



Serie de Investigación

Instituto de Economía y Finanzas
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Córdoba

Serie de Investigaciones N° 66

**EFICIENCIA TECNICA, ESCALA DE
EXPLOTACION Y PERFORMANCE DE LA
ACTIVIDAD AGRICOLA**

Fernando H. Sonnet

Mayo 1997

ABSTRACT

Research on credibility has focused on the “stabilization plan” as a whole rather than on the “stabilization instruments” used. Notwithstanding, the public reacts differently in view of the credibility of the instruments, making price forecasts accordingly. Some instruments lose gradually their credibility, so the policy-makers should turn to new ones. In the Argentine experience, the public’s reaction explains the change of instruments in the successive stabilization plans implemented during the 1980s (a decade of failures) and 1990s (a decade of successes).

What really happened was the change of a stabilization regime for a new one, each having specific instruments. Thus the credibility indicators need a radically different metodological framework. During the 1980s the inertial effects and the nominal exchange rate were essential in interpreting the credibility of the failed stabilizations plans, whereas in the 1990s the credibility of a succesful plan might be evaluated according to another criterion, i.e. the behavior of interest rates.

RESUMEN

Los estudios sobre credibilidad de los planes de estabilización han adoptado el criterio de considerar la “credibilidad del plan” en su conjunto, y no la “credibilidad de los instrumentos” utilizados en su implementación. No obstante, el público reacciona en forma diferente y hace sus predicciones de precios de manera consecuente. Al analizar la credibilidad de los instrumentos se aprecia la forma como un instrumento la pierde mientras otro la gana.

En las experiencias argentinas durante los años 80 (una década de fracasos) y los 90 (una década de éxitos), los instrumentos específicos de los planes de estabilización sucesivos dieron lugar a regímenes diferentes. En la primera la elección de instrumentos fue consecuente con una estabilización de precios destinada a combatir los efectos inerciales de la conducta indexatoria de los agentes económicos, en tanto que en la segunda se adopta en forma abrupta el tipo de cambio fijo. En consecuencia, diferentes regímenes de estabilización requieren aproximaciones metodológicas radicalmente distintas.

EFICIENCIA TECNICA, ESCALA DE EXPLOTACION Y PERFORMANCE DE LA ACTIVIDAD AGRICOLA *

Fernando H. Sonnet ¹

Introducción

Los estudios sobre eficiencia técnica a nivel de unidades productivas agrícolas desarrollados durante la última década, han proporcionado resultados que han sido motivo de controversias; en particular, distintos trabajos que se han referido a las explotaciones granarias del estado de Illinois (U.S.A.) llegaron, con muestras bastante similares, a resultados diferentes (Neff et al., 1994). Este fenómeno ha despertado interés e inquietudes entre los investigadores por comprobar la solidez de los enfoques teóricos predominantes y por perfeccionar las técnicas de medición de la eficiencia. Las diferencias más notables se han encontrado, principalmente, entre las mediciones de eficiencia obtenidas por métodos paramétricos y las alcanzadas por métodos no paramétricos; no ha ocurrido así, entre los resultados evaluados a partir de un mismo método.

* Este Trabajo se realizó con subsidio para Investigación y Desarrollo del CONICOR (Consejo de Investigaciones Científica y Tecnológicas de Córdoba).

¹ Profesor asociado, investigador y director del Instituto de Economía y Finanzas de la Facultad de Ciencias Económicas. U.N.C. El tratamiento de los datos y la labor econométrica fue realizada por la Lic. Eugenia B. Perona a quien agradezco su esmerada y eficiente participación. En los aspectos de tecnología agrícola colaboró el Ing. Agr. Carlos A. Luque a quien expreso mi reconocimiento a su labor.

Esta investigación no pretende resolver ni dilucidar el problema de la veracidad acerca de los modos de cuantificar la eficiencia. Busca, en esencia, obtener una medida de la eficiencia técnica y su relación con la escala de explotación como un primer aporte al estudio de la eficiencia agrícola a nivel microeconómico en Argentina. Con ese fin se tomó como antecedente un estudio de base (Sonnet F.H., 1993) que comprendió a 45 unidades productivas homogéneas, típicamente agrícolas, diseminadas en una microzona del departamento de Tercero Arriba en la Provincia de Córdoba.²

Alcances y objetivos

El objetivo del estudio apunta a medir y apreciar el grado de eficiencia técnica alcanzado correspondiente a una muestra de unidades agrícolas, a partir de una función de producción lineal rayo homotética y estimando sus parámetros por el método de los mínimos cuadrados ordinarios corregidos (M.C.O.C.). Distintas investigaciones han comprobado las bondades de una forma funcional como la rayo homotética frente a la alternativa de una especificación del tipo Cobb-Douglas; primordialmente, la rayo homoteticidad además de medir el nivel de eficiencia de cada unidad productiva, ofrece la posibilidad de distinguir entre:

- i) la ineficiencia técnica pura que consiste en operar con niveles de producto distintos a los correspondientes a la función de producción y
- ii) la ineficiencia debida a trabajar en una escala inadecuada y con rendimientos no constantes a escala.

El fundamento del modelo teórico se encuentra en un estudio de Färe, Jansson y Lovell (1985) quienes basándose en un trabajo pionero de Färe (1973) propusieron la rayo homoteticidad como una propiedad fructífera para modelar economías de escala. Asimismo, llegaron a demostrar que la función rayo homotética constituye una generalización directa de la función rayo homogénea de Eichorn (1969) y de las formas homotéticas desarrolladas por Shephard (1953, 1970)³. Zellner y Revankar (1969) han planteado y estimado formas paramétricas específicas para la clase de funciones homotéticas, en un análisis cross-section para la industria del equipamiento de transporte en Estados Unidos.

Relevancia del análisis

El estudio de la eficiencia productiva tiene importancia por cuanto permite, por medio de una metodología sustentada científicamente:

- i) conocer la eficacia en el aprovechamiento de los recursos productivos, en este caso, de las explotaciones agrícolas;
- ii) identificar las fuentes de las ineficiencias con fines de establecer políticas a nivel micro y macroeconómico;
- iii) plantear algunas hipótesis para investigaciones futuras acerca de la vinculación entre nivel de eficiencia y tamaño o extensión de las unidades productivas.

Las estimaciones realizadas por Aly et al.⁴ (1985) para una muestra de fincas productoras de granos

² Mediante un análisis de corte transversal se relevaron alrededor de doce mil datos con el fin de identificar la estructura productiva y el grado de incorporación de innovaciones tecnológicas alcanzado por los productores.

³ Un tratamiento matemático excelente puede consultarse en Färe, Jansson y Lovell (1985).

⁴ El estudio de los autores sirvió de base para la metodología empírica de esta investigación.

en Illinois, han demostrado que el método paramétrico de la frontera estadística determinística facilita el análisis del resultado de las estimaciones, no exige supuestos especiales acerca de la distribución del término de error y además, permite medir la ineficiencia técnica a nivel de cada observación de la muestra.

La estructura rayo homotética muestra que los rendimientos a escala varían con el nivel de la producción, en el sentido de que la función de producción es homotética a lo largo de un rayo. Así, puede verificarse que una explotación exhiba rendimientos crecientes a escala en los primeros tramos de la producción, se estabilicen a un cierto nivel de producto y más allá, aparezcan rendimientos decrecientes a escala. De esta forma, la escala óptima de las distintas explotaciones podría ubicarse en niveles diferentes de producción, esto es, el nivel de producto para el cual se verifican rendimientos constantes a escala (Aly et al., 1985). En esta dirección y a partir de la muestra de productores agrarios seleccionada para el estudio, resulta interesante plantear la siguiente hipótesis: las explotaciones con tecnologías capital intensivas operan en una escala óptima superior con relación a las que adoptan tecnologías mano de obra intensivas. De hecho, a la luz de las estimaciones resultantes del modelo propuesto se harán algunas reflexiones vinculadas a esta hipótesis.

Eficiencia técnica y formas de medición

En el transcurso de las últimas cuatro décadas los investigadores han desarrollado, básicamente, dos enfoques teóricos (paramétricos y no paramétricos) que complementados con distintas metodologías han permitido evaluar la eficiencia técnica. Se pueden distinguir, así, cuatro métodos propuestos para construir fronteras de producción óptimas y medir la ineficiencia relativa a esas fronteras. Los estudios pioneros se han referido particularmente, a mediciones empíricas en el sector industrial o sus ramas de actividad mientras que las estimaciones para la actividad del sector agrario recién se iniciaron hace algo más de una década.

1. Método de la programación pura

Esta metodología fue pionera en la medición de la eficiencia. Fue propuesta por Farrell (1957) quien estimó una frontera de producción determinística no paramétrica bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala; construyó una isocuanta envolvente utilizando técnicas de programación lineal a partir de las relaciones de insumo-producto observadas para un sector productivo. La isocuanta estimada con las características de ser unitaria, convexa y eficiente, le sirvió para compararla con una de las observaciones reales y medir el grado de ineficiencia técnica.

Este método tuvo difusión por lo novedoso aunque sus aplicaciones fueron escasas; si bien se destacó por no imponer una forma funcional determinada sobre la información disponible tuvo el inconveniente de atribuir el carácter de ineficiencia técnica pura a cada desviación alrededor de la frontera unitaria; por tratarse de una frontera no estocástica el método de Farrell no tuvo alcance para captar fenómenos como los shocks aleatorios externos, errores de medición en los datos, etc.

La propuesta teórica de Farrell fue ampliada por Färe, Grosskopf y Lovell (1985) incorporándose el supuesto de rendimientos a escala no constantes y la posibilidad de “congestión de insumos”, esto es, cuando el producto marginal es cero o negativo a determinado nivel de uso de un recurso productivo.

2. Método de la frontera paramétrica determinística

Esta metodología constituyó una extensión propuesta por el mismo Farrell (1957) quien postuló que una frontera de producción puede ser construida a partir de una forma funcional específica. Distintos investigadores aplicaron este método. Aigner y Chu (1968) estimaron una función de producción para la industria y cuantificaron la eficiencia técnica mediante el método de la programación lineal a través de los residuos. Los autores plantearon una especificación Cobb-Douglas y minimizaron la suma de los valores absolutos de los residuos del logaritmo de la función de producción, imponiendo la condición de que todos sean positivos.

Førsund y Hjalmarsson (1979) estimaron una función de producción para relacionarla con el progreso técnico en las empresas industrializadoras de lácteos en Suecia. Førsund y Jansen (1977) estimaron fronteras de producción homotéticas óptimas a partir de funciones de costos.

Con los progresos alcanzados por Farrell se pudo caracterizar las fronteras tecnológicas mediante funciones matemáticas sencillas y adaptarlas a casos de rendimientos no constantes a escala. Sin embargo, no se superaron las desventajas de las formulaciones determinísticas como la no captación de errores de medición o los shocks aleatorios y, además, hubo dificultades para adaptar el método a los casos de multiproductos. Más concretamente, con especificaciones muy restrictivas de la función de producción se limita el número de observaciones que pueden ser técnicamente eficientes y los estimadores obtenidos por ese método no gozan de las propiedades estadísticas. Al no plantearse pruebas de hipótesis acerca de los coeficientes y de los errores asociados a la función de producción, el método no permite hacer inferencias estadísticas a partir de los resultados. El otro inconveniente del método paramétrico o técnica de programación es que la maximización resultante depende de los puntos de la muestra; se obtienen así fronteras conocidas como “best practice” (Delfino, 1987) mientras que en el caso de las fronteras proporcionadas por el método estadístico se consideran todos los puntos posibles y, en ese sentido, puede decirse que son “fronteras absolutas”.

3. Método de la técnica estadística

Este método fue propuesto por Afriat (1972) y ampliado por Richmond (1974) y Greene (1980). Consiste en la aplicación de las técnicas estadísticas para estimar una frontera estadística determinística, ya sea mediante el uso de “mínimos cuadrados corregidos” o “estimaciones maximoverosímiles”.

Las fronteras de este tipo responden a la expresión:

$$Y = f(X) e^{-u} \quad (1)$$

donde el componente e^{-u} mide la eficiencia técnica y cae en un intervalo cerrado y acotado entre cero y uno; los valores de los residuos u_i constituyen una variable independiente e idénticamente distribuida e indican que la eficiencia técnica es también una variable de iguales características. La variable “X” es exógena e independiente de “u”.

- *Mínimos cuadrados ordinarios corregidos*⁵

Considérese una especificación del tipo Cobb-Douglas en la expresión de la frontera estadística (1),

⁵ Una exposición más completa puede consultarse en Delfino (1987).

obteniéndose:

$$Y_i = b_0 + \sum_j b_j X_{ij} - u_i \quad (2)$$

para $i = 1, 2, \dots, n$. El método de los mínimos cuadrados ordinarios corregidos es una extensión del método de los mínimos cuadrados clásicos y consiste en sumar y restar $E(u_i)$ en el miembro derecho de la expresión (2), hallándose:

$$Y_i = [b_0 - E(u_i)] + \sum_j b_j X_{ij} - [u_i - E(u_i)] \quad (3)$$

La expresión (3) tiene ahora una ordenada al origen y un término de error distintos a los de la expresión (2). Dado que la esperanza matemática del nuevo término de perturbación es cero, los estimadores mínimo cuadráticos de (3) proporcionan los mejores estimadores lineales insesgados de todos los parámetros incluida la ordenada al origen donde se encuentra b_0 . Por tanto, con los mínimos cuadrados ordinarios corregidos se satisfacen todos los supuestos de Gauss-Markov. Lo crucial en este análisis es la elección de la distribución de los u_i pues los estimadores dependen de ella en cuanto que el término de error es la medida de la eficiencia; observando (1) puede verse que: $e = Y / f(X)$.

- *Método de la máxima verosimilitud*⁶

Este método plantea una determinada distribución de probabilidad para el término de error asociado al modelo determinístico, calcula los parámetros de esa distribución a partir de sus momentos centrales y utiliza la información proporcionada por los residuos de la regresión. Con ese resultado se corrigen las estimaciones mínimo cuadráticas ordinarias pudiéndose evaluar la eficiencia media de una muestra y la eficiencia correspondiente a cada una de las unidades productivas que la componen. En el estudio de Delfino (1987) para la industria manufacturera argentina se adoptó tres distribuciones alternativas para el término de error. Una denominada “libre” siguiendo el criterio de Aigner y Chu (1968) sin formular supuesto acerca de la distribución de u_i y otras dos correspondientes a las distribuciones gamma y exponencial.

Debido a que el tipo de distribución que se adopte condiciona el factor de corrección del término constante u ordenada al origen, para cada distribución habrá una estimación determinada de la eficiencia técnica⁷.

En síntesis, el método de la técnica estadística para construir fronteras ofrece la ventaja de poder hacer inferencias estadísticas basadas en los resultados; su desventaja está en que todas las desviaciones de la frontera se atribuyen a la ineficiencia técnica y que, además, es necesario especificar un determinado funcional.

4. Método de la frontera estocástica

Este método apareció como una alternativa superior frente a las limitaciones que planteaban las técnicas aplicadas en el método de las fronteras de producción determinísticas. Particularmente, el método de la frontera estocástica dio la posibilidad de discernir entre el efecto de variables exógenas no contro-

⁶ Véase nota 4.

⁷ Una de las cuestiones críticas de las técnicas maximoverosímiles es que el supuesto acerca de la distribución de la eficiencia técnica deba estar pautado por la conveniencia estadística.

lables por las unidades productivas y el efecto de las variables controlables y determinantes de la ineficiencia productiva. Con el nuevo método se incorporó un desdoblamiento del término de error en dos componentes: uno de carácter sistemático o simétrico y el otro asimétrico. El primero admite la existencia de variaciones aleatorias alrededor de la frontera, captando los efectos de errores de medición, variables omitidas, shocks aleatorios, etc., mientras el otro componente mide los efectos de la ineficiencia sobre la frontera estocástica. Formalmente, una expresión de frontera estocástica es:

$$Y = f(X) e^{v-u}$$

siendo $f(X) e^v$ la frontera de producción estocástica, donde “v” es el término de error clásico con distribución normal $(0, \sigma^2)$, independiente e idénticamente distribuido, que capta los impactos exógenos aleatorios; el elemento e^{-u} mide la eficiencia técnica con relación a la frontera. La variable “X” es exógena e independiente de “e”.

Al igual que en el método de la frontera estadística, las estimaciones de fronteras estocásticas pueden llevarse a cabo mediante mínimos cuadrados ordinarios corregidos o por técnicas de máxima verosimilitud; las propiedades de los estimadores también se mantienen. Por último, cabe mencionar que han trabajado en la formulación y estimación de modelos de funciones de producción estocásticas Aigner, Lovell y Schmidt (1977), con especificación Cobb Douglas, Meeusen y Van der Broeck (1977), Schmidt y Lovell (1980) y Huang (1984).

La crítica al método de las fronteras estocásticas es la de imponer una estructura fuerte sobre la tecnología, la dificultad para establecer una distribución para el término de error unilateral y los problemas de aplicación en situaciones de multiproductos. La ventaja del método es que introduce un término de perturbación que incorpora ruido, errores de medición y shocks exógenos que están más allá del control de las unidades productivas.

Descripción de la región

1. Ubicación y estructura productiva

La microzona en estudio se inserta en el área semiárida central de la Provincia de Córdoba⁸; se trata de una zona típicamente agrícola con suelos aptos para el desarrollo de cultivos extensivos. En la actualidad, el predominio alcanzado por la soja es el resultado de un proceso de desplazamiento gradual que vino sufriendo el maní desde comienzos de la década de 1970. Complementariamente, también se cultivan otros granos como el maíz, el sorgo granífero y el trigo, algunos de ellos con destino a la alimentación de ganado vacuno de invernada y porcino.

2. Suelos

En cuanto a la calidad de los suelos, el relevamiento muestral indica que los de clase II (con limitaciones climáticas, edáficas y de relieve mínimas), representan el 43% de la extensión del área. Las explotaciones de suelos de calidad intermedia II-III sumadas a las con suelos de clase III (con limitaciones

⁸ Provincia meridional en el centro de la República Argentina; 165 321 km² y 2 761 067 habitantes en 1991.

CUADRO 1
Síntesis de la muestra. Microzona agrícola de Tercero Arriba - Córdoba.
Campaña 1992/93.

	Valor Máximo [\$/Ha]	Valor Mínimo [\$/Ha]	Media	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Variable dependiente						
Valor de la Producción	67.74	23.85	41.01	105.60	10.28	0.25
Variables independientes						
Semilla	38.02	11.04	19.12	58.47	7.65	0.40
Combustible	28.10	10.46	16.20	16.07	4.01	0.25
Mano de Obra	5.21	1.89	3.20	0.94	0.97	0.30
Agroquímicos	30.68	1.31	9.10	42.32	6.51	0.71

Nota: el valor de la producción, así como el de los insumos, fue considerado por hectárea cultivada.

apreciables) representan el 50% del total del área, y el 7% restante lo ocupan suelos inaptos o con limitaciones severas (inundados, montes, cárcavas, etc.).

3. Estructura productiva y uso del suelo

Los cultivos granarios representan el 85% del área cultivable y el 15% remanente se destina a praderas con verdeos. Sin embargo, desde el punto de vista de la conformación de los sistemas productivos el agrícola puro ocupa el 47% del área, el agrícola vacuno de invernada el 27%, el agrícola porcino el 11% y los dos últimos conjuntamente el 15%.

El predominio de la soja en la zona significa la aplicación del 65% del área agrícola a ese cultivo; el maíz y el sorgo representan el 18,4% y el trigo el 14,5%. Tanto el maní como la avena son cultivos irrelevantes.

4. Sistema de tenencia

La figura del propietario-arrendatario es la predominante actualmente con una significación del 46% de los productores y el 60% del área. La creciente importancia de esta modalidad de tenencia fue la respuesta a un largo proceso de parcelación de la tierra que derivó en un gran número de propietarios con lotes muy pequeños. Frente a esa realidad muchos se transformaron en arrendatarios de sus parcelas que venían teniendo márgenes exigüos de rentabilidad como consecuencia del monocultivo de la soja, la degradación del suelo, la ausencia de rotación y diversificación, la caída en los rendimientos y una falta de capacidad para la gestión empresarial. Esto es observable en los datos muestrales que presentan varianzas altas en los rendimientos de cada cultivo por hectárea cosechada. En la soja el rango varía de 1,2 Tm/Ha a 3 Tm/Ha, en el maíz de 1,5 Tm/Ha a 6 Tm/Ha y en el sorgo granífero de 2 Tm/Ha a 7 Tm/Ha., según se ha captado en los datos de rendimientos de las explotaciones.

5. Uso de agroquímicos y grado de mecanización

La aplicación de agroquímicos está muy difundida entre los productores, encontrándose disponibles en una amplia gama de marcas, variedades y usos; la marcada preferencia por la soja debido a su

rentabilidad explica que el 56% de los agricultores cumplan con las dosis recomendadas de herbicidas e insecticidas y las apliquen con una cobertura adecuada. No se detecta, en cambio, el uso de fertilizantes químicos en esta zona.

En cuanto al nivel de mecanización en el material tractivo, las explotaciones pequeñas (0 a 199 has.) son las más atrasadas en la incorporación de tecnología, mientras es muy parejo entre las explotaciones medianas y las grandes (200 a 399 has. y 400 a 999 has. respectivamente), debido a que tienen mejores niveles de rentabilidad. Por otra parte, las explotaciones de poca extensión presentan un sobredimensionamiento de la capacidad de laboreo del suelo; mientras éstas disponen de 1 HP por hectárea cultivada, en las explotaciones medianas ese coeficiente es de 0,83 y en las grandes de 0,49, lo que revela un mejor aprovechamiento del capital en tractores a medida que aumenta la dimensión de las unidades productivas.

Con relación a las maquinarias e implementos se viene apreciando un proceso continuo de incorporación de nueva tecnología e innovaciones; esto ha sido consecuencia de la elevada especialización de la zona en el cultivo de la soja y a los niveles promedio de rendimientos que permitieron la capitalización de los campos. Así, entre 1984 y 1993 se incorporó el 80% de la dotación actual de arados cincel (como fruto del creciente interés por las modalidades más conservacionistas de laboreo del suelo), el 70% de los cultivadores de campo, el 67% de las rastras de discos y más del 50% del parque de sembradoras de granos gruesos (Sonnet F., 1993). En este tipo de maquinarias también se observa un sobredimensionamiento del equipo de labranza en las explotaciones más chicas.

6. Métodos de labranza

Los inconvenientes derivados del sistema de labranza tradicional llevó en los últimos años a un cambio de actitud en los productores; el creciente deterioro de la capa fértil por los fenómenos de erosión (particularmente hídrica y eólica) contribuyó junto a la ausencia de rotación, a una caída gradual en los rendimientos de la soja y el maíz. Esta situación determinó que la mayoría de los productores se preocuparan por cambiar su método de laboreo, tarea que fue impulsada por los servicios de extensión agrícola públicos y por profesionales privados. Hoy sólo el 20% de los agricultores continúan con la labranza tradicional, un 37% ha comenzado a combinar esta última con la labranza reducida y un 31% ya practica plenamente la labranza reducida con mínimo laboreo del suelo. El resto de los productores adoptan otras combinaciones a partir de las ya señaladas.

7. Rotación de cultivos

El relevamiento indica que un 78% de los productores practica algún tipo de rotación regularmente. Sin embargo, la adopción no es pareja pues en el caso de las explotaciones pequeñas hay un 30% que no hace rotación de cultivos. Las modalidades predominantes son soja-sorgo-soja, maíz-soja-trigo, soja-maíz-soja, trigo-maíz y trigo-soja, que suman el 80% del total de modalidades principales declaradas por los productores.

8. Situación de los suelos

El problema más acuciante del deterioro de los suelos se manifiesta en la erosión de la capa fértil que alcanza al 18% de las explotaciones; sin embargo, este problema combinado con otros como cárcavas, anegamiento y médanos lleva ese guarismo al 72% de los productores. Aproximadamente la mitad de los

CUADRO 2
Resumen de los valores de las variables consideradas en el modelo.
Microzona agrícola de Tercero Arriba - Córdoba. Campaña 1992/93.

Identificación	Valor de la Producción [\$]	Costos			Energía [\$]	Mano de Obra [\$]
		Semilla [\$]	Agroquímicos [\$]			
Explotaciones Pequeñas						
P1 A	8388.66	1656.60	2520.00	2772.90	517.86	
P2 AGP	3744.88	1230.20	304.63	2194.98	389.22	
P3 A	3044.16	1250.40	714.40	1804.50	446.62	
P5 AGP	6426.81	2651.90	1839.53	2340.30	445.39	
P6 A	1957.46	1827.70	746.94	931.26	165.77	
P8 A	7588.05	3389.30	1443.45	3207.29	754.60	
P9 A	4481.66	2790.20	741.00	4355.30	693.29	
P10 A	5115.88	1667.20	3681.72	2570.76	577.04	
P11 A	4487.92	1661.90	2441.95	2838.65	557.59	
P12 AGP	2768.60	1285.10	180.00	1884.20	311.95	
P13 A	10077.23	3000.70	1392.00	2542.86	497.31	
P15 AGP(*)	9992.10	5336.80	3790.60	3498.70	665.74	
P18 AGP(*)	12192.49	5057.10	3225.40	3735.64	709.11	
P20 AGP(*)	3693.91	2012.90	208.10	2746.86	507.59	
Explotaciones Medianas						
P4 A	8138.90	3126.00	1732.25	3487.20	1041.20	
P7 A	9350.90	3435.70	3563.00	3460.44	1085.04	
P14 AGP(*)	11169.04	5007.30	4490.80	4738.65	732.37	
P16 AGP	13075.40	3365.90	1728.95	4152.45	690.34	
P17 A(*)	14025.82	7054.40	1191.10	4603.35	803.71	
P19 A(*)	12060.03	2757.00	3103.30	3506.25	668.56	
M1 A	14945.98	3751.20	5838.00	5425.32	1235.60	
M3 AGV	8735.03	3539.60	1050.60	4045.17	892.97	
M4 A	9538.18	5007.40	3667.86	4183.53	1221.63	
M5 A	11626.88	5145.10	4102.73	3673.77	755.49	
M6 AGP	10630.51	3235.80	444.20	4242.86	998.32	
M8 A	11093.28	3466.10	369.60	3777.25	1056.13	
M9 AGVP(*)	20847.70	16993.40	2232.50	5877.68	913.21	
M12 AGV(*)	17115.68	7444.20	5012.80	3803.27	769.47	
M15 AGVP(*)	16835.04	12516.60	1153.00	4708.74	765.90	
M17 A(*)	16732.44	10266.10	2003.60	7213.28	1413.89	
G1 AGV	7356.72	2500.80	1165.20	3338.40	874.06	
Explotaciones Grandes						
M2 A	15521.50	5791.60	3478.95	5897.70	1066.96	
M7 A	18213.62	6337.10	5132.00	6706.66	1201.37	
M10 A(*)	24166.25	15768.80	1451.40	6904.44	1103.88	
M11 AGV(*)	20140.18	8142.50	2685.60	8587.42	1406.99	
M13 A(*)	23340.98	19294.80	3193.10	6846.29	1110.04	
M14 AGV(*)	13585.64	9744.50	718.00	6345.22	1446.10	
M16 A(*)	21781.15	9157.70	6683.70	7611.12	874.33	
G2 A	37297.56	11905.10	6223.34	12692.10	2889.33	
G3 A	20129.10	6380.00	6663.00	7360.11	1594.41	
G4 AGV(*)	20106.78	17807.20	1288.80	7364.55	1284.38	
G5 AGVP(*)	18332.59	15062.90	3535.00	9614.16	1656.19	
G6 AGVP(*)	17207.13	14586.20	4328.00	7097.70	1194.23	
G7 AGV(*)	18632.79	9442.40	2470.50	8091.90	1458.23	
G9 AGV(*)	42558.33	24390.00	8979.00	12086.10	1701.54	

Nota: en el caso de las explotaciones señaladas con (*), el valor del insumo "Agroquímicos" fue estimado de acuerdo a criterios de similitud, contándose con el 80% de la información. *Referencias:* A: agrícola pura AGP: agrícola con ganado porcino complementario AGV: agrícola con ganado vacuno complementario (de invernada) AGVP: agrícola, con ganado vacuno y porcino complementarios. *FUENTE:* elaborado en base a datos proporcionados por la encuesta.

agricultores consultan acerca de estos fenómenos a especialistas y sólo un 68% de ellos tienen sus suelos bajo tratamiento.

9. Asesoramiento de profesionales

Prácticamente todos los productores reciben algún tipo de asesoramiento técnico para el manejo de sus explotaciones. No obstante, quienes tienen asistencia permanente de ingenieros agrónomos apenas representan el 24% y el resto hace consultas esporádicas. En la modalidad de los servicios predomina el de los profesionales particulares, aunque también participan técnicos de cooperativas, consorcios, organismos públicos, I.N.T.A., etc.

El modelo teórico

El fundamento del modelo se encuentra en la propuesta de Färe, Jansson y Lovell (1985); a partir del trabajo empírico de Aly et al. (1987), en este estudio la especificación paramétrica de la función de producción rayo homotética es:

$$\ln Y_i = \ln \emptyset + \beta_s S'_i + \beta_e E'_i + \beta_m M'_i + \beta_a A'_i \quad (1)$$

donde el subíndice "i" se refiere a la i-ésima explotación y las variables:

Y_i : valor bruto de la producción de granos con destino al mercado (\$);

S_i : valor del gasto en semilla (\$);

E_i : valor del gasto en gasoil (\$);

M_i : valor del gasto en mano de obra (\$);

A_i : valor del gasto en agroquímicos (\$).

Los ponderadores S' , E' , M' y A' que afectan a las variables explicativas del valor de la producción, se obtienen mediante las expresiones:

$$S' = S_i / (S_i + E_i + M_i + A_i) \quad E' = E_i / (S_i + E_i + M_i + A_i)$$

$$M' = M_i / (S_i + E_i + M_i + A_i) \quad A' = A_i / (S_i + E_i + M_i + A_i)$$

Los parámetros de la ecuación (1) se estimaron por M.C.O.; este método proporciona los mejores estimadores lineales insesgados de los coeficientes \emptyset , β_s , β_e , β_m y β_a ; los que junto a los coeficientes S' , E' , M' y A' permiten calcular el parámetro de rendimientos a escala.

$$u = \beta_s S' / Y_i + \beta_e E' / Y_i + \beta_m M' / Y_i + \beta_a A' / Y_i \quad (2)$$

Si $u=1$ el proceso productivo exhibe rendimientos constantes a escala y la explotación opera en el óptimo. La escala óptima de producción Y_i^* se puede determinar haciendo $u=1$ en (2); luego:

$$Y_i^* = \beta_s S' + \beta_e E' + \beta_m M' + \beta_a A' \quad (3)$$

dependiendo de los niveles que alcancen los factores de intensidad de uso de los diferentes insumos. En cambio, "u" está determinado por la intensidad y por el nivel de Y_i .

CUADRO 3					
Estimación de la función rayo-homotética: resultados de regresión.					
Variables independientes consideradas: semilla, energía, mano de obra.					
	$\ln \emptyset$	β_s	β_e	β_m	β_a
Coefficiente	-90534.34	11613.01	13485.76	12065.37	-
Error Estándar	10267.86	993.59	1684.37	4615.16	-
Estadístico t	-8.82	11.69	8.01	2.61	-
No. de Observaciones	45				
Grados de Libertad=	41				
R Cuadrado=	0.79				
R Cuadrado Ajustado=	0.78				
Estadístico F=	52.86				
Variables independientes consideradas: semilla, energía, mano de obra, agroquímicos.					
	$\ln \emptyset$	β_s	β_e	β_m	β_a
Coefficiente	-91191.24	11782.46	13717.90	11393.66	12802.40
Error Estándar	10559.82	1015.00	1882.88	5669.92	1368.61
Estadístico t	-8.64	11.61	7.29	2.01	9.35
No. de Observaciones	45				
Grados de Libertad=	40				
R Cuadrado=	0.79				
R Cuadrado Ajustado=	0.77				
Estadístico F=	38.43				
<i>Referencias: los β_i corresponden a los coeficientes de las variables $X_i \cdot \ln(X_i)$ (véase descripción del modelo). β_s= semilla; β_e= combustible; β_m= mano de obra; β_a= agroquímicos.</i>					

Ineficiencia técnica pura e ineficiencia de escala

Se ha señalado oportunamente, que las estructuras rayo homotéticas ofrecen la posibilidad de que los rendimientos a escala varíen con la producción y además, que la escala óptima dependa del vector de insumos. Por otra parte, también es posible diferenciar la ineficiencia técnica pura y la ineficiencia por no estar en la escala óptima, aplicando un procedimiento econométrico conocido como mínimos cuadrados ordinarios corregidos (M.C.O.C.).

El grado de ineficiencia técnica pura de cada explotación es el cociente del valor de la producción real Y_i y el valor de la producción potencial \bar{Y}_i ; esta última se obtiene cuando se sustituye el gasto que cada explotación realiza en cada uno de los insumos, en la función de producción rayo homotética estimada (1), una vez que su ordenada al origen ha sido corregida por M.C.O.C.; A partir de los valores de Y_i y \bar{Y}_i , el valor de la pérdida de producto debida a la ineficiencia técnica pura se mide por:

$$\bar{Y}_i - Y_i \quad (4)$$

y la proporción del producto real (operando fuera de la isocuanta) en términos de su nivel potencial es el porcentaje Y_i / \bar{Y}_i ; cuanto mayor sea, más cerca se estará de la frontera de producción o lugar geométrico de las combinaciones eficientes de insumos para el máximo nivel de producto alcanzable.

La ineficiencia de escala también se puede medir; supóngase una función de producción lineal Y , que parte de la ordenada al origen corregida de la función rayo homotética (1) y que puede expresarse como un rayo creciente del nivel de uso de los insumos (vector X). Si para un determinado X_i se verifica que:

$$\hat{Y}_i = \bar{Y}_i \quad (5)$$

para ese nivel de operación la unidad productiva estará en la escala óptima. Sin embargo, es difícil encontrar que las explotaciones trabajen con un vector de insumos que verifique la condición (5). En realidad, los productores operarán normalmente con niveles de X_i , tales que:

$$\hat{Y}_i > \bar{Y}_i$$

por lo que la ineficiencia de escala será \bar{Y}_i/Y_i y la pérdida de producto debida a ese tipo de ineficiencia estará dada por:

$$\hat{Y}_i - \bar{Y}_i \quad (6)$$

suponiendo que la ineficiencia técnica pura fuese cero. Cabe aclarar que mientras mayor sea ese coeficiente \bar{Y}_i/Y_i , menor será la ineficiencia de escala y más cerca se estará del óptimo; lo que implica trabajar con rendimientos constantes cuando todos los insumos varían equiproporcionalmente.

En definitiva, estando presentes los dos tipos de ineficiencias, la pérdida total de producto de una explotación i será:

$$\hat{Y}_i - Y_i = (\bar{Y}_i - Y_i) + (\hat{Y}_i - \bar{Y}_i) \quad (7)$$

El primer término del miembro de la derecha representa la incapacidad de la empresa para superar ciertos problemas del proceso productivo, lo que impacta desde el punto de vista tanto privado como social; la ineficiencia técnica pura significa, en ese sentido, la imposibilidad de alcanzar la frontera de una isocuanta dada cierta dotación de insumos incorporados y una tecnología de producción. La ineficiencia de escala, dada por el segundo término en (7), provienen de no estar cumpliéndose las condiciones óptimas de equilibrio competitivo de Pareto en el largo plazo:

$$CM_{eLP_{y_i}} / = CM_{eLP_{x_i}} \quad (\min)$$

luego, para cierto Y_i , una explotación podría estar operando con rendimientos no constantes a escala. Esta situación no implica una suboptimización imputable a la incapacidad de la unidad productiva; más bien, revela la posibilidad de estar operando en mercados imperfectos con distorsiones de precios. En tal caso, la firma podría maximizar utilidades o ingresos trabajando fuera de la escala óptima, esto es, a un nivel de producto con ineficiencia de escala.

Estimación del modelo y conclusiones

El análisis de los resultados requiere de una serie de premisas relativas al tratamiento de los datos y de criterios fundamentales. La cuantificación de los niveles de producto e insumos, a partir de los datos muestrales, se ha expresado en términos monetarios. Considerando que las explotaciones son homogéneas en la estructura productiva, se ha supuesto que todas adoptan los mismos insumos y producen una canasta de granos bastante similar entre las distintas explotaciones; la soja es el cultivo principal, mientras que el

CUADRO 4
Medidas de eficiencia: promedios por estrato. Microzona agrícola de Tercero Arriba - Córdoba. Campaña 1992/93.

Variables independientes consideradas: semilla, energía, mano de obra.								
	Número de Explotaciones	Producción Real [\$]	Producción Potencial [\$]	Ineficiencia Técnica [\$]	Ineficiencia Técnica Pura [\$]	Ineficiencia Técnica Pura [%]	Ineficiencia de Escala [\$]	Ineficiencia de Escala [u]
T	45	13516.69	50204.59	36687.90	14015.47	0.55	22672.44	0.36
P	14	5997.13	23640.96	17643.83	13800.64	0.71	3843.20	0.60
M	17	12545.74	43234.58	30688.84	14594.87	0.54	16093.97	0.32
G	14	22215.26	85231.81	63016.56	13526.74	0.39	49489.81	0.16
Variables independientes consideradas: semilla, energía, mano de obra, agroquímicos.								
	Número de Explotaciones	Producción Real [\$]	Producción Potencial [\$]	Ineficiencia Técnica [\$]	Ineficiencia Técnica Pura [\$]	Ineficiencia Técnica Pura [%]	Ineficiencia de Escala [\$]	Ineficiencia de Escala [u]
T	45	13516.69	48417.61	34900.92	13891.96	0.55	21008.96	0.37
P	14	5997.13	23633.76	17636.63	13775.09	0.71	3861.54	0.62
M	17	12545.74	42225.87	29680.13	14531.85	0.54	15148.29	0.33
G	14	22215.26	80720.01	58504.75	13231.83	0.38	45272.92	0.17

Nota: el número "u" calculado en la última columna es una medida representativa de los rendimientos a escala de las explotaciones. Valores de u: positivos y menores que 1 = rendimientos decrecientes a escala; positivos y mayores que 1 = rendimientos crecientes a escala. Referencias: T= total de las explotaciones; P= explotaciones pequeñas (0 - 199 has); M= explotaciones medianas(200 - 399 has); G= explotaciones grandes (400 - 999 has).

maíz, el sorgo y el trigo, son complementarios. El carácter de la tecnología disponible también es parejo, aunque debe advertirse que la intensidad en el uso de los insumos difiere entre los diferentes tamaños de explotaciones. Tampoco se supone la existencia de diferenciales de precios entre los agricultores, sean tanto para los productos como para los insumos. Los productores, en realidad, enfrentan en sus operaciones de ventas, precios dados por los mercados internacionales de granos y compran los insumos a los precios vigentes en las firmas comerciales. Por tanto, no se considera la posibilidad de ineficiencias debidas a precios que puedan surgir de imperfecciones en los mercados.

Las consideraciones anteriores proporcionan un marco para el análisis de las ineficiencias técnicas, sean puras o de escala. En tal sentido, los resultados de las estimaciones guardan correlación con el diagnóstico base para el análisis (Sonnet, 1993).

La metodología econométrica utilizada siguió dos etapas: en la primera se estimó por el método de los mínimos cuadrados ordinarios, el modelo teórico especificado en (1), hallándose los estimadores de los parámetros de la función de producción rayo homotética. Los resultados del Cuadro 3 muestran valores estadísticos más que aceptables, en cuanto al grado de significación de los parámetros, el coeficiente de determinación y la prueba del estadístico F. En la segunda etapa se ajustó la ordenada al origen de la función de producción rayo homotética; esto permitió medir las pérdidas de producto debidas a la ineficiencia técnica pura y a la ineficiencia de escala, a nivel del conjunto de las explotaciones y por grupos

de tamaño (pequeñas, medianas y grandes) Cuadro 4. La respuesta del modelo ajustado permitió medir:

1. Ineficiencia técnica global

El conjunto de las explotaciones alcanza, en promedio, sólo el 27% de la producción potencial capaz de lograrse si no existieran las ineficiencias técnicas puras y de escala. Esto puede verificarse relacionando los valores monetarios de la primera fila del Cuadro 4, en la versión del modelo con tres insumos (semilla, energía y mano de obra). Cuando se incorpora la variable “agroquímicos”, la relación producto real/ producto potencial se eleva al 28%. Estos resultados revelan que las unidades productivas analizadas operan con un nivel de eficiencia bastante bajo; alrededor de un 38% del valor de la ineficiencia total se debe a la ineficiencia técnica pura y un 62% a la ineficiencia de escala (rendimientos decrecientes a escala).

En la versión del modelo con cuatro variables se mantienen, prácticamente, los mismos valores señalados, siendo el 40% y 60% en cada caso. Curiosamente, Aly et al. halló resultados inversos para los productores agrarios de Illinois; el 60% de la pérdida de producto se debía a la ineficiencia técnica pura y el 40% a la ineficiencia de escala. Sin embargo, en ese estudio el cociente entre producción real y potencial alcanzó al 58%; esto es, indicaba una mejor asignación y uso de los recursos productivos y un dimensionamiento de la escala de explotación más adecuado en los productores de Illinois (Aly et al., 1987).

2. Grado de ineficiencia según tamaño de las explotaciones

Los coeficientes de ineficiencia técnica pura (0,55) y de escala (0,36) para el total de la muestra, resultan prácticamente iguales en ambos modelos estimados. Esto significa que la incorporación del gasto en agroquímicos no hace variar los resultados de esas medidas de ineficiencia (Cuadro 4).

Cuando se observan las medidas de ineficiencia según el tamaño de las explotaciones, los resultados también son similares en las dos versiones del modelo. Sin embargo, tiene relevancia analizar el comportamiento de esos coeficientes:

- La ineficiencia técnica pura es mayor en las explotaciones pequeñas (0,71) con relación a la verificada en las medianas (0,54) y en las grandes (0,39). Los productores ubicados en el estrato de 0-199 has son menos eficientes, en promedio, que los medianos y grandes, porque para determinado vector de gastos en insumos productivos “X”, están logrando un nivel de producto real “Y” más alejado del producto potencial “Y”. La tabla de rendimientos físicos indicada abajo permite apreciar diferenciales de rendimientos que oscilan entre el 14% y el 24% según los cultivos; para un vector dado de precios que está formado en el mercado internacional de granos, el valor del producto real dependerá de los rendimientos de la canasta de cultivos que sea capaz de alcanzar cada productor. La segunda parte de la tabla indica el gasto promedio ponderado global en pesos por hectárea cultivada, y el gasto en cada insumo a nivel de cada estrato o escala de explotación.

Los productores pequeños que adoptan el sistema de agricultura pura especializado en el cultivo de la soja, gastan más en pesos por hectárea cultivada en los rubros de mano de obra, combustibles y agroquímicos, en relación a los productores medianos y grandes, obteniendo menores rendimientos; sin embargo, gastan menos en semillas al utilizar sementeras propias, particularmente en soja. Consideran-

CUADRO 5							
Rendimientos promedio de cada cultivo, según tamaño de las explotaciones.							
Rendimiento global según estructura de la canasta de cultivos en cada estrato (Qm/ha)							
	Maíz	Sorgo	Soja	Maní	Trigo	Avena	Global
Explot. Pequeñas	33.60	49.10	21.10	22.00	18.70	-	24.00
Explot. Medianas	40.80	49.90	22.60	28.20	17.90	15.00	25.40
Explot. Grandes	36.30	46.10	24.40	25.00	21.30	12.00	26.80
Gasto promedio ponderado según la estructura del costo de los insumos en cada estrato (\$/ha)							
	Semilla	Energía	M.Obra	Agroquímicos	Global		
Explot. Pequeñas	16.89	18.15	3.51	11.27	15.13		
Explot. Medianas	43.47	15.13	3.24	8.73	31.24		
Explot. Grandes	41.75	15.20	2.68	7.63	30.32		

do el promedio ponderado de los distintos gastos en insumos, el gasto promedio por cada hectárea trabajada resulta un 50% inferior al de las explotaciones medianas y grandes.

A su vez, en estos dos últimos grupos coexisten sistemas agrícolas puros con sistemas mixtos⁹; por lo tanto, exhiben una diversificación muy amplia del uso del suelo y obtienen mejores rendimientos, estando el producto real más cerca del producto potencial. En particular, se aprecia que en el estrato de las explotaciones grandes, más propicias a la diversificación del suelo, un porcentaje elevado de los productores cultivan sorgo, maíz y trigo.

Esta realidad de la estructura productiva, lleva a que las explotaciones medianas y grandes realicen un mayor gasto por hectárea en semillas, porque es superior el porcentaje de uso de híbridos comerciales en maíz y en sorgo; sin embargo, al disponer de un equipamiento tractivo de mayor potencia y más moderno, gastan menos en mano de obra y combustible, en relación a los productores pequeños. Al mismo tiempo, se verifica que también invierten menos en agroquímicos, en tanto que los productores más pequeños, concentrados en el cultivo de soja, gastan relativamente más en herbicidas e insecticidas por las características y requerimientos de protección que demanda ese cultivo.

Los resultados de la estimación del coeficiente de escala revelan que la eficiencia es mayor en el estrato de las explotaciones pequeñas. La última fila del Cuadro 4 muestra que los valores de “u” se ubican en 0,16, 0,32 y 0,60; para las explotaciones grandes, medianas y pequeñas, respectivamente. En todos los casos excepto uno, las unidades productivas operan con rendimientos decrecientes a escala.

En la microzona del estudio, los agricultores pequeños están más especializados y hacen un uso más intensivo del suelo y del equipamiento, si se los compara con la actividad más diversificada de los medianos y grandes. Estos últimos, tienen una estructura de uso del suelo más repartida entre granos gruesos y de cosecha fina, lo cual los lleva a que presenten mayores ineficiencias de escala, debido a una menor intensidad en el uso de los insumos productivos.

Finalmente, frente a la hipótesis sustentada acerca de la existencia de una correlación directa entre eficiencia y escala de explotación, no se comprueba aquí que las explotaciones más grandes operen en una escala más eficiente comparadas con las pequeñas. Esta conclusión concuerda con los estudios

⁹Una parte de la producción granaria se destina a la alimentación del ganado vacuno y/o porcino.

de Hall, Le Veen y Bagi, quienes han demostrado que no se consiguen economías de escala significativas con grandes explotaciones, sino que más bien es probable que el nivel de la eficiencia descienda.

Posibles extensiones del estudio

La bibliografía sobre medición de la eficiencia agrícola se ha venido ampliando notablemente a lo largo de esta década, en tanto que los distintos estudios empíricos se han orientado con enfoques muy variados. Una de las alternativas de profundización en este estudio consistiría en la estimación de varios modelos alternativos (no paramétricos y estocásticos paramétricos) con el fin de evaluar sus resultados. Se ha comprobado que los modelos no paramétricos proporcionan mejores medidas de la eficiencia con respecto a los paramétricos (Neff, D.L. et al., 1993), debido a que en los primeros se construyen fronteras más flexibles, trazadas con segmentos lineales “en tramos”; en los modelos paramétricos, por el contrario, se trabaja con fronteras continuas.

Otra línea de investigaciones se ha dedicado a explicar la eficiencia técnica en función de factores socioeconómicos y demográficos (Timmer, 1971; Muller, 1974; Kalijaran y Shand, 1989), planteando índices de eficiencia ajustados por distintas variables como la edad, tamaño de la familia, valor de los activos, créditos, servicios de extensión agrícola, etc. Estas propuestas han contribuido a desentrañar y poner de manifiesto la enorme complejidad de este tema en el campo de la investigación actual.

Aspectos metodológicos

1. Explotación agrícola-extensiva

La muestra consideró a las explotaciones productoras de granos, esto es, a aquellas en que el valor de la alimentación suministrada a los animales no supera el 20% del valor total de la cosecha. No se relevó información sobre volumen de producción de carne ni insumos utilizados. La zona en estudio es predominantemente de agricultura extensiva, presentándose un 55% de las explotaciones dedicadas puramente a agricultura y con elevada orientación del suelo hacia los granos de cosecha gruesa; el 45% restante combina la actividad agrícola con otras de escasa significación como la cría y/o engorde de cerdos, o la cría-invernada en el caso de ganado vacuno.

2. Variable producción física (explicada)

La cuantificación de la variables producción física y sus determinantes demandó la adopción de una serie de criterios, como se describe a continuación.

Sea y_{ik}^t la producción física total de un grano determinado k (en tn) correspondiente a una explotación i de la muestra.

$$y_{ik}^t = y_{ik}^m + y_{ik}^a + y_{ik}^s \quad (1) \quad \text{donde:}$$

y_{ik}^m : producción física con destino a la comercialización en el mercado (tn);
 y_{ik}^a : producción física para la alimentación de ganado y producción de carne (tn);
 y_{ik}^s : producción física utilizada como semilla propia (tn).

Sea ahora y_{ik}^o el total de la producción física (en tn) con destino a carne y semilla:

$$y_{ik}^o = y_{ik}^a + y_{ik}^s \quad (2)$$

Luego, $[1 - (y_{ik}^o / y_{ik}^t)]$ indica la proporción de la producción física del cultivo k de una explotación, cuyo destino es el mercado de granos (exportación y/o industria transformadora). Denominaremos a $(y_{ik}^o / y_{ik}^t) = d_{ik}$. A partir de (1) y (2), se determina:

$$y_{ik}^m = y_{ik}^t [1 - (y_{ik}^o / y_{ik}^t)] = y_{ik}^t * (1 - d_{ik})$$

siendo y_{ik}^m , por ahora, sólo una componente de la variable explicada del modelo.

Tratándose de una función de producción multiproducto para cada explotación y considerando únicamente los granos de cosecha fina y gruesa cuyos volúmenes se destinan al mercado, fue necesaria hacer una agregación y valorar en términos monetarios la variable y_{ik}^m , para explicitar la variable explicada por el modelo Y_i .

Sea y_{ik}^m el volumen de producción física correspondiente a un cultivo k (tn) con destino al mercado y p_k^m su precio (\$/tn)¹. Considérese, adicionalmente, que la explotación i desarrolla r cultivos que pueden ser granos gruesos y/o de cosecha fina. Luego, el valor bruto de toda la producción correspondiente a la explotación i de la muestra, que se vende al mercado es:

$$Y_i = \sum_{j=1}^r y_{ik}^m \cdot p_k^m$$

La expresión monetaria de la producción se ha basado en los supuestos de homogeneidad de las explotaciones y precios determinados en el mercado internacional. La homogeneidad hace referencia tanto al carácter de la estructura productiva como a la localización de las explotaciones, diseminadas en un radio no superior a los 100 km, con epicentro en las cercanías de Río Tercero. Esto último es importante, en cuanto no se

¹ Para valuar la producción se ha considerado, por un lado, el precio promedio de los meses en que se comercializa el grueso de la cosecha y por otro, los datos de producción neta del cultivo con destino al mercado.

presenta gran disparidad de los gastos de movilidad, fletes, etc., entre los productores.

3. Identificación de los insumos físicos, cuantificación y valorización

3.1. Valoración de la semilla

Para calcular el valor de la semilla utilizada por cada explotación en los cultivos desa-rrrollados, se consideró la información de base suministrada por la encuesta a productores; se distinguieron tres categorías diferentes en cuanto a la incorporación del insumo:

- a) semilla propia;
- b) semilla fiscalizada por el INTA;
- c) semilla de marcas comerciales reconocidas.

Tal distinción resultó necesaria para valorar las cantidades utilizadas pues al sembrar un lote, los productores suelen adoptar distintas combinaciones en cuanto a la procedencia de la semilla incorporada.

Esta situación de diversidad entre los paquetes de semillas utilizadas, por hipótesis, puede influir - entre muchos otros factores - en los rendimientos de los cultivos. El cálculo del gasto total en semilla se determinó a partir de:

- i) los precios del insumo en la época de la siembra de cada cultivo para la campaña 1992/93;
- ii) las cantidades asignadas a cada cultivo, bajo las diversas combinaciones de uso señaladas con anterioridad.

Los precios de cada semilla se obtuvieron considerando² :

- a') los precios del grano producto (\$/qq) en el caso de aplicar semilla propia;
- b') el precio de la semilla fiscalizada;
- c') el precio de la marca comercial para las semillas adquiridas en firmas vendedoras de insumos.

El gasto total en semilla correspondiente a un lote de cultivo k de una explotación i de la muestra, es la variable S_{isk} , expresada como:

$$S_{isk} = s_{ispk} \cdot p_{ispk} + s_{isfk} \cdot p_{isfk} + s_{isc k} \cdot p_{isc k}$$

donde "s" es la cantidad física de una categoría de semilla aplicada al lote (kgr) y "p" su precio (\$/kgr); las categorías se han distinguido en los subíndices en cada caso, siendo sp (semilla propia), sf (semilla fiscalizada) y sc (semilla comercial). Simplificando la expresión anterior, S_{isk} se puede expresar:

$$S_{isk} = ssp_{ik} + ssf_{ik} + ssc_{ik}$$

siendo ssp_{ik} , ssf_{ik} y ssc_{ik} el gasto en semilla propia, fiscalizada y comercial, respectivamente, para una explotación i en un cultivo k. El gasto total en semilla para un productor i que hace r cultivos, se calcula, luego:

$$\sum_{k=1}^r S_{isk} = S_i$$

3.2 Valoración de la energía mecánica

La variable energía "E," incorporada en el modelo, se identificó con el consumo real de gasoil de cada explotación; para el cálculo se consideró:

- a) parque de maquinarias de la explotación;
- b) mosaico de cultivos adoptado por la unidad productiva;
- c) modalidad de trabajo del suelo.

En función de la estructura del parque de maquinarias y de otra información proporcionada por la encuesta

² Se consultaron distintas fuentes

se determinó, en una primera etapa, el listado de labores realizadas por cada explotación, con el fin de llegar a estimar el consumo de gasoil por lote de cultivo. Los datos que se tuvieron en cuenta para esta tarea fueron:

- 1) estructura del parque: material tractivo y de arrastre según marca, modelo, estado, características de cada implemento y potencia tractiva;
- 2) práctica de rotación del suelo y frecuencia;
- 3) contratación de servicios de maquinaria agrícola o trabajo propio;
- 4) tipo de labranza aplicado (tradicional, reducida, cero, orgánica, etc.);
- 5) tipo de agroquímicos incorporados en cada cultivo.

La segunda etapa consistió en evaluar (por explotación y lote de cultivo) el consumo de gasoil a partir de la identificación de cada uno de los implementos agrícolas aplicados en cada labor y de una serie de coeficientes técnicos.

a) Cálculo de la capacidad operativa por implemento (has por hora).

Sea " I_p " el número de líneas por hectárea que es capaz de trabajar el implemento p determinado por la expresión:

$$I_p = 100 / (e_p * ne_p) \quad \text{donde:}$$

e_p : ancho de cada elemento de trabajo del suelo, correspondiente al implemento p (mts);

ne_p : número de elementos;

100: base del lote en metros.

A modo de ejemplo, si un arado cincel tiene 7 elementos de 0,30 mts de ancho cada uno, en una hectárea trabajada con ese implemento se formarán 47,6 líneas:

$$I_p = 100 / (0,30 * 7) = 47,6$$

Si la distancia de cada línea " d_p " es de 100 metros en una hectárea, la distancia teórica recorrida por un implemento será (en metros por hectárea):

$$D_p = I_p * d_p$$

En tal caso, siguiendo con el ejemplo, en una hectárea D_p será igual a 4760 metros:

$$D_p = 47,6 * 100 = 4760$$

Sea V_p la velocidad promedio del tractor (km/hora) cuando éste arrastra el implemento p .; siguiendo con los datos de referencia, si el tractor conectado al arado cincel se desplaza a 7 km/h, en una hora trabajará 7000 mts.

Luego, se define un coeficiente " K_p ", que mide la cantidad de hectáreas por hora que puede trabajar un implemento p :

$$K_p \text{ (has/h)} = (V_p * 1000) / D_p$$

En el ejemplo: $K_p = 7000 / 4760 = 1,47$ (has/h)

Por último, la capacidad operativa del implemento p (CO_p), medida en hectáreas por hora, surgirá de multi-

plicar el coeficiente K_p por un factor de corrección "z". Esta corrección se realiza, debido a que en la práctica casi nunca es posible obtener el total de hectáreas por hora que predice K_p , sino una cantidad menor como consecuencia de distintos motivos que afectan a cada tarea en particular (por ejemplo, la superposición de pasadas en los bordes de cada línea). Es por ello que "z" asume valores entre cero y uno, indicando qué proporción del total de hectáreas por hora trabajadas con el implemento p , puede obtenerse en forma efectiva. Así:

$$CO_p \text{ (has/h)} = K_p * z$$

Para el caso del arado cincel: $CO_p = 1,47 * 0,85 = 1,25 \text{ (has/h)}$

b) Consumo de energía por implemento utilizado y para el total de labores.

El consumo de gasoil C_p (litros por hectárea) correspondiente a la labor desarrollada por el implemento p , se calculó mediante la expresión:

$$C_p = H_p * c_p * p_p * TO_{pb} * F_s \quad \text{donde:}$$

H_p : potencia del tractor (HP);

c_p : consumo del tractor (lts/HP/hora);

p_p : número de pasadas que se realizan con el implemento p para el cultivo consi-derado;

TO_{pb} : tiempo operativo del implemento p en la labor b (h/ha). Se computa como el recíproco de la capacidad operativa;

F_s : factor de ajuste que toma en cuenta la proporción de superficie cultivada (en términos de la hectárea representativa) que se trabaja con el implemento p .

Finalmente, el consumo total de combustible para el conjunto de implementos asociados al equipo tractivo necesario para desarrollar el lote de cultivo k e la explotación i , será:

$$CT_{bki} = \sum_{b=1}^S \sum_{k=1}^S c_{bki}$$

cuando concurren u labores. Para una explotación i con r cultivos, el gasto total en gasoil " E_i " estará dado por:

$$E_i = \left(\sum_{k=1}^r \sum_{b=1}^u c_{bki} \right) * p_w ;$$

donde p_w representa el precio del gasoil en el período considerado (\$/lt)

Cabe consignar que el cálculo del consumo de gasoil en la cosecha se efectuó a partir de una tabla de rendimientos por cultivo, bajo el supuesto de que éstos influyen directamente sobre la energía aplicada a la labor de cosecha y que, además, la tecnología es bastante pareja entre los productores.

3.3. Valoración de la mano de obra

Para valorar el gasto en mano de obra de cada explotación, se calculó, en primera instancia, el tiempo de laboreo requerido por el cultivo k en la explotación i (T_{ik}), de la siguiente manera:

$$T_{ik} \text{ (horas)} = TO_t * S_{ik} \quad \text{donde:}$$

TO_t : tiempo operativo total de la explotación (hs/ha). Se obtiene sumando los tiempos operativos de cada implemento, los cuales fueran definidos en la sección 3.3. de este apéndice;

S_{ik} : superficie de la explotación i destinada al cultivo k (has).

A partir de la información anterior, se procedió a obtener el total de horas trabajadas por explotación (H_i), lo cual se efectuó mediante la agregación para cada explotación i de los tiempos de laboreo insumidos por los distintos cultivos k :

$$H_i \text{ (horas)} = \sum_{k=1}^7 T_{i k}$$

Cabe destacar que este procedimiento para el cómputo de las horas trabajadas, al basarse en el tiempo operativo, es decir, en las horas máquina (tractor) por hectárea requeridas por cada cultivo, toma en consideración solamente los gastos en mano de obra correspondientes a la conducción del tractor. Es por ello que, para la obtención del gasto en mano de obra de la explotación i en términos monetarios (M_i), se consideró el salario por hora del conductor tractorista. Luego:

$$M_i = H_i * w ;$$

donde “w” expresa el salario del peón tractorista (\$/hora).

3.4. Valoración de los agroquímicos

La información de base en el uso de agroquímicos se tomó de la encuesta a productores, considerando para cada unidad productiva:

- a) el tipo de agroquímico y su marca comercial;
- b) el área de cultivo tratada con cada agroquímico;
- c) el alcance e intensidad en el uso: proporción del lote bajo tratamiento, dosis y número de aplicaciones.

Para la valoración de las cantidades utilizadas por cada productor se consideraron los precios de las marcas comerciales; luego $a_{i q k}$ es el gasto efectuado por la explotación i de la muestra, en un determinado agroquímico q , para un lote de cultivo k :

$$a_{i q k} = e_{i q k} \cdot h_{i q k} \cdot v_{i q k} \cdot n_{i q k} \cdot p_{i q k} \quad \text{donde:}$$

$e_{i q k}$ = extensión del lote del cultivo k (en has);
 $h_{i q k}$ = proporción del lote del cultivo k , afectado por el agroquímico q (en %);
 $v_{i q k}$ = dosis por cada aplicación de q (lts/ha);
 $n_{i q k}$ = número de aplicaciones realizadas;
 $p_{i q k}$ = precio del agroquímico q aplicado a k (\$/lt).

Cabe señalar que el subíndice “q” implica la posibilidad de identificar a los agroquímicos en: herbicidas (con diversos usos)³, insecticidas, fungicidas y fertilizantes. Particularmente, en esta investigación, no se encontró ninguna explotación que utilice agroquímicos de las dos últimas categorías señaladas. Por último, teniendo en cuenta que una explotación i puede desarrollar r cultivos e incorporar w tipos diferentes de agroquímicos (globalizando categorías y marcas comerciales combinadas sobre un mismo lote), el gasto total en agroquímicos A_i , para cada unidad productiva se determinó según:

$$\sum_{q=1}^w \sum_{k=1}^r a_{i q k} = A_i \quad i = 1, \dots, n$$

donde A_i es la variable relevante a incorporar en el modelo básico.

³ En general, el productor combina dosis de diferentes marcas en un mismo lote.

Bibliografía

- Afriat, S. "Efficiency Estimation of Production Functions", *International Economic Review* 13, 1972.
- Aigner, D.J.; Chu, S.F. "On Estimating the Industry Production Function", *American Economic Review* 58, 1968.
- Aly, H.Y.; Belbase, K.; Grabowski, R.; Kraft, S. "The Technical Efficiency of Illinois Grain Farms: An Application of a Ray-Homothetic Production Function", *Southern Journal of Agriculture and Economics*, Vol. 19, No. 1, July 1987.
- Aigner, D.J.; Lovell, C.A.K.; Schmith, P.J. "Formulation and Estimation of Stochastic Production Functions Models", *Journal of Econometrics* 6, 1977.
- Dawson, P.J.; Lingard, J.; Woodford, C.H. "A Generalized Measure of Farm-Specific Technical Efficiency", *American Journal of Agricultural Economics* 73, 1991.
- Delfino, J.A. "Eficiencia, apertura de la economía y concentración industrial en Argentina", *Económica, La Plata*, Vol. XXXIII, No. 1, Enero - Junio de 1987.
- Eichhorn, W. "Eine Verallgemeinerung des Begriffs der Homogenen Produktionsfunktion", *Unternehmensforschung* 13, 1969.
- Färe, R. "On Scaling Laws for Production Functions", *Zeitschrift für Operations Research* 17, 1973.
- Färe, R.; Grosskopf, S.; Lovell, C.A.K. "Measurement of Efficiency of Production", *Kluwer Nijhoff*, Boston, 1985.
- Färe R.; Jansson, L.; Lovell, C.A.K. "Modeling Scale Economies with Ray-Homothetic Production Functions", *Review of Economics and Statistics*, 1985.
- Farrell, M.J. "The Measurement of Productive Efficiency", *Royal Statistical Association* 120, Series A - General, 1957.
- Førsund, F.R.; Hjalmarsson, L. "Frontier Production Functions and Technical Progress: A Study of General Milk Processing and Swedish Dairy Plants", *Econometrica* 47, 1979.
- Førsund, F.R.; Jansen, E.S. "On Estimating Average and Best Practice Homothetic Production Functions via Cost Functions", *International Economic Review* 18, 1977.
- Graboski, R.; Kraft, S.; Pasurka, C.; Aly, H.Y. "A Ray-Homothetic Frontier and Efficiency: Grain Farms in Southern Illinois", *European Review of Agricultural Economics* 17, 1990.
- Greene, W.H. "On Estimation of a Flexible Frontier Production Model", *Journal of Econometrics* 13, 1980.
- Hibbard, J.D.; Hornbaker, R.H.; White, D.C. "Input Price and Quantity Components in Low Cost / High Profit Grain Production, Western Agricultural Economics Annual Meeting in Colorado Springs, Colorado, 1992.
- Huang, C.J. "Estimation of Stochastic Frontier Production Function and Technical Inefficiency via the EM Algorithm", *Southern Economic Journal* 50, 1984.
- Kalijaran, K.P.; Shand, R.T. "A Generalised Measure of Technical Efficiency", *Applied Economics* 21, 1989.
- Meeusen, W.; Van der Broeck, J. "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review* 18, 1977.
- Muller, J. "On Sources of Measured Technical Efficiency: The Impact of Information", *American Journal of Agricultural Economics* 56, 1974.
- Neff, D.L.; Garcia, P.; Hornbaker, R.H. "Efficiency Measures Using the Ray-Homothetic Function: A

- Multiperiod Analysis”, Southern Journal of Agricultural Economics 23, 1991.
- Neff, D.L.; Garcia, P.; Nelson, C.H. “Technical Efficiency: A Comparison of Production Frontier Methods”, Journal of Agricultural Economics, Vol. 44, No. 3, September 1993.
- Pindyck, R.; Rubinfeld, D. “Econometric Models and Economic Forecasts”, McGraw-Hill, N.Y., 1981.
- Richmond, J. “Estimating the Efficiency of Production”, International Economic Review 15, 1974.
- Schmidt, P.; Lovell, C.A.K. “Estimating Stochastic Production and Cost Frontiers When Technical and Allocative Inefficiency are Correlated”, Journal of Econometrics 13, 1980.
- Shephard, R.W. “Cost and Production Functions”, Princeton University Press, N.J., 1953.
- Shephard, R.W. “Theory of Cost and Production Functions”, Princeton University Press, N.J., 1970.
- Sonnet, F. “Adopción de innovaciones, productividad e impacto en la agricultura de la zona de Tercero Arriba”, Conicor, Julio de 1993.
- Timmer, P. “Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency”, Journal of Political Economy 79, 1971.
- Zellner, A.; Revankar, N.S. “Generalized Production Functions”, The Review of Economic Studies 36, April 1969.