

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS EXPLOTACIONES
LECHERAS.¹**

Belén Iráizoz Apezteguía. Manuel Rapún Gárate. Idoia Zabaleta Arregui
*Departamento de Economía. Universidad Pública de Navarra. Campus de
Arrosadía s/n, Pamplona 31006, Navarra, Spain.*

Abstract

El objetivo de este documento de trabajo es estimar y analizar la eficiencia técnica de un conjunto de explotaciones lecheras en una de las zonas pre-pirenáica de la Península Ibérica.

El método de análisis consiste en la estimación de funciones de producción frontera, una paramétrica y otra no paramétrica. A partir de las mismas se obtendrán dos medidas de la eficiencia técnica individual de cada explotación, lo que nos permitirá contrastar si la medida de la eficiencia técnica depende del método empleado en su estimación.

Los datos utilizados provienen de la Red Contable Agraria de Navarra y están referidos al año 1994.

1. INTRODUCCIÓN

Tras la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea (CEE) y la implantación de la Política Agraria Comunitaria (PAC), el sector agrario español ha tenido que hacer un esfuerzo de adaptación a esta nueva situación.

En concreto, el sector lechero se ha visto afectado por la competencia en precios, cantidad producida y calidad del resto de países miembros.

Además, la reforma de la Organización Común de Mercado (OCM) que la Comisión Europea ha propuesto para el sector lácteo que se aprobará en el primer semestre de 1999, contiene numerosos planteamientos negativos para los intereses del sector lácteo español.

¹ Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio titulado "Eficiencia técnica y costes de producción. El sector agrario de Navarra", y está financiado por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra.

En concreto, esta reforma plantea medidas de ajuste de precios y mercados, sin corregir los graves desequilibrios estructurales y de rentas que padece este sector de forma continuada. Tampoco se prevé la solución a los problemas de excedentes o el abusivo uso de fondos FEOGA por algunos sectores lácteos de la UE².

Por todo ello, para poder competir con productores lecheros comunitarios que producen a un menor precio, nuestro país debe intentar reducir sus costes de producción. Para ello, debe saber si las explotaciones lecheras están produciendo con la máxima eficiencia técnica y de escala.

El objetivo de este trabajo es evaluar el nivel de eficiencia de un conjunto de explotaciones lecheras de la zona norte española. En segundo lugar, analizaremos las variables que pueden determinar los niveles de eficiencia alcanzados para intentar dilucidar cuales serían las características óptimas de una explotación eficiente. En tercer lugar se contrasta la relación existente entre eficiencia y costes unitarios y por últimos extraeremos algunas conclusiones.

La producción de leche en la zona norte de Navarra es una actividad económica fundamental. En el contexto regional representa el 10% de su Producción Final Agraria de 1994 y se trata de la segunda actividad pecuaria detrás de la producción porcina. En comparación con otras regiones de la España húmeda, los ganaderos navarros obtienen mejores resultados productivos y económicos, lo que refleja una cierta ventaja comparativa. Además, se trata de un producto particularmente sensible por estar sometido a cuota y por su natural articulación con el sector transformador, el cual está siendo objeto de ajuste.

Por todo lo anterior, resulta necesario estimar y analizar la eficiencia técnica de esta actividad representada por un conjunto de explotaciones. Los resultados obtenidos constituyen una orientación válida para determinar si dichas explotaciones podrían reducir el consumo de *inputs* obteniendo la misma producción de leche. Ello supondría una disminución de sus costes de producción y una mejora de la competitividad.

² Véase Comisión Europea (1997): Agenda 2000.

2. MÉTODO

La eficiencia técnica de una unidad de producción se refiere al logro del máximo *output* posible dadas unas cantidades de *inputs*, o al uso mínimo de *inputs* dada una cantidad de *output*, teniendo en cuenta las relaciones físicas de producción.

La medida de la eficiencia técnica a partir de funciones de producción frontera fue propuesta inicialmente por Farrell (1957). El método consiste en estimar una función de producción frontera que permite calcular el *output* máximo (y^*) que puede ser obtenido por cada unidad de producción, dada una combinación de *inputs*. El nivel de eficiencia técnica (ET) de cada unidad productiva se puede calcular como la relación entre el producto obtenido (y) y dicho máximo, es decir, $0 \leq ET = \frac{y}{y^*} \leq 1$. Por lo tanto, para poder estimar la ET se precisa conocer la función de producción frontera, que en las aplicaciones empíricas se deriva de los datos disponibles, por lo que la eficiencia estimada se calcula a partir de las mejores prácticas observadas.

En la literatura se han desarrollado dos métodos principales para estimar la frontera: paramétrico y no paramétrico. La principal diferencia radica en establecer, ó no, *a priori* una forma funcional para la función de producción frontera. El principal inconveniente del paramétrico consiste en que la forma funcional elegida y utilizada en cada aplicación empírica es una hipótesis impuesta a los datos que no puede ser contrastada, pero tiene la ventaja de que se puede realizar inferencia estadística sobre los resultados obtenidos. El método no paramétrico tiene la ventaja de su flexibilidad, ya que se adapta a modelos multiproducto e impone condiciones menos restrictivas en cuanto a la tecnología de referencia. No obstante, su incapacidad para incluir perturbaciones aleatorias hace que sus resultados sean muy sensibles a errores de medida y de especificación del modelo.

2.1. Fronteras paramétricas estocásticas

Este tipo de fronteras fueron planteadas en primer lugar por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meussen y van den Broek (1977). Determinada la forma funcional que adopta la función de producción, estos autores plantean el

siguiente modelo: $y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i$, donde y_i es el *output* de la explotación i , x_i es el vector de *inputs*, β es un vector de parámetros y ε_i una perturbación compuesta por dos elementos, $\varepsilon_i = v_i + u_i$. El componente v_i es una perturbación simétrica que recoge las variaciones aleatorias en la producción debido a factores tales como errores aleatorios, errores en la observación y medida de los datos, la suerte, entre otros, y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$. El componente u_i es un término asimétrico que recoge la ineficiencia técnica de las observaciones y se asume que se distribuye independientemente de v_i , y que satisface que $u_i \leq 0$. Por lo tanto, hay que seleccionar distribuciones estadísticas para u_i que se distribuyan para un sólo lado. Aigner, Lovell y Schmidt analizan el caso de la seminormal y la exponencial. Meussen y van den Broeck estudian solamente este último caso³.

El método de estimación que proponen es Máxima Verosimilitud. A partir de la función de densidad de la suma de una variable normal simétrica y una variable exponencial y suponiendo que la función de producción es lineal, elaboran la función de verosimilitud a maximizar.

Un problema que se plantea en estos modelos es que la perturbación u_i no es observable directamente, por lo que no podemos conocer cual es la ineficiencia técnica de cada observación. Por esta razón dicha ineficiencia se estima a partir de la distribución condicionada de u_i dada ε_i , siguiendo a Jondrow et al. (1982).

2.2. Fronteras no paramétricas

Estos modelos se conocen con el nombre de Análisis Envoltente de Datos (DEA) y a través de métodos matemáticos de programación lineal tratan de determinar cuales son las Unidades de Toma de Decisiones que forman la superficie envolvente de "la mejor práctica", para cada unidad productiva. Las unidades eficientes pertenecerán a dicha frontera y las ineficientes quedarán "envueltas" por ella.

³ En nuestra aplicación supondremos que la perturbación u_i se distribuye como una seminormal, porque se ajusta mejor a los datos disponibles.

En esta aplicación se ha considerado un modelo orientado al *input* porque nos permitirá calcular la máxima cantidad de *output* obtenible con la mínima cantidad de *inputs* posibles.⁴

Supongamos una actividad productiva en la que hay n explotaciones, que utilizan m *inputs* $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{im}) \in \mathbb{R}_+^m$ para obtener s *outputs* $Y_i = (y_{i1}, \dots, y_{is}) \in \mathbb{R}_+^s$. Cada par de vectores (X_i, Y_i) constituye un proceso productivo. Si definimos Y como la matriz $s \times n$ de *outputs*, y X como la matriz $m \times n$ de *inputs* y λ como el vector intensidad $(n, 1)$ que pondera las actividades de cada explotación como componentes del Grupo de Comparación Eficiente, el conjunto de procesos productivos lo podemos definir como: $P = \{(X, Y) : Y \leq Y\lambda, X\lambda \leq X, \lambda \in \mathbb{R}_+^n\}$.

El modelo básico, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), asume que la tecnología de producción presenta rendimientos constantes a escala, y se plantea del modo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CRS}(Y_i, X_i, u^i, v^i) &= \min[-(u^i s + v^i e)] \\ & \quad Y\lambda - s = Y_i \\ \text{sa:} \quad & -X\lambda - e = -X_i \\ & \quad \lambda \geq 0, e \geq 0, s \geq 0 \end{aligned}$$

El índice de eficiencia técnica global se define: $\text{ETG}_i = \theta_g^* = \min \theta_g \{ \theta_g : (Y_i, \theta_g X_i) \in P \}$, donde θ_g^* es un escalar que representa la mínima proporción a la que se puede reducir el consumo de *inputs* sin alterar el nivel de *output*. Si el índice es igual a uno la unidad es técnicamente eficiente. Si es menor que 1 existe ineficiencia técnica⁵.

Esta medida de eficiencia puede ser el resultado de comparar unidades de gran escala con unidades hipotéticas de reducida escala y al contrario, posibilidades que en la práctica pueden ser inapropiadas. Para solucionar este problema, Banker, Charnes y Cooper (1984) plantearon un modelo en el que se permite que los rendimientos a escala sean variables, en cuyo caso se debe añadir al problema la restricción de que los λ_i sumen la unidad. Esta restricción garantiza que el modelo evalúa la pura eficiencia técnica, sin incluir

⁴ Orientarlo al *output* en el caso de las explotaciones lecheras no tendría mucho sentido porque dada la existencia de las cuotas lecheras impuestas por la Comunidad Europea, no interesa sobrepasar un nivel dado de producción

consideraciones de escala (la comparación de la eficiencia se realiza tomando como referencia a unidades de producción que operan en una escala similar a la que está siendo evaluada). A esta medida se le denomina Eficiencia Técnica Pura y se define como $ETP_i = \theta_p^* = \min \theta_p \{ \theta_p : (Y_i, \theta_p X_i) \in P \}$.

Dado que para hallar la ETP hemos restringido el Grupo de Comparación Eficiente, se cumple que $ETP_i \geq ETG_i$. Una vez conocida la eficiencia técnica global y la eficiencia técnica pura, la relación entre ambas nos indica la eficiencia de escala, que puede interpretarse como la reducción adicional en el consumo de *inputs* si la tecnología presentase rendimientos constantes a escala en el punto en el que se sitúa la unidad productiva evaluada, y viene dada por $EE_i = ETG_i/ETP_i$.

3. DATOS UTILIZADOS

Los datos utilizados para el análisis proceden del Departamento de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Navarra, y son empleados para elaborar la Red Contable Agraria de Navarra (RICAN). Por lo tanto, se trata de las contabilidades agrarias de explotaciones ganaderas y hacen referencia al año 1994. Se han seleccionado aquellas cuyas ventas de leche suponen más del 85% de los ingresos totales de la explotación. Con este criterio la muestra a utilizar es de 69 explotaciones lecheras.

Las variables utilizadas para estimar las funciones de producción son las habitualmente recogidas en la literatura⁶. En el Cuadro 3.1. se recogen sus estadísticas descriptivas.

Para medir el *output* se utiliza la producción de leche en litros (PLEC). Los *inputs* considerados son: el trabajo (TRAB) medido a través del número de Unidades de Trabajo Año⁷; la tierra (SAU) medida por las hectáreas de Superficie Agrícola Útil; el capital (CAP) medido por la depreciación de la

⁵ Tener un índice $\theta_g^* = 1$ no garantiza que no pueda reducirse el consumo de uno de los *inputs*, sino de todos a la vez. Se resuelve este problema si, además las variables de holgura son 0.

⁶ Véase, por ejemplo, Alvarez, Belknap y Saupe (1988), Bravo Ureta y Rieger (1990), Kumbhakar y Hjalmarsson (1993) y Kumbhakar y Heshmati (1995).

maquinaria y las instalaciones; los gastos ganaderos (GGAN) representados por los concentrados y forrajes, así como la partida de gastos específicos del ganado. Y por último, se consideran los consumos intermedios (CINT), donde se incluyen los gastos de cultivo, gastos de mantenimiento y gasto en energía. Estas tres últimas variables están expresadas en miles de pesetas.

Cuadro 3.1. Estadísticas básicas de las variables utilizadas.

| | Mínimo | Máximo | Media | Desv. Típica |
|--------------------------------|--------|---------|---------|--------------|
| Producción de leche (miles l.) | 56,1 | 976,8 | 328,1 | 233,0 |
| Trabajo | 0,51 | 3,37 | 1,47 | 0,72 |
| Tierra | 2 | 100 | 24,19 | 15,44 |
| Capital | 125,9 | 4.357,1 | 1.290,3 | 923,4 |
| Gastos ganaderos | 588,3 | 21.174 | 6.710,1 | 5528,9 |
| Consumos intermedios | 24,22 | 7512,9 | 1722,3 | 1560,3 |

Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. Frontera paramétrica.

Para la estimación de la frontera paramétrica, se ha asumido que adopta la forma de una función de producción Cobb-Douglas⁸, es decir, $y_i = A * \prod_{j=1}^n x_{ij}^{\beta_j} * e^{\varepsilon_i}$.

Una vez linealizada y teniendo en cuenta las variables consideradas en la aplicación, la función a estimar es:

$$\ln PLEC_i = \alpha + \beta_1 \ln TRAB_i + \beta_2 \ln SAU_i + \beta_3 \ln CAP_i + \beta_4 \ln GGAN_i + \beta_5 \ln CINT_i + \varepsilon_i$$

Los resultados de la estimación aparecen en el Cuadro 4.1. Como se puede observar todos los coeficientes tienen el signo esperado y resultan significativos. Se ha contrastado la hipótesis de rendimientos constantes a escala (la suma de los coeficientes que acompañan a las variables es igual a

⁷ La Unidad de Trabajo Año tiene las siguientes equivalencias: Mano de obra no asalariada: 1 UTA=2.200 horas/año. Mano de obra asalariada: 1 UTA=1.800 horas/año.

⁸ Se ha estimado también una función de producción translog, pero dada la escasez de datos disponibles, los coeficientes estimados resultan no significativos.

uno) obteniendo un valor para el estadístico de Wald, que se distribuye como una χ^2 con 1 grado de libertad, de 0,07, por lo que se acepta dicha hipótesis⁹.

Cuadro 4.1. Frontera paramétrica estimada.

| VARIABLE | COEFICIENTE | t-RATIO |
|--------------|-------------|----------|
| Constante | 6,34 | 22,24* |
| lnTRAB | 0,222 | 4,01* |
| lnSAU | 0,045 | 2,11** |
| lnCAP | 0,052 | 1,46**** |
| lnGGAN | 0,575 | 12,78* |
| lnCINT | 0,116 | 3,75* |
| λ | 2,098 | 1,61*** |
| σ | 0,172 | 5,21* |
| Log-Verosim. | 49,94 | - |

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%. **** Significativo al 15%.

Una vez estimada la función de producción, se debe calcular la $E(u_i|\varepsilon_i)$. No obstante, como se pretende comparar estos resultados con los obtenidos mediante una frontera no paramétrica, para estimar la eficiencia técnica (ET1) de cada explotación se debe calcular $\exp(-E(u_i|\varepsilon_i))$, ya que la función viene dada en logaritmos.

4.2. Frontera no paramétrica.

Resolviendo los dos problemas de programación matemática se han obtenido los diferentes niveles de eficiencia técnica global (ETG) y de eficiencia técnica pura (ETP), para posteriormente, y relacionando las anteriores, calcular la eficiencia de escala (EE).

4.3. Comparación de los resultados de ambas fronteras.

La distribución de frecuencias y las estadísticas básicas del nivel de eficiencia técnica así calculado (ET1), así como los índices de eficiencia técnica global

⁹ Este resultado nos va a permitir comparar la eficiencia técnica obtenida a través de la frontera estocástica, que está orientada a la maximización del *output*, con la obtenida a través de la frontera no paramétrica orientada a la minimización del consumo de *inputs*, ya que como demuestran Färe y Lovell (1978), ambas medidas coinciden cuando los rendimientos a escala son constantes.

(ETG), pura (ETP) y de escala (EE) derivados de la estimación de la frontera no paramétrica vienen recogidas en el Cuadro 4.2. El nivel de eficiencia es relativamente alto si lo comparamos con los obtenidos por explotaciones lecheras en otros ámbitos territoriales¹⁰. En todo caso, los ganaderos podrían producir la misma cantidad de leche con una reducción en torno al 10% en el consumo de *inputs*.

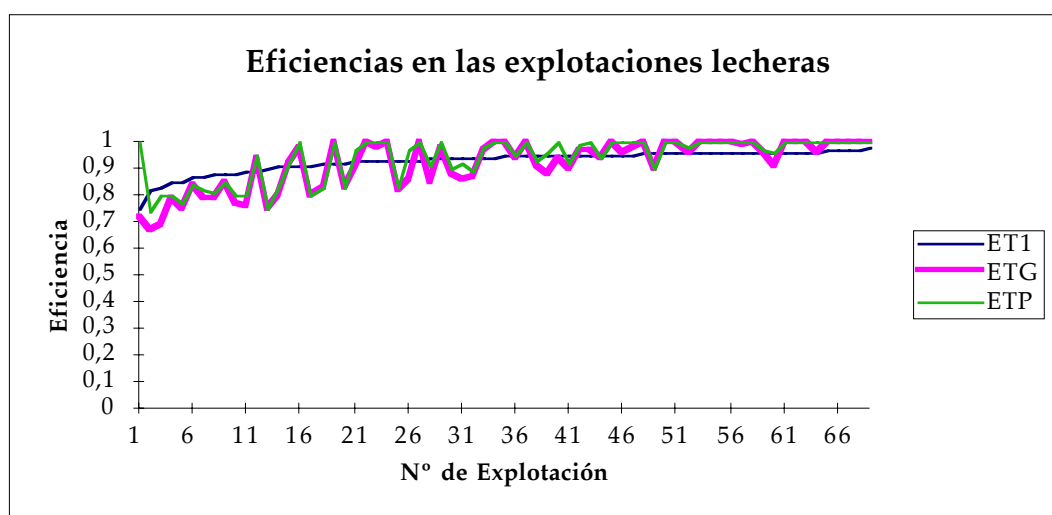
El nivel de eficiencia técnica resultante de la frontera paramétrica estocástica presenta un coeficiente de correlación de Pearson con la eficiencia técnica global y la eficiencia técnica pura de 0,83 y 0,71 respectivamente, siendo ambos coeficientes significativos al 1%. Por otra parte, las ordenaciones de las explotaciones derivadas de dichos niveles de eficiencia presentan un coeficiente de correlación de rangos de Spearman de 0,76 y 0,73 respectivamente, también significativos al 1%.

Cuadro 4.2. Niveles de eficiencia técnica calculados

| Eficiencia técnica | ET1 | | ETG | | ETP | | EE | |
|--------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| | Obs. | | Obs. | | Obs. | | Obs. | |
| 0,0-0,75 | 2 | 2,9 | 4 | 5,8 | 1 | 1,4 | 1 | 1,4 |
| 0,75-0,80 | 7 | 10,1 | 7 | 10,1 | 5 | 7,2 | 0 | 0 |
| 0,80-0,85 | 8 | 11,6 | 7 | 10,1 | 9 | 13,0 | 0 | 0 |
| 0,85-0,90 | 16 | 23,2 | 7 | 10,1 | 3 | 4,3 | 2 | 2,9 |
| 0,90-0,95 | 31 | 44,9 | 9 | 13,0 | 10 | 14,5 | 7 | 10,1 |
| 0,95-1 | 5 | 7,2 | 35 | 50,7 | 41 | 59,4 | 59 | 85,5 |
| Media | 0,885 | | 0,915 | | 0,937 | | 0,975 | |
| Desviación típica | 0,06 | | 0,09 | | 0,08 | | 0,04 | |
| Mínimo | 0,694 | | 0,669 | | 0,731 | | 0,734 | |
| Máximo | 0,973 | | 1 | | 1 | | 1 | |

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰Véase, por ejemplo, Bravo Ureta y Rieger (1990), Arias y Alvarez (1993), Gonzalez, Alvarez y Arias (1996) y Hallam y Machado (1996). Ello pone de manifiesto, tal como se ha señalado en la introducción, una elevada adaptación técnico-económica de la producción lechera navarra en el contexto español.



Por lo tanto, podemos concluir que los dos tipos de análisis ofrecen resultados similares. Por esta razón el análisis posterior se realiza utilizando el nivel de eficiencia técnica calculado a partir de la frontera estocástica.

4.4. Elementos explicativos de la eficiencia.

A continuación se analiza la relación entre la eficiencia técnica y algunas variables relativas al tamaño, a la combinación de *inputs* y a los resultados de las explotaciones.

La producción de leche (PLEC), el número de vacas (VACAS), la Superficie Agrícola Útil (SAU) y el número de UTAs (TRAB) son indicadores del tamaño de la explotación.

Las variables que hacen referencia a la combinación de *inputs* son número de vacas por hectárea de superficie (VAC/SAU), miles de pesetas de concentrado por vaca (CON/VAC), miles de pesetas de forraje por vaca (FOR/VAC), número de vacas por unidad de trabajo año (VAC/UTA) y hectáreas de superficie por unidad de trabajo año (SAU/UTA).

Por último, se consideran las variables miles de litros de leche producida por vaca (LEC/VAC), pts gastadas en concentrado por litro de leche (CON/LEC), la producción de leche por unidad de trabajo al año (LEC/UTA) y la los litros de leche obtenidos por hectárea de superficie (LEC/SAU) para medir el resultado de la explotación. Además, incluimos una variable que hace referencia a la especialización de la explotación que consiste en el porcentaje de las ventas de la explotación correspondiente a la venta de leche (ESP).

4.3. Estadísticas básicas de las variables utilizadas.

| | Media | Mínimo | Máximo |
|---------------------|--------------|---------------|---------------|
| VACAS | 50,84 | 12,0 | 146,2 |
| VAC/SAU (vacas/ha) | 3,43 | 0,85 | 56,72 |
| CON/VAC (miles Pts) | 83,55 | 29,71 | 142,69 |
| FOR/VAC (miles Pts) | 17,45 | 0,01 | 86,28 |
| VAC/UTA (vacas/UTA) | 33,89 | 12,23 | 60,66 |
| SAU/UTA(has/UTA) | 15,02 | 0,83 | 48 |
| LEC/VAC (l/vaca) | 6.179,64 | 4.110,34 | 7.737,59 |
| CON/LEC (pts/l) | 13,45 | 4,83 | 23,68 |
| LEC/UTA (l/UTA) | 212.316,47 | 64.382,63 | 406.076,5 |
| LEC/SAU (l/ha) | 22.621 | 4.878 | 390.720 |
| ESP | 0,85 | 0,51 | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de este cuadro se desprende la heterogeneidad existente entre las distintas explotaciones. Esta disparidad puede venir dada por el tamaño de la unidad productiva, medido por la superficie o por el número de vacas. Del manejo de las explotaciones también se desprenden diferencias en cuanto a la carga ganadera o el consumo de piensos, y también de los resultados.

Para realizar el análisis de la varianza hemos clasificado las explotaciones en tres grupos en función de su eficiencia técnica como: explotaciones con eficiencia baja, media y alta. Para cada grupo se ha calculado la media de las variables señaladas anteriormente y se ha estudiado si las diferencias entre los tres grupos son estadísticamente significativas. Los resultados se recogen en el Cuadro 4.4.

La relación entre tamaño de las explotaciones y eficiencia técnica es una de las variables más estudiadas en la literatura, si bien los resultados no son concluyentes. En nuestro caso, podemos señalar que no existe relación estadísticamente significativa entre dichas variables¹¹. En realidad, en las explotaciones lecheras no encontramos razones por las que las explotaciones grandes deban ser más eficientes que las pequeñas. Es cierto que en una explotación grande el capital puede estar más amortizado y el coste del litro de leche ser menor, pero la calidad y cantidad de producto obtenido por las

¹¹ Por ejemplo, Bravo Ureta (1986) señala que ambas variables son independientes, mientras que Bravo Ureta y Rieger (1990) y Hallam y Machado (1995) obtienen una relación positiva y significativa.

vacas depende de otras variables como la raza, el terreno y el clima de su habitat, etc.

Cuadro 4.4. Resultados del análisis de la varianza .

| EFICIENCIA TÉCNICA | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|------------|
| | Baja | Media | Alta | Valor de F |
| Efic. técnica | 0,80 | 0,90 | 0,94 | 125,46* |
| PLEC | 296.813 | 335.804 | 351.769 | 0,33 |
| SAU | 19,93 | 19,21 | 23,28 | 0,44 |
| TRAB | 1,60 | 1,36 | 1,42 | 0,67 |
| VACAS | 46,09 | 51,88 | 54,55 | 0,40 |
| VAC/SAU | 2,92 | 3,50 | 5,45 | 0,62 |
| VAC/UTA | 28,71 | 36,06 | 36,87 | 3,69** |
| CON/VAC | 93,87 | 88,69 | 68,07 | 10,37* |
| CON/LEC | 15,03 | 14,24 | 11,08 | 15,17* |
| SAU/UTA | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 1,66 |
| LEC/VAC | 6224,12 | 6216,07 | 6098,71 | 0,16 |
| LEC/UTA | 180.930 | 225.993 | 230.025 | 2,60*** |
| LEC/SAU | 183,15 | 231,42 | 363,84 | 0,64 |
| FOR/VAC | 21,55 | 15,04 | 15,73 | 0,71 |
| ESP | 0,85 | 0,86 | 0,83 | 0,39 |

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%.*** Significativo al 10%.

En cuanto a las variables que hacen referencia a la combinación de *inputs*, las explotaciones más eficientes utilizan menos concentrados por vaca y disponen de más vacas por trabajador.

Las explotaciones más eficientes utilizan menos concentrado por litro de leche y aunque no existen diferencias significativas en la producción de leche por vaca, al disponer de más vacas por trabajador, obtienen más leche por trabajador.

Para terminar el análisis hemos realizado un ajuste mínimo cuadrático ordinario entre el nivel de eficiencia y las variables utilizadas. El procedimiento utilizado ha sido el *stepwise* que sigue un proceso de selección de variables “paso a paso”. El proceso se inicia sin ninguna variable independiente en la ecuación de regresión. En cada paso se introduce o se elimina una variable. El proceso finaliza cuando no queda ninguna variable fuera de la ecuación que satisfaga el criterio de selección, ni tampoco queda ninguna variable que satisfaga el criterio de eliminación.

Las variables seleccionadas al final de proceso se recogen en la siguiente tabla:

Cuadro 4.5. Variables seleccionadas en el ajuste.

| VARIABLE | COEFICIENTE | t-RATIO |
|-----------|-------------|-----------|
| CONSTANTE | 0,709 | 14,94 * |
| VAC/UTA | 0,003 | 5,807* |
| FOR/VAC | -0,001 | -4,817* |
| CON/VAC | -0,002 | -8,021* |
| SAU/UTA | -0,139 | -1,714*** |
| LEC/VAC | 0,00005 | 5,187* |

* Significativo al 1%.*** Significativo al 10%.

El ajuste presenta un coeficiente R^2 de 0,55. Todas las variables seleccionadas son significativas al 1% a excepción de la Superficie Agrícola Útil por Unidad de Trabajo Año (SAU/UTA) que lo es al 10%.

La eficiencia se relaciona positivamente con el número de vacas por UTA y con el rendimiento de leche por vaca (LEC/VAC). Ambas variables presentan el comportamiento esperado, ya que si hay un mayor número de vacas por trabajador y se obtienen más litros por vaca, cabe esperar que la eficiencia técnica en esas explotaciones sea alta. No obstante, esta última variable no es significativa en el análisis de la varianza.

Por otro lado, la eficiencia presenta una relación negativa con las variables: miles de pesetas de forraje por vaca (FOR/VAC), miles de pesetas de concentrado por vaca (CON/VAC) y hectáreas de Superficie Agrícola Útil por Unidad de Trabajo Año (SAU/UTA). No obstante, ni el forraje por vaca ni las hectáreas por UTA son significativas en el análisis de la varianza.

De este resultado se puede concluir que en aquellas explotaciones donde mayor es el coste de la alimentación por animal menor es su nivel de eficiencia. Asimismo, una mayor disponibilidad de superficie por unidad de trabajo año está asociada a una menor eficiencia. En síntesis, las variables relacionadas con los inputs utilizados en la alimentación animal, expresados tanto en términos de coste, como de superficie dedicada a su producción, tienen una relación negativa con la eficiencia. Estos resultados complementan los obtenidos en el análisis de la varianza al incorporar las variables

representativas de la alimentación dependiente del suelo como elementos negativos en la eficiencia.

5. EFICIENCIA Y COSTES DE PRODUCCIÓN.

En este apartado se pretende contrastar la relación existente entre costes unitarios y eficiencia y las variables precedentes.

Antes de comenzar con el análisis de los costes, dado que la RICAN presenta para cada explotación los costes totales, hubo que asignar costes entre los diferentes cultivos de cada explotación.

De acuerdo con el criterio seguido por la Red Contable Europea, la asignación de gastos se ha producido teniendo en cuenta si la explotación es agrícola o ganadera.

Las explotaciones ganaderas reparten todos los costes (maquinaria, mano de obra, costes directos, costes indirectos, etc.) proporcionalmente al Producto Bruto de cada actividad ganadera.

La fórmula utilizada para la imputación de costes en cada explotación ha sido la siguiente:

COSTE "X" IMPUTADO AL PRODUCTO "K":

$(\text{Total coste "X"} / \text{Producción bruta total}) * \text{Producción bruta del producto "K"}$

El coste unitario se compone de los siguientes costes:

I. **Costes directos:** Semillas y plantas, fertilizantes, productos fitosanitarios y otros suministros (todos ellos se resumen en la variable GCUL). Por último se añade el reemplazo.

II. **Costes de maquinaria:** Trabajos contratados, carburantes y lubricantes y reparaciones repuestos.

III. **Costes de mano de obra:** Mano de obra general y mano de obra familiar.

IV. **Costes indirectos pagados:** Intereses y gastos financieros, canon de arrendamiento, contribuciones e impuestos, conservación de edificios y mejoras y otros gastos generales.

V. Amortización.

VI. **Otros costes indirectos:** Renta de la tierra e Intereses de otros capitales propios. Estas dos últimas variables han sido calculadas de la siguiente manera siguiendo el método RICAN.

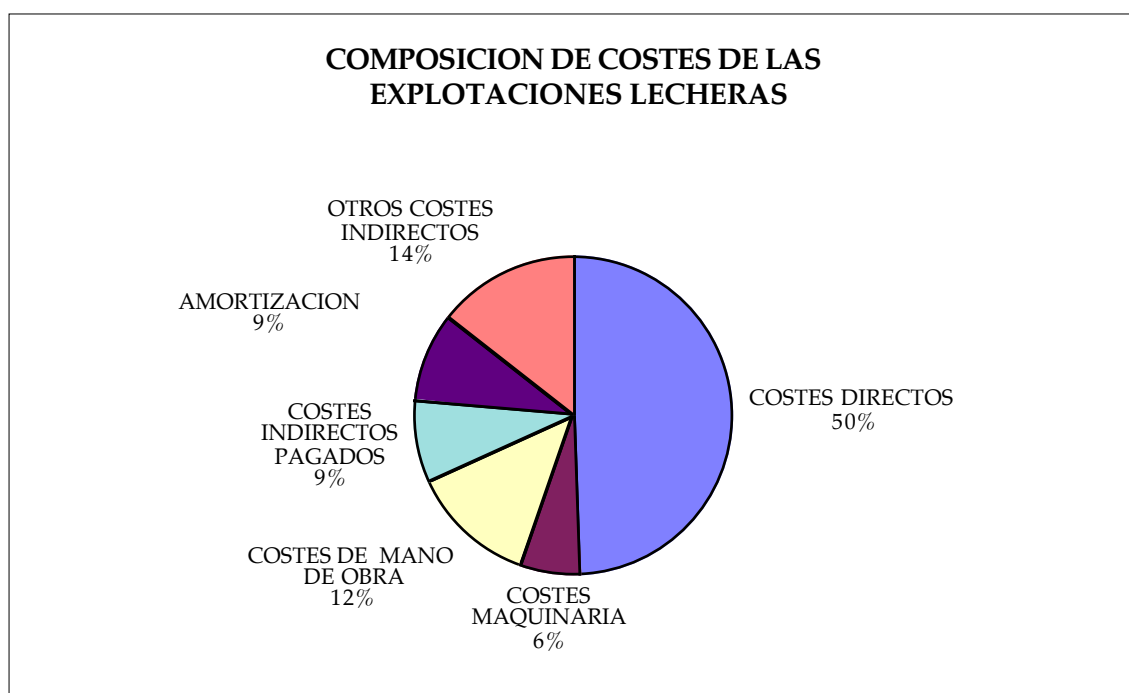
- Renta de la tierra: Se obtiene de multiplicar por el 4% el Inventario Final asociado a las “tierras agrícolas” y asociado a la “superficie forestal”.

- Intereses de otros capitales propios: Se calcula de la suma de Intereses de Edificios e Instalaciones e Intereses capital de explotación.

-Intereses de Edificios e Instalaciones: Se multiplica por un 6% la suma del Inventario Final de la RICAN -cultivos permanentes, mejoras regadío, otras mejoras y edificios-.

-Intereses capital de explotación: Se multiplica por un 6% la suma del Inventario Final -tractores, motocultores, cosechadoras, equipos Mov. Riego, otras máquinas y ganados- .

Gráfico 5.1. Estructura porcentual del coste de producción de un litro de leche.



El coste unitario lo hemos dividido en tres tramos. En primer lugar están las explotaciones que producen a un coste por litro bajo de 38,4 Pts, en segundo lugar las que producen a un coste medio de 43,9 pts, y por último las que producen a un coste alto de 51,31 pts.

Cuadro 5.1. Resultados del análisis de la varianza.

| COSTE UNITARIO | | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|
| | Bajo | Medio | Alto | Valor de F |
| Coste | 38,43 | 43,99 | 51,31 | 166,97* |
| PLEC | 393.287 | 332.226 | 258.873 | 1,97**** |
| SAU | 21,81 | 21,66 | 18,95 | 0,24 |
| TRAB | 1,57 | 1,44 | 1,38 | 0,41 |
| VACAS | 59,28 | 52,23 | 41,00 | 1,91**** |
| VAC/SAU | 5,91 | 3,19 | 2,78 | 1,04 |
| VAC/UTA | 35,71 | 35,61 | 30,32 | 1,64 |
| CON/VAC | 78,11 | 85,04 | 87,48 | 1,03 |
| CON/LEC | 12,12 | 13,73 | 14,49 | 3,89** |
| SAU/UTA | 0,148 | 0,151 | 0,150 | 0,005 |
| LEC/VAC | 6.397 | 6.159 | 5.982 | 1,53 |
| LEC/UTA | 231.075 | 220.511 | 185.363 | 1,97**** |
| LEC/SAU | 403,21 | 204,21 | 171,00 | 1,18 |
| FOR/VAC | 19,65 | 14,55 | 18,12 | 0,38 |
| Eficienc. técnica | 0,932 | 0,893 | 0,831 | 24,90* |
| ESP | 0,85 | 0,84 | 0,86 | 0,077 |

* Significativo al 1%. ** Significativo al 5%. *** Significativo al 10%. **** Significativo al 15%.

La variable PLEC resulta significativa y nos indica que a mayor número de litros de leche producidos menor coste por litro.

Las dos variables relacionadas con el tamaño, leche producida y números de vacas, muestran una relación significativa y negativa con el coste. Es decir, a mayor tamaño menor coste unitario de producción. En cierto modo, estaríamos en presencia de economías de escala.

El concentrado por litro de leche también tiene el comportamiento esperado, las explotaciones con mayor gasto en concentrado por litro son las de mayor coste.

La mayor producción de leche por unidad de trabajo, se asocia, como cabía esperar, a un coste unitario menor. Asimismo, también resulta evidente la relación negativa y significativa entre eficiencia y coste.

Para completar el análisis se ha realizado una regresión entre el coste y las variables precedentes. Al finalizar el proceso de selección de variables las que forman la ecuación son las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.2. Variables seleccionadas en el ajuste.

| VARIABLE | COEFICIENTE | t-RATIO |
|------------|-------------|----------|
| CONSTANTE | 140,11 | 12,10* |
| EFICIENCIA | -95,19 | -7,83* |
| LEC/VAC | -0,001 | -1,82*** |

* Significativo al 1%. ***Significativo al 15%.

El ajuste presenta un R^2 ajustado de 0,49. La eficiencia presenta una relación negativa con los costes unitarios.

En líneas generales, los resultados obtenidos son acordes con los esperados. Los litros de leche obtenidos por vaca son mayores cuando el coste unitario es más bajo, lo que confirma la existencia de economías de escala.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se deduce que:

1. Las explotaciones lecheras de Navarra podrían disminuir el consumo de *inputs* en torno al 10%, manteniendo constante la cantidad de leche producida. Esta conclusión se obtiene independientemente del método utilizado para la estimación de la eficiencia técnica.

2. En cuanto a las diferentes características de las explotaciones clasificadas en función de la eficiencia técnica, las más eficientes tienen un mayor nivel de especialización en la producción láctea, gastan menos en concentrados por vaca y cada trabajador dispone de más vacas. Este hecho tiene una relevancia especial en una producción sometida a cuota.

3. La relación obtenida entre eficiencia y costes de producción es negativa y significativa, tal como cabría esperar. Las explotaciones con menores costes tienen mayor número de vacas, estas mismas explotaciones obtienen más litros por trabajador. Y por último las unidades de producción con mayores costes son las que más concentrado por litro de leche utilizan.

6. BIBLIOGRAFIA

AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, P. (1977): "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models". *Journal of Econometrics*, vol. 5, n° 1, págs. 21-38.

ALVAREZ, A.; BELKNAP, J; SAUPE, W. (1988): "Eficiencia técnica de explotaciones lecheras". *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 145, págs. 143-156.

ARIAS, C.; ALVAREZ, A. (1993): "Estimación de eficiencia técnica en explotaciones lecheras con datos de panel". *Investigación Agraria, Economía*, vol. 8 (1), págs. 101-109.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), págs. 1078-1092.

BRAVO URETA, B.E. (1986): "Technical Efficiency Measures for Dairy Farms Based on a Probabilistic Frontier Function Model". *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 34, págs. 399-415.

BRAVO URETA, B.E.; RIEGER, L. (1990): "Alternative Production Frontier Methodologies and Dairy Farm Efficiency". *Journal of Agricultural Economics*, vol. 41. (2), págs. 215-226.

COMISIÓN EUROPEA (1997).Agenda 2000.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1978): "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2 (6), págs. 429-444.

FÄRE, R.; LOVELL, C.A.K. (1978): "Measuring the Technical Efficiency of Production". *Journal of Economic Theory*, 19 (1), págs. 150-162.

FARRELL, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, ser. A, vol. 120, part. III, págs. 253-281.

GONZALEZ, E.; ALVAREZ, A.; ARIAS, C. (1996): "Análisis no paramétrico de eficiencia en explotaciones lecheras". *Investigación Agraria, Economía*, vol. 11 (1), págs. 173-190.

HALLAM, D.; MACHADO, F. (1996): "Efficiency analysis with panel data: A study of Portuguese dairy farms". *European Review of Agricultural Economics*, vol. 23, págs. 79-93.

JONDROW, J.; LOVELL, C.A.K.; MATEROV, I.S.; SCHMIDT, P. (1982): "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model". *Journal of Econometrics*, vol. 19, págs. 269-294.

KUMBHAKAR, S.C.; HESHMATI, A. (1995): "Efficiency Measurement in Swedish Dairy Farms: An Application of Rotating Panel data, 1976-88". *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 77, págs. 660-674.

KUMBHAKAR, S.C.; HJALMARSSON, L. (1993): "Technical efficiency and technical progress in swedish dairy farms". En H. O. Fried, C.A.K. Lovell y S.S. Sichmidt, ed.: *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*, New York: Oxford University Press. Págs.256-270.

MEEUSEN, W; VAN DEN BROECK, J. (1977): "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error". *International Economic Review*, vol. 18, nº 2, págs. 435-455.