

# Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina

AMILCAR ARZUBI (\*)

JULIO BERBEL (\*\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante la primera mitad de la década 90 hubo una importante reconversión de las explotaciones lecheras argentinas a través de inversiones en tecnología. Ello se reflejó tanto en incrementos de la producción total de leche (litros/año) como en incrementos de la productividad, expresada en litros/vaca y en litros/hectárea (SAGPyA, 1997; CIL, 1999). Los ingresos derivados por la venta de la leche, fundamentalmente a partir de la consolidación del Mercosur, compensaron estas inversiones y generaron rentabilidad positiva.

Pero la disminución del precio recibido por el productor a partir de 1999, desde una media de 17 centavos (1) para el período 91/97 hasta los 13 centavos de marzo de 2000 (Revista *Infortambo*, 2000), está impactando negativamente en sus niveles de renta. Este cambio ha provocado confusión en el sector respecto del camino más conveniente para las empresas, especialmente en cuanto a la definición de planes productivos para el mediano y largo plazo.

La situación se manifiesta particularmente sensible para los productores de leche del Abasto Sur de Buenos Aires, zona que se caracte-

---

(\*) *Cátedra de Administración Rural, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Lomas de Zamora. Argentina.*

(\*\*) *Economía, Sociología y Política Agraria, Escuela Técnica Superior de Ing. Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba. España.*

(1) *Todas las referencias monetarias que se mencionan en este artículo se encuentran expresadas en US \$ (dólares estadounidenses). De manera que 17 centavos = 0,17 US \$.*

riza por la existencia de sistemas de producción intensivos y por mayores costos medios de producción en relación a otras regiones lecheras (Arzubi/Schilder, 1999).

La proximidad al mayor centro consumidor de la Argentina, como es la Ciudad de Buenos Aires, ha motivado la localización de empresas en una región poco favorable para la producción de leche en base a praderas (sistema predominante de la Argentina), dadas las limitantes climáticas y edáficas.

Sin embargo, esta región ha perdurado gracias a que su tecnificación y sus altas proporciones de uso de piensos comprados se manifestaron en relativamente altas productividades que derivaron en ingresos suficientes para generar beneficios. Esta estrategia continúa, incluso con nuevas inversiones en infraestructura, maquinaria y, especialmente, en genética de los hatos lecheros.

Pero la merma en el precio que parece haberse instalado hace necesario el replanteo de las estrategias. Bajo estas condiciones resulta prioritario corregir las desviaciones debidas a la *ineficiencia* en el uso de los recursos.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la eficiencia relativa de las explotaciones lecheras para conocer cómo se encuentran los productores lecheros luego del proceso de reconversión y a qué niveles de eficiencia condujo dicha reconversión. Su interés se basa en la presunción de que las estrategias identificadas en las empresas eficientes pueden ser trasladadas hacia las empresas no eficientes. Así mismo, se pretende contribuir a la orientación de líneas de actuación para corregir las causas de ineficiencias y aumentar la capacidad competitiva de las explotaciones ineficientes.

## 2. EL SECTOR LECHERO DEL ABASTO SUR

Las explotaciones productoras de leche se clasifican en el concepto de PYME (pequeña y mediana empresa) y, dentro de ellas, son empresas precio-aceptantes. La leche constituye el insumo para la industria láctea, quien actúa, sin intervención alguna de entidades mediadoras o gubernamentales, como fijador de precio del producto para el sector de la producción primaria. Los productores de esta región de Abasto se encuentran disociados, no constituyen cooperativas ni asociaciones de venta ni otro tipo de nucleamiento que los represente. Dentro de este marco, el margen de negociación del productor es muy reducido, a pesar de que pueda elegir libremente el volumen de producción sin estar restringido a un sistema de cuotas de leche.

Debido a la estacionalidad de la producción de leche (Parella-da/Schilder, 1999), la industria incentiva la producción invernal pagando un mayor precio durante dicho período (2). El ganadero debe decidir entre una menor producción o incrementarla con compra adicional de piensos, aumentando, por lo tanto, su costo medio de producción. Como, a la vez, cada litro producido en el invierno tiene el efecto adicional de disminuir la cantidad de litros que le son considerados excedentes el resto del año, muchos productores lecheros optan por esta alternativa (3).

Entre los ganaderos que optan por esta estrategia se encuentran los citados del Abasto Sur de Buenos Aires, que, aun a riesgo de incrementar sus costes medios, intentan maximizar beneficios logrando un mejor precio medio anual por la leche entregada a la industria.

Debe señalarse, así mismo, que estos productores son, en su mayoría, empresarios y no familias ganaderas. De hecho, los propietarios no viven en el campo, y el 100 por cien de los encuestados (35) cuenta con un socio-trabajador que realiza la actividad de ordeño propiamente dicha, llevándose un porcentaje por la venta de la leche. Con lo cual el propietario actúa empíricamente como empresario, ya que reúne los factores de la producción con el objetivo de obtener un beneficio económico (aunque también obtenga adicionalmente beneficios sociales, tales como esparcimiento).

De acuerdo a lo expuesto, en primera instancia se tratará el tema de la eficiencia desde un sentido clásico, esto es, la minimización de los *inputs* para la obtención del output, considerando como tal a la producción de leche. Y, a continuación, se incorporarán al análisis algunos indicadores económicos, como el beneficio empresarial y la rentabilidad, los cuales no necesariamente coincidirán con la eficiencia obtenida para cada firma.

Las empresas carecen, en su mayoría, de información de gestión. Tampoco existen estadísticas oficiales ni privadas que hayan revelado información económica de la zona. Por lo tanto, fue necesario realizar un diagnóstico técnico-económico de las empresas allí localizadas. Se trabajó en el marco de un convenio regional de la Universidad de

---

(2) En condiciones pastoriles, la mayor producción de pastos en calidad y cantidad es en el período primavera-estival, siendo éste el período de mayor producción de leche del año. Al mermar la producción de pastos en el invierno, merma también la producción láctea.

(3) La industria considera la leche entregada en invierno como «base invernal», en tanto la leche entregada al resto del año la divide en dos categorías: leche base y leche excedente, pagándose un precio menor por la leche excedente. La cantidad mensual de leche excedente se obtiene de restarle, a la producción total, el equivalente mensual de base invernal.

Lomas de Zamora y la Sociedad Rural de Coronel Brandsen, donde el proyecto contempló encuestar y analizar una población de 52 explotaciones inscritas en los registros de control lechero de la Sociedad Rural de Coronel Brandsen. Se lograron 39 encuestas, debiendo destacarse 4 por información incompleta. La base quedó conformada por 35 casos con datos correspondientes al ejercicio 1997/1998.

### 3. LA EFICIENCIA

En el campo de la producción lechera es frecuente estudiar la eficiencia a partir de indicadores técnicos parciales, tales como la producción por vaca, la producción por hectárea, la cantidad de pienso empleado por litro de leche, o el coste por litro, que sólo reflejan una combinación determinada de recursos utilizados y producto obtenido. Este enfoque incurre en una importante simplificación, ya que no se visualiza a la producción como el resultado de la suma e interacción de los factores que intervienen. Se ignora así la influencia en la obtención del output de la proporción y forma de combinación de los distintos insumos utilizados. Por lo tanto, un enfoque de la eficiencia que contemple la relación global de *outputs* e *inputs* resultará el más conveniente.

Farrell fue el primero en introducir, en 1957, la producción bajo este último criterio y creó el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia (Farrell, 1957). Propuso que se visualice la eficiencia desde una perspectiva real y no ideal, donde cada firma o unidad productiva sea evaluada en relación con otras tomadas de un grupo representativo y homogéneo. De esta manera, la medida de la eficiencia será relativa y no absoluta, donde el valor logrado de eficiencia para una firma determinada corresponde a una expresión de la desviación observada respecto a aquellas consideradas como eficientes.

El mismo autor dividió a la eficiencia en dos componentes: *técnica* y *asignativa*. La primera se refiere a la habilidad de una firma para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de insumos, o bien, a partir de un nivel dado de producto, obtenerlo con la menor combinación de insumos. La segunda muestra la habilidad de una firma para usar los factores en proporciones óptimas, dados los precios de éstos, y obtener un determinado nivel de producción con el menor coste, o bien, para determinado nivel de costes, obtener la máxima cantidad de producto. Ambas medidas, combinadas, proveen una medida de la *eficiencia económica*.

Conforme al desarrollo de la informática, la idea original de Farrell ha podido trasladarse a su aplicación empírica a través, fundamen-

talmente, de dos metodologías: la estimación de fronteras estocásticas y el análisis envolvente de datos (*Data Envelopment Analysis*, DEA). La primera implica el uso de la econometría, y para la segunda se recurre al uso de la programación lineal.

La estimación econométrica se desarrolló adoptando la idea inicial de eficiencia a la forma funcional de una frontera, que indica la máxima producción para una combinación de factores dada. Pueden observarse puntos por debajo de la frontera, que representan firmas que producen por debajo del máximo posible, pero nunca por encima de ésta. Esta función, si bien permite la existencia de desviaciones de la frontera por razones distintas a la ineficiencia, tiene la limitante de suponer *a priori* una forma funcional para los datos.

En el DEA se establece la formulación del modelo y la resolución calcula la frontera de producción como una envolvente a los datos, determinándose para cada uno de los datos si pertenece o no a la frontera. Se adapta a contextos multiproductos (4) e, incluso, de ausencia de precios. Se le atribuye, como desventaja, la dificultad para comprobar hipótesis estadísticas y el hecho de no contemplar el error aleatorio de los datos, con lo cual toda desviación del óptimo es considerada ineficiencia.

La elección del DEA como metodología de análisis de eficiencia se debió a que la misma no requiere la especificación de una forma determinada de curva, por ser una técnica no paramétrica. Además, posibilitó el enfoque hacia múltiples outputs. Este tratamiento se realizó de manera complementaria al análisis con un único output, que es el que se detalla en el presente trabajo, permitiendo la comparación entre ambos resultados (ver Anexo).

El modelo original de DEA fue desarrollado por Charnes *et al* (1978), quienes proponen que la eficiencia relativa de una firma (5) puede ser obtenida con la resolución del siguiente problema:

$$\text{Max}_{u,v} = \frac{u' y_i}{v' x_i}$$

Sujeta al siguiente conjunto de restricciones:

---

(4) Lectores interesados en conocer la metodología DEA y sus aplicaciones pueden consultar, por ejemplo, Boussofiane *et al* (1991), Charnes *et al* (1995), Coelli *et al* (1997), Cooper *et al* (1999), El-Mahgary (1995).

(5) Bajo la metodología DEA, se emplea también la denominación unidad organizativa o DMU, que no se restringe a empresas. Para nuestro caso, por tratarse de empresas lecheras, preferimos continuar utilizando la palabra firma.

$$\frac{u' y_j}{v' x_j} \leq 1, \quad j = 1, \dots, N$$

$$u, v \geq 0$$

donde:

$u'$  = peso asociado al output genérico *i-ésimo*.

$v'$  = peso asociado al input genérico *i-ésimo*.

$y_i$  = cantidad de *output*.

$x_j$  = cantidad de *input*.

$N$  = número de firmas.

Si se asume que los datos están compuestos de  $K$  *inputs* y de  $M$  *outputs*,  $x_i$  e  $y_i$  representarán sus vectores respectivos para cada una de las  $N$  firmas. La eficiencia de cada firma se obtiene maximizando el cociente que mide la eficiencia de dicha unidad, sujetando el proceso de optimización a que la eficiencia de todas las firmas, incluyendo la propia unidad que es evaluada, sea menor o igual que la unidad. Tanto el numerador como el divisor quedan expresados en términos de *inputs* y *outputs* ponderados por un sistema homogenizador de las unidades en que se miden las diferentes variables. En términos analíticos constituye un modelo de programación fraccional, cuyas variables representan los pesos más favorables para la firma analizada.

La solución del modelo proporciona la cuantificación de la eficiencia de cada firma con respecto a las demás unidades, así como los mejores valores de peso que han permitido alcanzar dicha eficiencia. Si en el óptimo el resultado es 1, entonces la firma es eficiente en términos relativos respecto a las otras  $N - 1$  unidades. Por el contrario, si en el óptimo es menor que 1 ello significa que, aun habiendo elegido la firma evaluada sus pesos más favorables, existen firmas en la muestra que combinan sus *inputs* y *outputs* de manera más eficiente.

Procediendo a la linealización de la estructura del modelo para resolverlo por programación lineal, se maximiza el numerador y se iguala el denominador a una constante. La eficiencia relativa de cada firma se obtiene a través del siguiente programa lineal:

$$\text{Max}_{u,v} = (u' y_i)$$

Sujeto al conjunto de restricciones:

$$v' x_i = 1$$

$$u' y_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N$$

$$u, v \geq 0$$

Debe señalarse que es preciso resolver el problema lineal  $N$  veces, obteniéndose en cada vez la eficiencia relativa de una firma.

Para que la metodología DEA tenga poder discriminatorio, es necesario que la cantidad de firmas sea superior al número de *inputs* y *outputs* considerados. Algunos autores (El-Mahgary/Ladhelma, 1995) indican que ha de cumplirse la condición de que el número de firmas sea mayor que el triple de las variables utilizadas (*outputs* + *inputs*). Dado que en este trabajo se utilizan un *output* y tres *inputs*, esta recomendación es ampliamente cumplimentada con las 35 explotaciones lecheras.

Actualmente se prefiere resolver el problema Dual, modelo que puede ser escrito de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{st} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Donde:

$X$  = matriz de *inputs*  $K \times N$ .

$Y$  = matriz de *outputs*  $M \times N$ .

$\theta$  = es un escalar.

$\lambda$  = es un vector de constantes  $N \times 1$ .

El dual implica la utilización de menor número de restricciones (dado que  $K+M < N+1$ ), pero no es una mera construcción computacional. Permite ilustrar acerca de la naturaleza de la eficiencia relativa dado que se obtienen, en el caso que existan, las holguras (*slacks*) o reducciones no radiales de *inputs*. Para que una unidad sea considerada técnicamente eficiente en el sentido de Farrell,  $\theta$  será igual a uno y las holguras serán igual a cero.

El modelo presentado hasta aquí se empleó para el primer procesamiento de las 35 observaciones. Fue el modelo original desarrollado por Charnes *et al* (1978), y asumía que todas las firmas se encontraban operando en la escala óptima con rendimientos a escala constantes (CRS). Mas adelante, Banker *et al.* (1984) sugieren una extensión del modelo hacia situaciones de rendimientos variables a escala, modificando el programa lineal de manera de incorporar una restricción de convexidad ( $N\mathbf{1}'\lambda = 1$ ). Para diferenciarlo del anterior se le llama modelo de rendimientos variables a escala (VRS), y la expresión del mismo es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta \\
 & \text{st} \\
 & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0 \\
 & N1' \lambda = 1
 \end{aligned}$$

Donde N1 es un vector unitario de  $N \times 1$ .

Esta modificación permitió descomponer a la eficiencia técnica (que llamaremos en adelante *eficiencia técnica global*) en dos: *eficiencia técnica pura* y *eficiencia de escala*. Para ello deben calcularse los dos modelos, CRS y VRS, con los mismos datos: si hay una diferencia entre las dos mediciones para una firma en particular, entonces significa que dicha firma posee ineficiencia de escala y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición CRS y la medición VRS.

La eficiencia técnica pura coincide con la medición VRS. Las ineficiencias de escala se originan de producir en un nivel de escala que no es óptimo, considerando como tal al que se obtiene de reescalar la actividad de las firmas eficientes (CRS=1). La eficiencia técnica global es el producto de las dos eficiencias, técnica pura y de escala, y su medición coincide con el modelo CRS.

Debe advertirse que el modelo puede tener dos orientaciones, hacia la optimización en la combinación de *inputs* (modelo *input*-orientado) para la obtención del *output*, o hacia la optimización en la combinación de *outputs* (modelo *output*-orientado).

Al tratar con el modelo CRS, el cálculo de las ineficiencias *input*-orientadas obtiene los mismos valores que el cálculo de las ineficiencias *output*-orientadas. Pero si el modelo es VRS, habrá diferencias en el cálculo de las ineficiencias según se orienten hacia *inputs* o hacia *outputs*.

La interpretación de las ineficiencias es en el sentido «cuánto podría ahorrarse de los *inputs* utilizados sin alterar la cantidad de *output* producida actualmente». Dado que en Argentina no existen topes de producción láctea por firma, se consideró interesante incluir el tratamiento de los datos empleando el modelo *output*-orientado, cuya interpretación es la siguiente: «cuánto podría obtenerse de *output* con el mismo nivel de *inputs* si no se produjeran ineficiencias». Así, se obtiene una medida de la cantidad de leche que podría producirse adicionalmente si todas las firmas fueran eficientes.

Se incluye, así mismo, un indicador para conocer si la ineficiencia de escala de una firma se debe a que está operando en el área de rendimientos decrecientes a escala (*drs*) o en el área de rendimientos

crecientes a escala (*irs*). Para ello, debe substituirse la restricción  $\mathbf{N1}'\lambda = \mathbf{1}$  por  $\mathbf{N1}'\lambda \leq \mathbf{1}$ . Ello incorpora la imposición de no permitir rendimientos crecientes a escala. De esta manera, si el nuevo valor obtenido al ejecutar esta formulación es igual a VRS, significa que la firma está operando en el sector de la curva de rendimientos decrecientes a escala. Si es distinto, significa que está operando en el sector de rendimientos crecientes a escala. Por supuesto, las firmas con VRS=CRS tienen la escala óptima y no son consideradas para esta clasificación.

La expresión completa del modelo es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{st} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & \mathbf{N1}' \lambda \leq 1 \end{aligned}$$

Se empleó, para la resolución de los problemas lineales, el programa DEAP, versión 2.1. (Coelli, 1996).

#### 4. SELECCIÓN DE VARIABLES

Se elige como único output a la producción física de leche, dada su preeminencia en la composición de los ingresos totales de la explotación lechera, donde la venta de leche representa el 86,7 por ciento. El 13,3 por ciento restante está constituido por la venta de carne (animales de descarte) e incrementos de inventarios de hacienda. Como la producción de carne es, a los efectos prácticos, un subproducto de la actividad lechera, no se dispone de información de costes diferenciados de leche y de carne. Por lo tanto, se ha optado por la metodología seguida por Poppe/Boone (1998) y por Frank/Vanderlín (1998) (6), que consiste en restar a los costes totales las ventas de carne, considerándola a ésta como una actividad sin beneficios ni pérdidas. El residuo representa el coste de la actividad producción de leche.

Se eligen como *inputs* tres variables: superficie ganadera, número de vacas totales y costes de producción de leche. Los motivos son los siguientes:

---

(6) Se determina un Coste de Mediano Plazo (CMP), que involucra a los gastos en efectivo, tanto directos como de estructura, y las amortizaciones del capital correspondiente a mejoras y maquinaria. Se obtiene, de acuerdo al método del coste residual por unidad de producto principal, restando a los gastos totales los ingresos por la venta de productos secundarios (carne y granos).

- La superficie ganadera es el factor que incide tanto por la alta participación en la composición del capital total de la empresa que tiene el valor de la tierra como por su influencia directa sobre la producción de forrajes.
- Las vacas influyen directamente sobre la producción de leche y, conjuntamente con la tierra, reúnen el 80 por ciento de la inversión en capital. Además, la gran mayoría de los indicadores parciales de eficiencia técnica la involucran (litros/vaca es la más clásica).
- Los costes están representando el conjunto de los factores restantes que intervienen en el proceso de producción. Incluye rubros tales como alimentación, salarios (7), reparaciones, depreciaciones.

El criterio fue abarcar la diversidad de tecnologías presentes en la región. De esta manera podemos comprender, dentro del mismo análisis, tecnologías marcadamente diferentes. Aquellas explotaciones que tienen una estrategia más intensiva de producción emplean una menor superficie relativa y mayores costes relativos, en comparación con aquellas otras explotaciones extensivas que emplean menores costes pero mayor proporción de tierra para lograr un determinado nivel de producción de leche total. Las que sean eficientes en estos dos aspectos conjuntamente, e incorporando además la eficiencia por vaca, serán consideradas con la mayor calificación DEA.

#### 4.1. Variables

##### «Outputs»

- a) Litros de leche: expresada en litros de leche diarios producidos. Se obtuvo de dividir el total anual por 365 días. Es la variable utilizada como output.

##### «Inputs»

- b) Superficie: expresada en hectáreas ganaderas. Es la cantidad de hectáreas dedicadas a la actividad.

---

(7) El motivo de incluir a la mano de obra dentro de los costes, y no considerarla como un input independiente, obedece a que, en el marco socioeconómico actual de la Argentina, no constituye un recurso escaso. De hecho, los contratos eventuales son una realidad, y la tasa de paro muy alta. Con lo cual, constituye un gasto más dentro del total de costes. En cuanto a las depreciaciones, si bien no pueden modificarse en el corto plazo, se encuentran agrupadas conjuntamente con los gastos en un único input porque se determinó la eficiencia técnica de largo plazo, luego de un proceso de reconversión que incluyó modificaciones en la estructura de producción.

- c) Vacas: expresada en número de vacas totales. Se obtiene de sumar la cantidad total al final de cada mes y dividir luego por 12 meses.
- d) Coste: expresado en moneda (dólares/día).

En el cuadro 1 se han incluido algunas estadísticas descriptivas, en las cuales puede observarse que se trata de explotaciones de gran tamaño relativo (Arzubi/Schilder, 1999), con una superficie media de 411 hectáreas y 201 cabezas. Es decir, la carga media es 0,5 vacas por hectárea ganadera. La productividad media por vaca total es de 15 litros/vaca/día y, expresada en hectáreas, de 7,2 litros/ha/día.

Cuadro 1

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS PARA LAS 35 EXPLORACIONES PRODUCTORAS DE LECHE DE LA REGIÓN ABASTO SUR DE BUENOS AIRES

Unidades	Output	Input		
	Leche (litros/día)	Superficie (ha ganaderas)	Vacas totales (Número)	Costes (U\$s / día)
Media	2.911	411	201	522
Desviación estándar	1.430	240	77	240
Valor máximo	6.890	1.339	462	1.279
Valor mínimo	1.132	109	103	215

También podrá notarse que existe una gran dispersión de tamaños, expresado en litros, vacas o hectáreas.

## 5. RESULTADOS

En el cuadro 2 se incluyen los índices obtenidos para las 35 firmas, con el modelo *input*-orientado. La primera columna muestra la eficiencia técnica global (CRS), la segunda la eficiencia técnica pura (VRS), la tercera la eficiencia de escala (Escala) y la cuarta indica si las firmas con ineficiencia de escala se encuentran operando en el sector de rendimientos a escala crecientes o en el sector de rendimientos a escala decrecientes.

En el cuadro 3 se han sintetizado los principales resultados globales del modelo, apreciándose que la eficiencia global conjunta es del 78,2 por ciento. Existe, por tanto, un margen para el ahorro de recursos sin modificar el nivel de *outputs* de un 21,8 por ciento. Las firmas efi-

Cuadro 2

## ÍNDICES DE EFICIENCIA DEA DE LAS FIRMAS

Firma	Índices DEA			Rendimientos a escala
	CRS	VRS	Eficiencia de escala	
1	0,723	0,724	0,998	<i>drs</i>
2	0,655	0,672	0,974	<i>irs</i>
3	0,590	0,624	0,946	<i>irs</i>
4	1,000	1,000	1,000	-
5	0,778	0,785	0,991	<i>irs</i>
6	0,755	0,793	0,952	<i>irs</i>
7	0,530	0,878	0,604	<i>irs</i>
8	0,828	1,000	0,828	<i>irs</i>
9	1,000	1,000	1,000	-
10	0,952	0,955	0,997	<i>drs</i>
11	0,925	0,925	1,000	-
12	0,876	0,930	0,942	<i>drs</i>
13	0,814	0,837	0,972	<i>drs</i>
14	0,751	0,805	0,933	<i>drs</i>
15	0,646	0,779	0,828	<i>irs</i>
16	0,672	0,746	0,901	<i>irs</i>
17	0,612	0,875	0,700	<i>irs</i>
18	0,824	0,827	0,997	<i>drs</i>
19	0,839	0,841	0,998	<i>irs</i>
20	1,000	1,000	1,000	-
21	0,746	0,752	0,992	<i>irs</i>
22	0,604	0,641	0,942	<i>irs</i>
23	0,677	0,679	0,996	<i>irs</i>
24	0,579	0,624	0,928	<i>irs</i>
25	0,791	0,809	0,977	<i>irs</i>
26	0,689	0,710	0,970	<i>irs</i>
27	0,644	0,681	0,946	<i>irs</i>
28	0,914	0,940	0,972	<i>irs</i>
29	0,811	0,835	0,971	<i>drs</i>
30	0,771	0,821	0,939	<i>irs</i>
31	0,959	0,995	0,964	<i>irs</i>
32	0,869	0,881	0,987	<i>drs</i>
33	0,709	1,000	0,709	<i>irs</i>
34	1,000	1,000	1,000	-
35	0,845	0,850	0,994	<i>irs</i>

CRS: Eficiencia técnica para el modelo DEA de rendimientos constantes a escala.

VRS: Eficiencia técnica para el modelo de rendimientos variables a escala. Eficiencia técnica pura.

Eficiencia de escala: eficiencia debido a la escala en el modelo VRS.

*drs*: rendimientos decrecientes a escala.

*irs*: rendimientos crecientes a escala.

Cuadro 3

## SÍNTESIS DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEA

	Índices DEA		
	CRS	VRS	Eficiencia de escala
Media	0,782	0,835	0,939
Desviación estándar	0,13	0,12	0,09
Valor máximo	1,00	1,00	1,00
Valor mínimo	0,53	0,62	0,60
N.º de firmas eficientes	4	6	5
% de firmas eficientes	11,4%	17,1%	14,3%
N.º de firmas drs			8
N.º de firmas irs			22

cientes fueron solamente 4, que representan un 11 por ciento del total. Al descomponer la eficiencia global en sus dos partes, se distingue una mayor ineficiencia técnica pura (16,5 por ciento) con respecto a la ineficiencia debido a la escala (6,1 por ciento), aunque existan menos firmas eficientes en escala (5) que las eficientes técnicamente (6). Las ineficiencias de escala pueden atribuirse al hecho de que las firmas se encuentran produciendo por debajo de la escala óptima, dado que se encontraron 22 firmas con rendimientos a escala crecientes (*irs*) en comparación con 8 que operan con rendimientos a escala decrecientes (*drs*).

Si enfocamos ahora el problema desde el punto de vista del producto, los resultados hallados con el modelo output-orientado indican una pequeña merma en la eficiencia técnica pura: 81,9 por ciento para el modelo output-orientado. Ello implica que se podría esperar un incremento cercano al 20 por ciento en la producción de leche total, sin incrementar las cantidades de inputs, si todas las firmas operaran eficientemente. Considerando el anteriormente citado precio medio de la leche para el periodo 1991-97 (0,17 dólares/litro) y la media de producción por firma (2911 litros/día), implica una pérdida media prácticamente de 100 dólares/día/firma debido a ineficiencias técnicas. Esta pérdida resultaría aún mayor si incorporáramos las ineficiencias por no operar en la escala óptima.

En el cuadro 4 se investiga la relación entre la eficiencia y las variables técnico-económicas. Se ha agrupado a las firmas en 4 intervalos elegidos por observación directa según su eficiencia técnica global,

siendo los intervalos:  $<0,70$ , de 0,70 a 0,799, de 0,80 a 0,899 y  $\geq 0,90$ . Pueden comentarse los siguientes aspectos:

- a) El grupo de menor eficiencia ( $<0,70$ ) es también el de menor escala, tanto si se mide en términos de output, litros, como en superficie, vacas o nivel de costes. Se aprecia también la menor productividad por vaca (11,9 litros/vaca), aunque su productividad por hectárea no es diferente a los siguientes dos grupos (6,61 litros/ha). En cuanto a los aspectos económicos, es el único grupo con resultados negativos, (beneficio y rentabilidad) y el de mayor coste de producción (0,228 dólares/litro).
- b) Los dos grupos con niveles intermedios de eficiencia presentan, en general, características parecidas, aunque el de 0,80-0,899 tenga un tamaño superior tanto en litros como en vacas o superficie. De hecho, es el de mayor escala de los cuatro, y puede observarse que hay una mayoría de firmas operando con rendimientos decrecientes a escala.

Cuadro 4

VARIABLES TÉCNICAS Y ECONÓMICAS EN RELACIÓN CON LA EFICIENCIA  
TÉCNICA GLOBAL

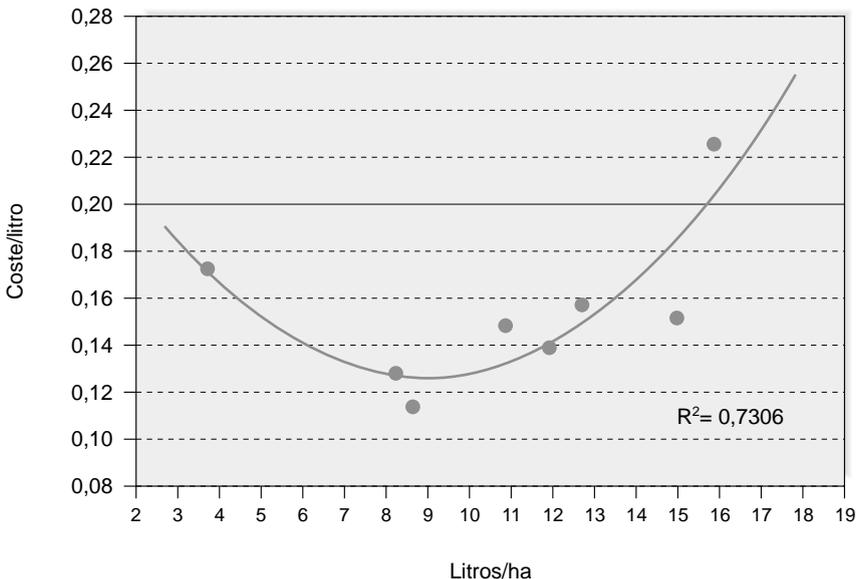
Intervalo de eficiencia	Unidades	Menor de 0,70	De 0,70 a 0,799	De 0,80 a 0,899	Mayor o igual a 0,90
Casos		11	9	7	8
CRS		0,63	0,78	0,82	0,97
VRS		0,72	0,80	0,90	0,98
Eficiencia Escala		0,89	0,98	0,91	0,99
Firmas con <i>irs</i>	número	11	6	3	2
Firmas con <i>drs</i>	número	0	3	4	1
Firmas CRS=VRS	número	0	0	0	5
Litros	litros/día	2.032	3.065	3.501	3.429
Tierra	has	307	465	545	376
Vacas	cab	171	212	231	204
Coste	U\$s/día	468	554	574	519
Carga	cab/ha	0,56	0,46	0,42	0,54
Litros/vaca	lts/vc/día	11,9	14,5	15,1	16,9
Litros/ha	lts/ha/día	6,61	6,60	6,42	9,12
Coste/vaca	U\$s/vc/día	2,73	2,61	2,48	2,55
Coste/ha	U\$s/ha/día	1,52	1,19	1,05	1,38
Coste/litro	U\$s/litro	0,228	0,178	0,163	0,155
Beneficio	U\$s/día	-9,7	116,5	175,8	220,6
Rentabilidad	%	-0,3	5,0	5,2	6,1

- c) El grupo de mayor nivel de eficiencia ( $>0,90$ ) se destaca especialmente, en relación a los otros tres, por su gran productividad por hectárea (9,12 litros/ha). Presenta también la más alta productividad por vaca (16,9 litros/vaca) y es, a la vez, el de mejores indicadores económicos, logrando un beneficio de 220 dólares/día.
- d) Se observa que, a medida que crece el nivel de eficiencia, crece la escala expresada en litros, no sucediendo lo mismo si ésta se expresa en superficie o en vacas.
- e) Los resultados económicos se van incrementando con el nivel de eficiencia de cada grupo. Lo mismo sucede con la productividad por vaca.
- f) No se aprecian diferencias en otros indicadores, tales como la carga, los costes por hectárea o los costes por vaca.

Puede conocerse qué estrategia productiva adoptan las empresas de mayor eficiencia analizando el grupo de mayor eficiencia ( $>0,9$ ): si se acepta que el incremento de productividad es consecuencia de operar con un modelo de producción más intensivo, podemos emplear el indicador litros/ha como expresión de intensificación, donde a mayor valor, mayor intensificación. En el gráfico 1 se ha relacionado

Gráfico 1

**Relación entre los litros/hectárea y el coste/litro para las firmas de mayor eficiencia técnica global ( $>0,90$ )**



este indicador con los costes de producción, expresados en dólares/litro, surgiendo algunos aspectos de interés:

En primer lugar, puede señalarse que no existe homogeneidad en cuanto a intensificación de la producción entre las empresas de mayor eficiencia. La productividad por hectárea va desde 3,5 a 16 litros diarios. En el coste sucede algo similar, va desde un mínimo de 0,12 a un máximo de 0,22 dólares/litro.

En segundo lugar, si se observa la forma de la curva de tendencia, habría algunas firmas operando con mínimo coste (entre 8 y 9 litros/ha) y otras que se encuentran ubicadas a la izquierda y a la derecha. Las primeras (en realidad, una sola) operando en zona de rendimientos crecientes, y las segundas en posiciones de operación a costes crecientes. Estas se ubican en una posición más intensiva y podrían ser representativas de aquellas estrategias comentadas al inicio, de mayor producción relativa de leche invernal para la obtención de un precio mayor de la leche vendida.

En tercer lugar, aun entre las empresas eficientes técnicamente pueden encontrarse algunas con resultados económicos negativos, como sucede con la firma que se ubica por encima del nivel de precios de la leche (0,20 dólares/litro). Esta es, precisamente, la de mayor productividad por hectárea. Con lo cual, podría concluirse que su orientación hacia la intensificación la ha llevado a un incremento de costes más que proporcional respecto al incremento en productividad, incluso superando el nivel de precios vigentes para el ejercicio 97/98. Estas situaciones extremas resultan comprensibles si se recuerda que se trata de empresas PYMES, precio-aceptantes y que perseguirían el máximo beneficio.

El análisis de esta firma eficiente es muy interesante, ya que nos encontramos con una empresa que ha intensificado de tal modo su producción que la ha llevado a niveles de costes superiores al precio de la leche. Resultará importante volver a analizar esta empresa en la actualidad.

La relación entre el tamaño y la eficiencia es otro tema interesante para analizar y que, en este caso, es abordado frecuentemente en los estudios sobre eficiencia. Aquí utilizamos el output, litros diarios de leche, como indicador de tamaño, agrupando a las firmas en cuartiles. Los resultados pueden visualizarse en el cuadro 5.

La eficiencia técnica global se incrementa conforme aumenta la escala del cuartil considerado. Sin embargo, no se aprecian de una manera manifiesta, especialmente en cuanto a eficiencia técnica pura. El primer cuartil se diferencia claramente de los otros tres por sus ineficiencias de escala, dado que su eficiencia técnica pura se

## Cuadro 5

## DISTRIBUCIÓN DE LA EFICIENCIA E INDICADORES TÉCNICO-ECONÓMICOS EN RELACIÓN CON EL TAMAÑO (LITROS/DÍA) SEPARADO POR CUARTILES

	Cuartiles			
	1	2	3	4
Intervalo	1132-1980	1980-2600	2600-3406	3406-6890
Nº de firmas	9	9	9	8
Litros	1.588	2.244	2.968	5.085
Tierra	272	324	403	675
Vacas	143	162	193	320
Coste	323	431	521	853
CRS	0,70	0,76	0,84	0,85
VRS	0,85	0,78	0,85	0,87
Escala	0,83	0,97	0,98	0,98
Litros/vaca	11,3	14,1	15,6	15,9
Litros/ha	6,6	7,6	8,4	8,4
Carga	0,59	0,53	0,55	0,52
Coste/vaca	2,25	2,68	2,71	2,67
Coste/ha	1,38	1,45	1,49	1,40
Coste/litro	0,202	0,192	0,177	0,168

ubica en un alto nivel relativo. El cuarto cuartil se distingue por su gran escala en producción de litros de leche, pero, en cuanto a los demás indicadores, es prácticamente similar al tercer cuartil.

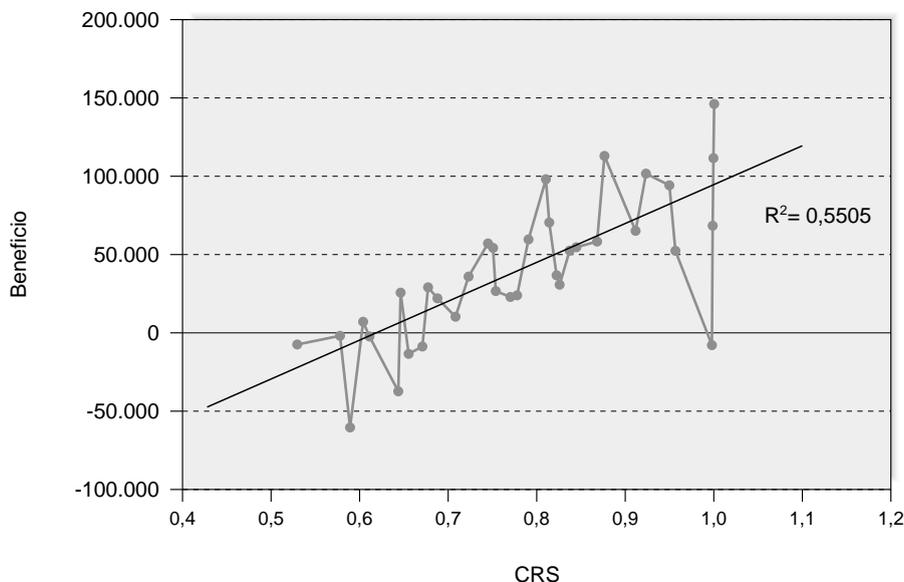
La productividad por vaca es, en este análisis, el indicador que acompaña al incremento de la escala, llegando hasta casi 16 litros/vaca para el cuarto cuartil. El coste por litro se comporta, de acuerdo a lo esperado, de manera inversa al aumento de la escala, es decir, decreciendo de izquierda a derecha.

Se elaboró el gráfico 2 intentando conocer qué tipo de relación existe entre los índices de eficiencia DEA y los beneficios, entendidos éstos como la diferencia entre ingresos y costos totales. Se puede apreciar que la tendencia, si bien moderada, es a que haya correspondencia entre la eficiencia y el beneficio; el R cuadrado fue 0,55.

De nuevo debe mencionarse que eficiencia técnica y beneficios no están relacionados directamente a pesar de existir una relación indirecta. La firma M ilustra el caso de una productividad muy alta y una eficiencia técnica en la frontera, pero con costes superiores al precio del mercado. Podría agregarse que la inten-

Gráfico 2

**Relación entre la eficiencia técnica global (CRS)  
y el beneficio (US\$/año)**



sificación no parece ser una estrategia apropiada en Argentina, especialmente si consideramos la actual crisis en el precio de la leche.

## 6. COMPARACIÓN CON OTROS TRABAJOS

Dado que no se han publicado trabajos sobre cálculo de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina utilizando la metodología DEA, realizaremos algunas comparaciones con trabajos internacionales. Comenzamos por indicar que, en un trabajo reciente (Rivas/Bravo-Ureta, 2000), los autores hallan una eficiencia promedio del 84,2 por ciento, considerando un conjunto de 6 trabajos (3 de EE.UU., 2 de Canadá y 1 de Australia). De esta manera, los valores hallados en la Cuenca de Abasto Sur de Argentina indicarían que los productores se encuentran operando con un mayor grado de ineficiencia.

Gonzalez Fidalgo *et al.* (1996) aplica el análisis de eficiencia a 133 explotaciones lecheras de Asturias, España. Allí se emplea como

*output* a la producción de leche, en litros, y como *inputs*, unidades de trabajo humano, hectáreas de superficie agrícola, número de vacas, kilogramos de pienso consumidos por las vacas y la depreciación de maquinaria e instalaciones en miles de pesetas. Como resultado principal del análisis se obtuvo un índice de eficiencia técnica global medio de 78 por ciento. Como se aprecia, muy similar al hallado en nuestro estudio. Encuentran que sólo el 5 por ciento de las explotaciones son técnicamente eficientes (descontando el efecto de la escala y el de la congestión) (8), mientras que esta cifra asciende al 20 por ciento cuando no se considera ineficiencias de escala.

Jaforullah y Whiteman (1999) analizan 264 explotaciones ganaderas de Nueva Zelanda, con el objetivo de estimar la eficiencia de las explotaciones lecheras después del incremento en el área de las mismas. Emplean como *output* a 3 expresiones de la producción lechera, como son: la producción de sólidos, de grasa y de proteína; y como *inputs* a la tierra (hectáreas), trabajo (horas), vacas lecheras (número) y costes en alimentación (piensos), fertilizantes, medicamentos y capital en equipamientos y construcciones. Hallan un 83 por ciento de eficiencia técnica global, estando el 17 por ciento de ineficiencia conformado de 11 por ciento de ineficiencia técnica pura y 6 por ciento de ineficiencia de escala. Este último, similar a las ineficiencias de escala de las explotaciones lecheras del Abasto Sur.

Fraser y Cordina (1999) utilizan el DEA para estimar la eficiencia técnica de 50 explotaciones lecheras de regadío en Australia, para dos periodos, 1994-95 y 1995-96. Emplean como *output* los kilogramos de grasa y proteína producidos, y seis *inputs*: vacas en ordeño (número), área de pasto (hectárea), cantidad de agua de riego (litros), alimentación suplementaria (megajoules de energía metabolizable), fertilizantes (toneladas) y trabajo (horas). Obtienen una eficiencia técnica media para 1994-95 de 90,5 por ciento y para 1995-96 de 90,8 por ciento; como se aprecia, muy similar. Estos autores encuentran, asimismo, mediante un test estadístico para comparación de distintos años, que no existen diferencias significativas ente los índices DEA de los dos periodos analizados.

Cloutier y Rowley (1993) aplican DEA para estimar la eficiencia técnica de 187 explotaciones lecheras de Quebec, Canadá, para dos

---

(8) La eficiencia por congestión surge como consecuencia de la división de la eficiencia técnica, una vez descontados los efectos de la escala, en eficiencia técnica pura y eficiente de congestión. La ineficiencia de congestión es atribuida a la incidencia de un factor que está presente en grandes proporciones y que, su aumento, provoca que el *output* no pueda permanecer al mismo nivel. Este concepto fue introducido por Faré et al (1985), pero, coincidiendo con Jaforullah y Whiteman (1999), consideramos que no se presenta en los sistemas de producción a campo (no estabulados), motivo por el cual se ha omitido en el presente estudio.

años (1988 y 1989). Utilizaron tres *outputs*: producción de leche (litros), ingresos por venta de leche y otros ingresos (moneda). Los *inputs*: vacas, trabajo, tierra (hectáreas), alimentación y una combinación de otros *inputs*. El modelo utilizado fue el CRS. La eficiencia media calculada fue de 88 y 91 por ciento para los años 1988 y 1989, respectivamente. El número de explotaciones eficientes fue 15 por ciento y 21 por ciento, respectivamente. Sugieren que las explotaciones lecheras de mayor dimensión aparentan ser más eficientes que las más pequeñas.

Otros trabajos que utilizan DEA en explotaciones lecheras son los siguientes:

*En EE.UU.*: Bravo-Ureta/Rieger (1990) hallan una eficiencia técnica de 73,7 por ciento para 404 firmas. Bravo-Ureta (1986), para 222 firmas, obtiene una eficiencia de 82,2 por ciento. Y Tauer (1993), para 395 firmas, halla una eficiencia de 79,0 por ciento.

*En Canadá*: Weersink/Turvey/Godah (1990), trabajando con 105 firmas obtienen una eficiencia de 91,8 por ciento.

*En Holanda*: Reinhard/Lovell/Thijssen (2000), obtienen un 78 por ciento de eficiencia para el modelo output-orientado, analizando una base de 1535 observaciones.

Mencionaremos también dos estudios de eficiencia realizados para Argentina, que si bien no trabajaron sobre la zona del Abasto Sur de Buenos Aires ni utilizaron DEA, pueden constituir como los referentes más próximos a nuestro análisis. Cursack de Castignani (1992), halla una eficiencia promedio de 47 por ciento para 133 tambos de la Cuenca Central (Santa Fé), trabajando con una función de frontera. Schilder/Bravo-Ureta (1995), que trabajan sobre una base de datos con una metodología de recopilación de información similar a nuestro estudio, realizan el cálculo de la frontera estocástica de costos para 84 explotaciones lecheras de la Cuenca Central (Santa Fe) y encuentran una eficiencia de costos del 83 por ciento.

## 7. CONCLUSIONES

El presente trabajo aportó información sobre un área no estudiada, donde los resultados permitieron conocer los niveles medios de eficiencia técnica global con que están produciendo las explotaciones lecheras de la región. La misma está en el 78,2 por ciento.

Al dividir la eficiencia global en sus dos componentes, se halló que la ineficiencia técnica pura era superior a la ineficiencia de escala, en el modelo input-orientado. Las ineficiencias de escala podrían atri-

buirse, principalmente, a que operan a rendimientos crecientes a escala. Ello indicaría que probablemente la reconversión no incluyó aumentos de la escala, donde la superficie ganadera actúa como el factor fijo más limitante.

Podría indicarse que la eficiencia calculada es, en realidad, la eficiencia relativa para el período 97/98. Sin embargo, es poco probable que sucedan cambios en los índices de eficiencia en el corto plazo, debido fundamentalmente a que el sistema de producción tiene una base forrajera y pastoril cuyos costos están, en buena medida, determinados *a priori* (praderas implantadas, reservas confeccionadas, cultivos sembrados, etc.). Los resultados obtenidos en Australia por Fraser y Cordina (1999), así lo confirman. Se está trabajando, de todas maneras, en un nuevo cálculo de eficiencia para el período 1999/2000.

Los resultados del modelo *output*-orientado permiten inferir que, sin alteración del nivel de *inputs* empleados, podría aumentarse la producción de leche en 18,1 por ciento. En términos económicos, representaría un aumento en el nivel de ingresos medios, *ceteris paribus*, de 100 dólares/día/firma, que resultaría aún mayor si incorporásemos las ineficiencias de escala.

El grupo conformado por las firmas con mayor eficiencia se diferencia del resto por su nivel de productividad en litros por hectárea. Si bien se apreció una diversidad productiva, este grupo es el que obtiene los mayores beneficios y los menores costes de producción por litro de leche. Aunque debe advertirse que la persecución de altas productividades puede concluir en resultados económicos negativos, tal cual lo observado para una de las empresas eficientes, como consecuencia del incremento de los costes medios de producción.

Se concluye que aquellas empresas identificadas como eficientes y que logran, a la vez, los mejores indicadores económicos constituyen modelos exitosos que podrían funcionar como orientadoras para la toma de decisiones estratégicas de aquellas empresas ineficientes. Además, podrían utilizarse como referentes para los programas de extensión con el fin de divulgar sus estrategias, contribuyendo así al incremento global de eficiencia en la región.

## BIBLIOGRAFÍA

ARZUBI, A. y SCHILDER, E. (1999): «¿Son altos los costos de producción de la leche en la cuenca de Abasto Sur de Buenos Aires?». *Trabajo presentado en la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Bahía Blanca.*

- BANKER, R.; CHARNES, A. y COOPER, W. W. (1984): «Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis». *Management Science*, vol. 30, 9: pp. 1.078-1.092.
- BOUSSOFIANE, A.; DYSON, R. G. y THANASSOULIS, E. (1991): «Applied data envelopment analysis». *European Journal of Operational Research*, 52: pp. 1-15.
- BRAVO-URETA, B. E. (1986). «Technical efficiency measures for dairy farm based on probabilistics frontier function model». *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 34 (3): pp. 399-415.
- BRAVO URETA, B. E. y RIEGER, L. (1990): «Alternative production frontier methodologies and dairy farm efficiency». *Journal of Agricultural Economics*, 41: pp. 215-226.
- CHARNES, A.; COOPER; W. W. y RHODES, E. (1978): «Measurement the efficiency of decision making units». *European Journal of Operational Research*, vol. 2: pp. 429-444.
- CHARNES, A.; COOPER; W. W.; LEWIN, A. Y. y SEIFORD, L. M. (1995): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- CIL (CENTRO DE LA INDUSTRIA LECHERA) (1999): «La lechería Argentina en cifras: una década de expansión, un futuro de desafíos». *Industria Lechera*, Año 89, 718: pp. 12-20.
- CLOUTIER, L. y ROWLEY, R. (1993): «Relative technical efficiency: Data Envelopment Analysis and Quebec's dairy farms». *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol.41, july: pp. 169-176.
- COELLI, T. (1996): *A guide to DEAP Versión 2.1.: A Data Envelopment Analysis Computer Program*. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. Departament of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia.
- COELLI, T.; PRASADA, R. y BATTESE, G. E. (1997): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M. y TONE, K. (1999): *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models. Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- CURSACK DE CASTIGNANI, A. M. (1992): *Eficiencia y escala en sistemas de producción de leche de la Cuenca Santafecina Central*. Trabajo presentado en el Congreso Anual de la Asociación Argentina de Producción Animal, Santa Fe.
- EL-MAHGARY, S. (1995): «Data Envelopment Analysis. A basic glossary». *Operation Research Society*, Vol 8 Issue 4, October-December 1995: pp. 15-22.
- EL-MAHGARY, S. y LADHELMA, R. (1995): «Data Envelopment Analysis: visualizing the results». *European Journal of Operational Research*, 85: pp. 700-710.
- FÅRE, R.; GROSSKOPF, S. y LOVELL, C. A. K. (1985): *The measurement of efficiency of production*. Kluwer Nijhoff Publishing, Boston.
- FARRELL, M. (1957): «The measurement of productive efficiency». *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*, 120, part. III: pp. 253-290.
- FRANK, G. y VANDERLIN, J. (1998): *Costos de producción de leche 1997 en 871 tambos del estado de Wisconsin (Estados Unidos)*. Informe preparado para el Seminario sobre Costos de Producción de Leche, organizado por la Asociación de Productores de Leche. Buenos Aires, 24/11/98.

- FRASER, I. y CORDINA, D. (1999): «An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia». *Agricultural Systems*, 59: pp. 267-282.
- GONZÁLEZ FIDALGO, E.; ALVAREZ PINILLA, A. y ARIAS SAMPEDRO, C. (1996): «Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras». *Investigación Agraria*, vol. 11 (1). Abril: pp. 173-190.
- JAFORULLAH, M. y WHITEMAN, J. (1999): «Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach». *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43 (4): pp. 523-541.
- PARELLADA G. y SCHILDER E. (1999). *Transformaciones cíclicas y estacionales de la producción lechera argentina a partir del plan de convertibilidad*. Documento de trabajo 4, INTA, febrero 1999.
- POPPE, K. J. y BOONE, J. A. (1998): *Metodología de cálculo de precios y costos de producción lecheras en Holanda y la Unión Europea*. Informe preparado para el seminario sobre Costos de Producción de Leche, organizado por la Asociación de Productores de Leche. Buenos Aires, 24/11/98.
- REINHARD, S.; KNOX LOVELL, C. A. y THIJSEN, G. J. (2000): «Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables; estimated SFA and DEA». *European Journal of Operational Research*, 121: pp. 287-303. *Revista Infortambo*, 134, Marzo 2000.
- RIVAS, T. y BRAVO-URETA, B. E. (2000): *Un análisis de eficiencia técnica para predios lecheros*. Trabajo presentado en la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Rosario.
- SAGPyA, DIRECCIÓN NACIONAL DE ALIMENTACIÓN (1997): *Informe Estadístico de Leche y Productos Lácteos*, 98 p.
- SCHILDER, E. y BRAVO URETA, B. E. (1994): «Análisis de Costos en Explotaciones Lecheras de la Región Central Argentina con Algunas Comparaciones Internacionales». *Revista de Investigación Agraria, Economía*. Vol. 9 (2): pp. 199-214.
- TAUER, L. (1993): «Short-run and long-run efficiencies of New York dairy farms». *Agricultural and Resource Economic Surveys*, 3.
- WEERSINK, A.; TURVEY, C. y GODAH, A. (1990): «Decomposition measures of technical efficiency for Ontario dairy farms». *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 38.

## ANEXO

Se ha trabajado también, aprovechando las ventajas de la metodología DEA, con 2 outputs simultáneamente, producción de leche y venta de carne. Si se mantienen los 3 inputs empleados anteriormente, es decir, superficie ganadera, cantidad de vacas y costes, podremos comparar los resultados. Los índices de eficiencia sólo variaron muy levemente, y la eficiencia global conjunta resultó en 78,6 por ciento. Como se aprecia, prácticamente similar a la obtenida con un único output (78,2 por ciento).

## RESUMEN

### Un análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras de Argentina

En el presente estudio se aplica un análisis de eficiencia con una metodología no paramétrica (DEA) sobre un conjunto de datos de panel conformado por 35 explotaciones lecheras ubicadas en la Cuenca de Abasto Sur de Buenos Aires, Argentina. El análisis se basó en modelos con rendimientos constantes a escala y variables a escala, bajo dos enfoques: input-orientado y output-orientado. Se utilizó un único output, la producción de leche; y tres inputs: la superficie ganadera, el número de vacas lecheras y el resto de costes expresados en dinero. Los resultados muestran un promedio de eficiencia técnica global de 78,2 por ciento, con una mayoría de firmas operando con rendimientos crecientes a escala. Un resultado interesante del análisis es la existencia de firmas técnicamente eficientes pero operando con un nivel de intensificación tal que provoca un costo de producción superior al precio de la leche.

**PALABRAS CLAVE:** Data Envelopment Analysis (DEA), eficiencia, explotación lechera.

## SUMMARY

### A non-parametric efficiency analysis in Argentina dairy farms

This research applies non parametric efficiency analysis (DEA) to a panel data of 35 firms in Cuenca de Abasto Sur of Argentina. The analysis tested was a constant and variable returns to scale model both under input-oriented and output-oriented approaches. There was only an output, i.e. milk production, and three inputs were considered relevant: area, number of cows and rest of cost. Results show an average efficiency of 78,2 per cent with a larger number of firms operating at increasing return to scale. An interesting outcome of the analysis is the existences of firms that were efficient technically but operating with an intensification that makes production cost over milk price.

**KEYWORDS:** Data Envelopment Analysis (DEA), efficiency, dairy farms.