciable y muestra una fuerte asociación positiva. La elasticidad de la oferta es también positiva, estadísticamente significativa y ligeramente menor que uno, aunque su respuesta ante cambios en los precios de los insumos es variada.

El mensaje que contienen los datos y que se expresa mediante funciones de respuesta con elevada sensibilidad, parece confirmar entonces la importancia de los precios en el comportamiento del sector agropecuario argentino, tradicionalmente afectados por políticas de intervención directa, arancelarias o fiscales, e ilustra sobre las ventajas que podría proporcionar un tratamiento más cuidadoso.

REFERENCIAS

- ANTLE, J. M. (1984): *The structure of U.S. agricultural technology, 1910-78*, American Journal of Agricultural Economics, vol. 66, págs. 414-421.
- ATKINSON, S.E. y HALVORSEN, R. (1976): *Interfuel substitution in steam electric power generation*, Journal of Political Economy, vol. 84, págs. 959-978.
- Banco Central de la República Argentina (1976): *Estadísticas agrícolas*, vol. V, Buenos Aires.
- (1982): *Agricultura, caza, silvicultura y pesca. Producto bruto a precios corrientes período 1970-1980*, Serie de Trabajos Metodológicos y Sectoriales Nro. 22, Buenos Aires.
- Bolsa de Cereales de Buenos Aires (1987)*: *Anuario estadístico*, Buenos Aires.
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (1985)*: *Consumo de plaguicidas en la República Argentina*, Buenos Aires.
- COLOME, R.A. (1967): *La oferta agropecuaria*, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Tesis de doctorado.
- DIEWERT, W.E. (1974): *Applications of duality theory*, en 'Frontiers of Quantitative Economics' vol II editado por M.D. Intriligator y D.A. Kendrick, North Holland.
- DEL BELLO, J.C. (1988): *Difusión de plaguicidas y estructura de la oferta*, en 'La agricultura pampeana', editado por el IICA, Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.
- DOMENECH, R.A. (1986): *Estadísticas de la evolución económica de Argentina 1913-1984*, Estudios Nro. 39, págs. 103-184.
- FAO (1966)*: *Fertilizantes. Análisis anual de la producción, el consumo y el comercio mundiales*, Roma.
- (1985)*: *Anuario Fao de producción*, vol. 39, Roma.
- FIEL (1987)*: *Indicadores de coyuntura*, Buenos Aires.
- INDEC (1986)*: *Boletín estadístico trimestral*, Buenos Aires.

- INTI (1983): *Situación actual del uso, producción y comercialización de plaguicidas de la República Argentina*, Buenos Aires.
- Junta Nacional de Carnes (1985)*: *Síntesis estadística 1985*, Buenos Aires.
- JUST, R.E., ZILBERMAN, D. y HOCHMAN, E. (1983): *Estimates of multicrop production functions*, American Journal of Agricultural Economics, vol. 65, págs. 770-780.
- JUNANKAR, P.N. (1987): *The response of peasant farmer to price incentives: The use and misuse of profit functions*, Discussion Paper Series Nro. 303, Department of Economics, University of Essex.
- KMENTA, J. (1977): *Elementos de econometría*, Vicens Vives, Barcelona.
- LAU, L.J. y YOTOPOULOS, P.A. (1972): *Profit, supply and factor demand functions*, American Journal of Agricultural Economics, págs. 11-18.
- LERER, M.A. y COPELLO, A.C. (1971): *Agroquímicos. Estadísticas de importación y producción nacional de plaguicidas en la década 1969-1970*, Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería, Buenos Aires.
- LOPEZ, R.E. (1982): *Applications of duality theory to agriculture*, Western Journal of Agricultural Economics, págs. 353-365.
- (1984): *Estimating substitution and expansion effects using a profit function framework*, American Journal of Agricultural Economics, págs. 358-367.
- POPE, R.D. (1982): *To dual or not to dual?*, Western Journal of Agricultural Economics, págs. 337-351.
- CREA (1985)*: *Precios agropecuarios*, Buenos Aires.
- Secretaría de Estado de Energía (1985)*: *Combustibles*, Buenos Aires.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (1987)*: *Boletín mensual de precios de insumos agropecuarios*, Buenos Aires.
- (1985)*: *Abastecimiento de fertilizantes y enmiendas. Año 1985*, Buenos Aires.
- SIDHU, S.S. y BAANANTE, C.A. (1981): *Estimating farm level input demand and wheat supply functions in the Indian Punjab using a translog profit function*, American Journal of Agricultural Economics, págs. 237-246.
- VARIAN H. (1980): *Teoría microeconómica*, Antoni Bosch, Barcelona.
- WEAVER, R.D. (1982): *Specification and estimation of consistent sets of choice functions*, en *New directions in economic modelling and forecasting in U.S. agriculture*, editado por G.C. Rausser, North Holland.
- (1983): *Multiple input, multiple output production choices and technology in the U.S. wheat region*, American Journal of Agricultural Economics, págs. 45-51.

* De estas publicaciones se han consultado también otros números.

ANALISIS DE LA OFERTA DE PRODUCTOS,
LA DEMANDA DE INSUMOS Y LA TECNOLOGIA
DEL SECTOR AGROPECUARIO ARGENTINO EMPLEANDO
UNA FUNCION DE BENEFICIOS

RESUMEN

Este trabajo analiza las propiedades cualitativas de la oferta de productos la demanda de insumos y la tecnología del sector agropecuario argentino empleando una función de beneficios translogarítmica que considera su producción agregada y el uso de varios recursos productivos. Para ello utiliza un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas obtenido mediante la teoría de la dualidad y lo estima empleando series temporales de productos, insumos y precios correspondientes al período comprendido entre 1960 y 1985. Los resultados empíricos más importantes muestran que la función de beneficios translogarítmica es bien comportada (satisface las condiciones de simetría, es estrictamente creciente y convexa en precios de insumos variables y estrictamente decreciente en insumos fijos), las elasticidades de precio de la oferta de productos y las demandas de insumos tienen los signos esperados, los efectos cruzados no son significativos y el cambio tecnológico es ahorrativo de trabajo.

A TRANSLOG PROFIT FUNCTION ANALYSIS
OF ARGENTINE AGRICULTURE

SUMMARY

This paper utilizes a single product aggregate translog profit function with several inputs to explore the structure of agricultural technology estimating output supply and input demand elasticities and measuring biased technical change. The econometric model of simultaneous equations obtained using duality theory has been estimated for the whole Argentine agricultural sector employing time series of output, input and prices from 1960 to 1985. The most important empirical results show that the translog profit function is well behaved (symmetric, strictly increasing and convex in variable input prices and strictly decreasing in fixed inputs), output supply and input demand own-price elasticities have the expected sign, cross effects are negligible and technical change is labor saving.