

**Asociación Argentina de Economía Agraria**

**RESPUESTA DE LA OFERTA DE PRODUCTOS Y DEMANDA  
DE INSUMOS A CAMBIOS DE PRECIOS EN LA LECHERÍA  
ARGENTINA<sup>1</sup>**

**Agosto, 2004**

**María Isabel Castigani**  
mcastign@fca.unl.edu.ar<sup>2</sup>

**Gonzalo Vargas Otto**  
gvargaso@puc.cl<sup>3</sup>

**Eduardo P. Ramírez Vera**  
eramirez@rimisp.org<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Trabajo producto de tesis de Magíster en Economía Agraria. Pontificia Universidad Católica de Chile. 4/11/03. y proyecto N° 116 Programación CAID 2000 – UNL.

<sup>2</sup> Prof. Adjunto. Cátedra de Administración de Organizaciones. Facultad de Ciencias Agrarias- UNL

<sup>3</sup> Prof. del Departamento de Economía Agraria. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.

<sup>4</sup> Secretario Ejecutivo e Investigador de Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

# **RESPUESTA DE LA OFERTA DE PRODUCTOS Y DEMANDA DE INSUMOS A CAMBIOS DE PRECIOS EN LA LECHERÍA ARGENTINA**

## **RESUMEN**

Esta investigación busca mejorar la comprensión de los sistemas de producción lecheros argentinos e identificar comportamientos de los tomadores de decisión frente a cambios en el entorno. Basándose en la teoría de la dualidad se estima un sistema de ecuaciones de demanda de insumos (arrendamiento de tierras, mano de obra, alimento concentrado y forrajes) y oferta de producto (leche) a partir de una función translogarítmica de beneficio de corto plazo. Se calculan elasticidades precio directas y cruzadas. Se comprueba que la oferta de leche depende principalmente de su precio y en menor medida del precio de sus insumos, lo que sugiere que una mejora del precio del producto es el principal incentivo para el crecimiento de la producción. Las elasticidades propias de precio obtenidas son prácticamente unitarias, tanto para la oferta de leche como para la demanda de mano de obra, arrendamiento de tierra y concentrados. Las elasticidades cruzadas de precios, son inelásticas y negativas entre los insumos, indicando una complementariedad entre ellos, cuando las empresas persiguen objetivos de maximización de beneficios.

**KEY WORDS:** empresas lecheras, función de beneficios translogarítmica, elasticidades, Argentina.

## **SUMMARY**

This research attempt to improve the understanding of Argentine dairy systems and identifying behaviors of decision makers under changing prices conditions. A translog system of output supply and inputs demand (labor, feed, dairy concentrates, land rent) are estimated using a short-run profit maximizing approach given by the duality theory of production. Own price and cross-price elasticities are calculated.

Empirical results proved that milk supply depends mainly on its price and less on the inputs price; hence it suggests that an increase in milk price is the most effective incentive for raising milk production. The estimated own-price elasticity of milk supply, and demand of labor, dairy concentrates and land rent are almost unitary. All of the estimated input cross-price elasticities are negatives and in the inelastic range, show that inputs are gross complements when firms pursue profit-maximizing objectives.

**KEY WORDS:** dairy farms, translog profit function, elasticities, Argentina.

**CLASIFICACIÓN TEMÁTICA:** 1.3 (Política Agraria en Macroeconomía del Sector Agropecuario y 2.1 (Análisis de oferta y demanda en Mercados, comercialización)

# **RESPUESTA DE LA OFERTA DE PRODUCTOS Y DEMANDA DE INSUMOS A CAMBIOS DE PRECIOS EN LA LECHERÍA ARGENTINA**

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción lecheros de Argentina han contribuido en la última década a la expansión productiva, industrial y comercial del sector mediante aumentos en el tamaño de la empresa y la incorporación de tecnología. El sendero tecnológico adoptado por el tambo fue inducido por políticas de precios de las industrias lácteas, a través de bonificaciones que fueron la causa principal del aumento de eficiencia (Ramírez, et al., 2000). El aumento en la calidad de insumos utilizados en los programas sanitarios, reproductivos y alimenticios, junto a la modernización de las instalaciones de ordeño se expresaron en un nuevo patrón en la asignación de recursos y en la demanda de insumos. Por otra parte, los cambios en las relaciones de precios incidieron sobre los coeficientes técnicos y, consecuentemente, en las relaciones de sustitución entre insumos y en la estructura de la demanda derivada de factores del sector lechero. Hasta 1998, el crecimiento fue la respuesta del sector al incremento de los precios del producto; el significativo aumento de la producción expuso al sector a las presiones crecientes derivadas del mercado internacional, y se reflejó en una sostenida tendencia a la disminución de precios del producto que junto a la contracción de la demanda interna como consecuencia de la agudización de la crisis económica ponen fin a este crecimiento de la lechería. A partir de 1999 la producción nacional de leche comenzó a disminuir, numerosos tambos salieron del sistema por falta de rentabilidad y altos niveles de endeudamiento. Siguiendo la tendencia mundial de los últimos años, el sector primario evolucionó hacia un menor número de tambos, con mayor superficie media, rodeos más grandes, mayor producción por tambo y mayores rendimientos por vaca (Iribarren, 2003). Se alteró la estructura productiva, la tecnología demandada y el manejo empresarial.

Este nuevo escenario genera la necesidad de revisar los procesos de producción y las decisiones de asignación de recursos en la empresa a fin de asegurar el máximo beneficio en función de los precios dados, considerando que la empresa es simplemente tomadora de precios tanto en el mercado de los productos como de los insumos. Para este tipo de análisis es frecuente el uso de modelos que intentan describir la conducta del productor y la incorporación de la tecnología. La toma de decisiones de política agropecuaria y la formulación de programas para el sector dependen en gran medida de los resultados que se obtienen con este tipo de modelos. Para su formulación se puede considerar la teoría de la producción tradicional (enfoque primal) que describe la tecnología y posibilidad de producción a partir de la función de producción o de transformación. Un enfoque alternativo es la teoría de producción dual, basada en las relaciones duales entre función de producción y funciones de beneficios. Se trabaja con datos económicos observados (oferta, demanda, precios, costos y beneficios) y la información que contiene la función de producción aparece incorporada en las funciones de beneficios, costos, oferta de productos y demanda de insumos. Bajo este enfoque, los modelos utilizados en el análisis de producción comprenden funciones de beneficios o de costos en vez de funciones de producción. Usar una función de beneficios permite conocer simultáneamente el comportamiento del productor en cuanto a su oferta de producción y a la demanda de insumos para realizarla.

Varios autores estimaron función de beneficios a fin de evaluar la respuesta en el cambio de insumos y productos ante variaciones de precios y la conducta del empresario con relación a la incorporación de tecnología. Lau y Yotopoulos (1971 y 1972), fueron los primeros en aplicar el enfoque dual en la economía de la producción. Estiman simultáneamente una función de beneficios (UOP, unit-output-price) y la demanda de insumos utilizando datos de la agricultura de India a fin de verificar la igualdad de eficiencia relativa de empresas grandes

y pequeñas. Sidhu y Baanante (1981) estiman la demanda de insumos y la oferta de trigo en la India usando una función de beneficio translogarítmica normalizada y restringida, que permite un análisis desagregado de la estructura de producción. Los aspectos metodológicos referidos al cálculo de elasticidades de demanda de insumos y de oferta del producto resultan de suma utilidad en este trabajo. Lopez (1984), seleccionando la especificación Generalizada Leontief (GL) estima una función de beneficios con dos productos y cuatro insumos para la agricultura canadiense, sobre datos de sección transversal provenientes del censo 1971. El estudio implementa un procedimiento que permite separar efectos de sustitución y expansión tanto para insumos como para productos a partir de la función de beneficio; informa posibilidades de sustitución y complementariedad de insumos y productos y las correspondientes elasticidades.

Específicamente en sistemas de producción lechera existen algunos trabajos que se basan en el uso de una función de beneficios de corto plazo. Por ejemplo, Ball (1988) modela la respuesta del sector agropecuario y testea los supuestos que se mantienen normalmente y utiliza una función de beneficios multiproducto (carne, leche, grano, oleaginosas, otros granos) multiinsumo (energía, trabajo contratado, otros). Blayney, Mittelhammer (1990) estudiaron la estructura de la tecnología lechera para el estado de Washington. Diferenciaron en la respuesta de la producción el efecto precio del efecto tecnología. A partir de una función de beneficios translogarítmica y en empresas lecheras del noreste de Estados Unidos, Adelaja (1991) descompone las elasticidades de la oferta de leche en sus componentes: las elasticidades de producción, de tamaño de rodeo y de población (cantidad de empresas lecheras). Thijseen (1992) estudió las respuestas de oferta de productos y demanda de inputs para explotaciones lecheras holandesas; Luijt, Hillebrand (1992) analizaron el rol de los factores fijos también en explotaciones holandesas. Quiroga y Bravo-Ureta, (1996), comparan tres formas funcionales para la estimación de la función de beneficios de corto plazo en explotaciones lecheras del estado de Vermont: la Cuadrática Normalizada (CN), la Leontief Generalizada (LG) y la Translog (TL). La función Cuadrática Normalizada es la de mejores resultados con relación a la satisfacción de las condiciones de regularidad, forma funcional que junto a la Leontief Generalizada permite rechazar la hipótesis de producción no conjunta entre leche y ganado. La lechería argentina tiene como coproducto la carne derivada del rodeo lechero, pero la especialización operada en los últimos años ha disminuido la participación de la carne en los ingresos de la actividad, razón por la cual, el trabajo de Quiroga y Bravo-Ureta resulta de interés al evaluar la estructura de la oferta de la situación en estudio.

Algunos estudios del sector agropecuario argentino tienen como soporte metodológico la estimación de la función de beneficio. Por ejemplo Parellada y Rusch, 1999, analizan el sector lechero pampeano de la República Argentina con relación a la producción de carne y granaria (trigo, maíz, sorgo, girasol, soja y lino); modelizan el comportamiento del empresario a partir de una ecuación multiproducto y multiinsumo y estiman un sistema de ecuaciones de oferta de leche, grano y carnes junto a las ecuaciones de demanda de capital y trabajo. Parte de datos macroeconómicos, la forma funcional seleccionada es la translogarítmica y el período en estudio es 1960 - 1985. Obtienen medidas de elasticidad precio, retornos a escala y sesgo del cambio tecnológico; comprueban además que el efecto de las variaciones de los precios de los insumos sobre las variaciones en las cantidades es mayor que el de las variaciones de los precios de los productos.

Para determinar el impacto de las políticas de precios en la tasa de crecimiento de la producción agraria argentina en el período 1949-1980, Fulginiti y Perrin, 1990, estimaron una función de beneficio agregada multiinsumo, multiproducto. La forma funcional es la TL; a partir de la determinación de elasticidades de oferta de carne, trigo, maíz y granos menores; y de las elasticidades de demanda de capital y otros insumos comprueban el importante efecto cuantitativo sobre la producción nacional, de las políticas que afectan los precios

recibidos y pagados por los productores (impuestos a las exportaciones, aranceles y restricciones a la importación de insumos, impuestos internos, tasa de cambio).

Los antecedentes analizados proveen la base metodológica de este estudio que pretende aportar alternativas mejoradas y sustentables para la toma de decisiones económicas racionales en la empresa frente nuevo contexto de la lechería argentina.

En este marco de estudio se plantean las siguientes hipótesis:

*Hipótesis 1:* El modelo de maximización del beneficio, estimado a través de una función flexible, predice adecuadamente el comportamiento racional del productor lechero argentino.

*Hipótesis 2:* En la lechería Argentina, el precio del producto es un instrumento de política clave para estimular el aumento de la producción. No parece tener la misma fuerza en la determinación de la demanda de los factores de producción.

*Hipótesis 3:* El empleo de factores en el proceso de producción se realiza en forma complementaria, lo que significa que la mayor utilización de uno de ellos incrementa el producto físico marginal del otro.

El principal objetivo de este trabajo es mejorar la comprensión de la estructura y funcionamiento de los sistemas de producción lecheros argentinos identificando el comportamiento del decisor frente a cambios en su entorno. Específicamente se estimará la función de beneficios, la oferta de productos y demanda de los factores de producción. A partir de los parámetros obtenidos se calcularán los valores de elasticidades directas y cruzadas de precios, tanto para oferta de productos como para demanda de insumos.

## **MATERIALES y METODOS**

En primer lugar se presenta la información a utilizar y luego la metodología partiendo del modelo teórico propuesto para las empresas lecheras, la función seleccionada, el método de estimación y las fórmulas aplicar para el cálculo de las elasticidades.

### ***1. Los datos***

Los datos a utilizar provienen de un relevamiento de 236 empresas lecheras realizado por SanCor, cooperativa láctea de segundo grado, en 1999. La población total de empresas del sistema "SanCor" del año 1998 (se consideran las que entregaron su producción durante los 365 días) era de 3747 empresas que entregaban 4.300.105 litros diarios.

El encuestamiento consistió en una entrevista personal con cada productor. El procesamiento de las encuestas fue realizado por la Jefatura de Economía Agraria y Gestión de Empresas Agropecuarias de SanCor, quien confeccionó una base de datos que involucra aspectos productivos, económicos, financieros y patrimoniales de las empresas.

En toda el área de muestreo la principal actividad de estas empresas es la producción de leche y carne derivada de la lechería. El 78% de los ingresos de las empresas provienen de la venta de leche y si se considera además la venta de carne derivada de la lechería, en conjunto representan en promedio el 95% de los ingresos totales. En promedio 36% de los casos tienen en su sistema a la agricultura comercial y la mayor proporción de los casos con agricultura dedican a esta actividad no más de 20 ha (el 7% de la superficie total). Esta actividad además no demuestra tener una alta relación con el margen bruto total de la empresa ( $R^2 = 0.15$ ). Por estas razones la agricultura no será una actividad considerada en el modelo a plantear.

### ***2. Modelo teórico***

La especificación del modelo está basada en el enfoque dual, dadas sus ventajas en el análisis de producción. Tomando como referencia a Lau y Yotopoulos (1972), la función de beneficios ( $\pi = p_y F(x_1, \dots, x_m; z_1, \dots, z_n) - \sum_{i=1}^m p_i' x_i$ ) es derivable a partir de la siguiente función de producción:

$$V = F(x_1, \dots, x_m; z_1, \dots, z_n) \quad (1)$$

donde  $V$  = nivel de producción,  $x_i$  = cantidad del insumo variable  $i$  y  $z_i$  = insumo fijo  $i$ .

Normalizando  $\pi$  y tomando al precio del producto ( $p_y$ ) como numerario, se obtiene la función de beneficio normalizada ( $\pi^*$ ), definida por los autores como UOP profit (unit output price). Esta función representa los beneficios máximos de una empresa en función del precio normalizado de los insumos variables ( $p_i$ ) y cantidad de insumos fijos ( $z_i$ ).

$$\pi^* = \frac{\pi}{p_y} = F(x_1, \dots, x_m; z_1, \dots, z_n) - \sum_{i=1}^m p_i x_i \quad (2)$$

donde  $\pi$  = función de beneficio,  $\pi^*$  = beneficio normalizado por el precio del producto ( $p_y$ ) y  $p_i = p_i' / p_y$  representa el precio normalizado de insumos variables, siendo  $p_i'$  el precio del insumo variable  $i$ .

Con los supuestos de tecnología y una empresa que enfrenta un mercado de factores y productos competitivos, la función definida satisface las condiciones de monotonicidad, de homogeneidad de grado 1 en precios y insumos, convexidad y continuidad en precios normalizados de factores. Aplicando el lema de Shephard-Usawa-McFadden se obtienen manera directa las funciones de oferta y demanda (no compensada) de factores. Por lo tanto, derivando la función respecto al precio de los productos y de los insumos, se tiene:

$$x_i^* = - \frac{\partial \pi^*(p, z)}{\partial p_i}, \quad i=1, \dots, m \quad \text{y} \quad V^* = \pi^*(p, z) - \sum_{i=1}^m \frac{\partial \pi^*(p, z)}{\partial p_i} p_i \quad (3)$$

donde  $x_i^*$  representa la demanda del factor  $i$  y  $V^*$  la oferta de producto que maximiza el beneficio dados los precios y los niveles insumos fijos.

La condición de monotonicidad de la función de beneficios implica que la derivada parcial de  $\pi^*(p, z)$  con respecto al precio del factor ( $x_i^*$ ) es negativa y que  $V^*$  es positiva. Los supuestos del modelo dual (tecnología regular, comportamiento competitivo y maximización de beneficios) imponen restricciones sobre los parámetros de cada ecuación del sistema a saber: 1) Cada ecuación es homogénea de grado cero en precios. 2) Ecuaciones de oferta crecientes en precio de productos lo que asegura que un aumento en el precio del producto generará una mayor producción. 3) Ecuaciones de demandas decrecientes en precio de factores, es decir que ante un aumento en el precio de los factores disminuyen su demanda. 4) Efectos precios cruzados simétricos. 5) Matriz de segundas derivadas de  $\pi$  con respecto a  $p$ , equivalente a la matriz de primeras derivadas de la funciones de oferta y demanda, será simétrica y positiva semidefinida.

### 3. Especificación funcional del modelo

Para la estimación del modelo anterior  $\pi^*(p, z)$  (2) se seleccionó una función logarítmica trascendental (translog). Siguiendo a Lau y Yotopoulos (1972), Diewert (1973) y Lau (1976) se estima una función de beneficios restringida translogarítmica, por considerarse la más

adecuada al propósito del trabajo. De esta manera el modelo queda formado por un sistema de ecuaciones simultáneas. La primera ecuación del sistema, la función de beneficios, viene dada por:

$$\begin{aligned} \ln \pi^* = & \varepsilon_0 + \sum_{i=0}^n \alpha_i \ln p_i^* + \sum_{k=0}^n \beta_k \ln z_k + \sum_{s=0}^h \phi_s D_s + 1/2 \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \alpha_{ij} \ln p_i^* \ln p_j^* + 1/2 \sum_{k=0}^n \sum_{h=0}^n \beta_{kh} \ln z_k \ln z_h \\ & + \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^n \gamma_{ik} \ln p_i^* \ln z_k + \sum_{i=0}^n \sum_{s=0}^h \delta_{is} \ln p_i^* D_s \end{aligned} \quad (4)$$

siendo

$\pi^*$  = beneficio normalizado o restringido de corto plazo

$p_i^*$  = precio del  $i$ -ésimo insumo variable normalizado por el precio del producto

$z_k$  = insumo fijo

$D_s$  = variables dummy

Los parámetros a estimar son:

$\varepsilon_0$  (constante de la función de beneficios),  $\alpha_i$  (parámetros asociado a los precios de los insumos),  $\beta_k$  (parámetro asociado a la cantidad de insumo fijo),  $\phi_s$  (parámetros asociados a las variables dummy),  $\alpha_{ij}$  (interacciones entre los precios de los insumos),  $\beta_{kk}$  (interacción entre insumos fijos),  $\gamma_{ik}$  (interacción precio del insumo  $i$  con la cantidad de insumo fijo) y  $\delta_{is}$  (interacción precio del insumo  $i$  con la variable dummy).

El resto del sistema mencionado está formado por las ecuaciones de demanda de insumos. Derivando la función de beneficios con respecto al logaritmo de los precios normalizados de insumos se obtienen las ecuaciones de participación en los beneficios, que representan a las funciones de demanda de insumos detalladas a continuación:

$$\frac{\partial \ln \pi^*}{\partial \ln p_i^*} = \frac{\partial \pi^* / \pi^*}{\partial p_i^* / p_i^*} = \frac{p_i^* x_i}{\pi^*} = -S_i \quad (5)$$

$$-S_i = \alpha_i + \sum_{j=0}^n \alpha_{ij} \ln p_j^* + \sum_{k=0}^n \gamma_{ik} \ln z_k + \sum_{s=0}^h \delta_{is} D_s \quad (6)$$

donde

$-S_i$  : participación de inputs, que expresa la parte del beneficio que corresponde al gasto que genera el uso del insumo  $i$ .

Los parámetros a estimar son  $\alpha_i$  (parámetros asociado al precio del insumo  $i$ ),  $\alpha_{ij}$  (interacciones entre el precio del insumo  $i$  con precio del insumo  $j$ ),  $\gamma_{ik}$  (interacción precio del insumo  $i$  con la cantidad de vacas en ordeño) y  $\delta_{is}$  (interacción precio del insumo  $i$  con la variable dummy).

Como se vió en el modelo teórico, la hipótesis de maximización del beneficio exige que la función de beneficios satisfaga las condiciones de simetría, homogeneidad lineal en precios y en cantidades de insumos fijos, monotonicidad y convexidad.

Para que se cumpla la condición de simetría, se imponen las siguientes igualdades en los parámetros:

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \gamma_{ik} = \gamma_{ki} \text{ y } \delta_{is} = \delta_{si}$$

La homogeneidad lineal en precios está asegurada a través de la normalización de precios y beneficio. Debido a que esta condición implica asociación lineal entre ecuaciones, para la estimación se elimina la ecuación de participación del producto para asegurar la no singularidad de la matriz de varianza y covarianza. Por lo tanto las restricciones sobre los parámetros serán:

$$\sum_{i=0}^n \alpha_i = 1 \quad (7) \quad \text{y} \quad \sum_{i=0}^n \alpha_{ji} = \sum_{i=0}^n \delta_{is} = 0 \quad (8)$$

Posteriormente se acude a (7) y (8) para obtener los parámetros correspondientes a la ecuación eliminada, es decir los parámetros de la ecuación de oferta.

Debido a que la función translogarítmica no goza de las propiedades de convexidad y monotonicidad, luego de la estimación se debe evaluar su cumplimiento. La monotonicidad se cumple si:

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial p_i^*} = \frac{\partial \ln \pi^*}{\partial \ln p_i^*} \times \frac{\pi^*}{p_i^*} = \left[ \alpha_i + \sum_{j=0}^n \alpha_{ij} \ln p_j^* + \sum_{k=0}^n \gamma_{ik} \ln z_k + \sum_{s=0}^h \delta_{is} D_s \right] \frac{\pi^*}{p_i^*} \quad (9)$$

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial p_i} < 0 \text{ si } i = \text{insumo}$$

Esta condición de regularidad requiere que la función de beneficios sea no creciente en precio de factores y no decreciente en precio del producto. Esta condición implica, además, que la cantidad estimada del producto debe ser positiva y las cantidades de los inputs deben ser negativas.

Para que se cumpla la convexidad la matriz hessiana de segundas derivadas debe ser positiva semidefinida. Lau (1978) demostró que en términos de parámetros de una función de beneficios translogarítmica, la matriz es positiva semidefinida si  $\alpha_{ii} + \alpha_i (\alpha_i - 1)$  para cada insumo es no negativo.

#### 4. Método de estimación

El procedimiento econométrico consiste en estimar simultáneamente la función de beneficios restringida y normalizada y las ecuaciones de participación del producto e insumos. La imposición de ciertas restricciones interecuacionales como la de simetría, por ejemplo, obliga a estimar conjuntamente todas las ecuaciones. Dada la estructura del término de error, el procedimiento de estimación apropiado es el sistema iterativo de regresiones aparentemente no relacionadas propuesto por Arnold Zellner (ITSUR) en 1962, que consiste en una aplicación del método generalizado de regresión lineal para sistemas de ecuaciones simultáneas, aparentemente no relacionadas y supone que los términos de error tienen distribución normal. Una importante propiedad de este método es que los parámetros obtenidos son únicos e independientes de la ecuación eliminada.

#### 5. Cálculo de Elasticidades

Una vez estimado el sistema, con los parámetros obtenidos y los valores promedios observados de las participaciones del producto e insumos se calculan las distintas elasticidades. Su cálculo permitirá conocer en que medida los productores responden con variaciones en la cantidad ofrecida de leche y en la demanda de insumos, ante cambios de precios.

Tomando como referencia a Sidhu y Baanante, op. cit., se muestran a continuación las fórmulas necesarias para dicho cálculo.

a) Elasticidades de demanda:

Elasticidad precio de demanda de $x_i$ ( $\epsilon_{ii}$ )	$\epsilon_{ii} = S_i - 1 + \frac{\alpha_{ij}}{S_i}$ o $\epsilon_{ii} = \frac{\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i}$ (10)
Elasticidad precio de demanda del insumo $i$ ( $\epsilon_{ij}$ ) respecto al precio del insumo $j$	$\epsilon_{ij} = S_j + \frac{\alpha_{ij}}{S_i}$ o $\epsilon_{ij} = \frac{\alpha_{ij} + S_i S_j}{S_i}$ (11)
Elasticidad de demanda del insumo $i$ ( $\epsilon_{iy}$ ) con respecto al precio del producto ( $p_y$ )	$\epsilon_{iy} = \sum_{i=1}^n S_i + 1 + \sum_{j=1}^n \frac{\alpha_{ij}}{S_i}$ (12)
Elasticidad de demanda ( $\epsilon_{ik}$ ) para el input $i$ con respecto al $k$ -ésimo factor fijo ( $Z_k$ )	$\epsilon_{ik} = \sum_{i=1}^n \gamma_{ik} \ln p_i + \beta_k - \frac{\gamma_{ik}}{S_i}$ (13)

$S_i$  representa la proporción del  $i$ -ésimo factor en el beneficio total,  $S_j$  la proporción del  $j$ -ésimo insumo (ambas participaciones con valor negativo cuando se trata de factores),  $\alpha_{ii}$ ,  $\alpha_{ij}$ ,  $\gamma_{ik}$  y  $\beta_k$  son parámetros estimados.

Se espera que el signo  $\epsilon_{ii}$  de sea negativo, ya que la variación del precio debería ocurrir en sentido contrario a la modificación de la cantidad demandada.

b) Elasticidades de oferta:

Elasticidad precio de oferta ( $\eta_{vv}$ )	$\eta_{vv} = \sum_{i=1}^n S_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} / \left( 1 + \sum_{j=1}^n S_j \right)$ (14)
Elasticidad de oferta ( $\eta_{vi}$ ) con respecto al precio del $i$ -ésimo insumo variable	$\eta_{vi} = -S_i - \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} / \left( 1 + \sum_{j=1}^n S_j \right)$ (15)
Elasticidad de oferta ( $\eta_{vk}$ ) con respecto al $k$ -ésimo factor fijo ( $Z_k$ )	$\eta_{vk} = \sum_{i=1}^n \gamma_{ik} \ln p_i^* + \beta_k - \sum_{i=1}^n \gamma_{ik} / \left( 1 + \sum_{j=1}^n S_j \right)$ (16)

$S_i$  son las participaciones del valor de la producción en el beneficio y  $S_j$  la participación del gasto del factor  $j$  en el beneficio,  $\alpha_{ij}$  la interacción entre ambos (producto  $i$  e insumo  $j$ ) estimada. .

Es de esperar que la elasticidad precio de oferta tenga signo positivo y las elasticidades de oferta ( $\eta_{vi}$ ) con respecto al precio del  $i$ -ésimo insumo variable signo negativo, es decir un aumento en el precio del insumo, disminuye la oferta del producto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Definición y descripción de las variables

A partir de un análisis de los datos disponibles a continuación se describen las variables seleccionadas para la estimación del modelo cuyos valores medios y desvíos se informan en el cuadro 1. Algunas de ellas no aparecen como tal en la base de datos, por lo que en esos casos se muestra como se realizó el cálculo. Todos los valores se expresaron en \$ que al momento de análisis (convertibilidad en Argentina), mantenía la igualdad de 1\$ = 1 US\$. .

- Beneficio o margen bruto del tambo de corto plazo (BE): Se calculó como la diferencia entre ingresos y costos. Los ingresos de la empresa provienen de la venta de leche y carne que produce la lechería (rodeo de descarte, terneros, recría o engorde). Los gastos contemplan el arrendamiento, mano de obra, forraje grosero y concentrados, todos considerados como insumos variables en la función. En conjunto representan en promedio el 88% de los gastos de la producción conjunta leche y carne derivada.
- Precio (PL) y cantidad de producción vendida (QL): Debido a la imposibilidad de separar los distintos componentes del costo por actividad (leche y carne derivada del tambo) se unificaron los ingresos siguiendo el criterio utilizado por Schilder y Bravo-Ureta (1994). Se transformó la carne vendida en kg de grasa butirosa, de acuerdo a su relación de precios (kg de carne transformados = kg de carne vendidos x precio de la carne / precio de la grasa butirosa). Así la suma de la producción de leche y de carne vendida transformada a leche constituye la producción de leche corregida (QL). El precio de la misma (PL) se calculó dividiendo el total de ingresos por venta de leche y de carne por la producción de leche corregida, quedando expresado en \$/kg de GB corregida.
- Precio (PR) y cantidad de arrendamiento (QR): la cantidad esta representa da por la superficie arrendada y el precio (\$/ha) se obtuvo dividiendo el gasto anual en arrendamiento por la superficie arrendada.
- Precio (PT) y cantidad de mano de obra contratada (QT): El salario para la mano de obra contratada (PT), expresado en \$/equivalente hombre, resultó de dividir el gasto total anual que representa este rubro por la cantidad de equivalentes hombres contratados para el ordeño y todas las actividades relacionadas al tambo (implantación y mantenimiento de pasturas y verdes, confección de reservas). Un equivalente hombre refiere al trabajo aportado por un adulto durante 300 días al año.
- Precio (PF) y superficie forrajera (QF): Se considera como superficie forrajera a aquella superficie de la empresa destinada a la actividad tambo, sea para la producción de leche o de carne y representada en la base de datos por la superficie efectiva ganadera. El precio del forraje (\$/ha ganadera) incluye el gasto de implantación y mantenimiento de praderas y verdes y la confección de reservas (silo y rollos). Se obtuvo dividiendo el total de estos gastos por la superficie efectiva ganadera.
- Precio (PCO) y cantidad de alimento concentrado (QCO): La cantidad se calcula a partir del consumo de concentrado por vaca ordeño – día y el número de vacas en ordeño. El precio (\$/kg consumido) se obtiene dividiendo el gasto anual en suplementación (propia y comprada) por la cantidad consumida.
- Cantidad de vacas en ordeño (VO): El stock de capital, tierra, maquinaria e instalaciones constituyen los insumos fijos en el corto plazo en una empresa lechera. Sin embargo, se encontró que todas estas variables están altamente correlacionadas con el número de vacas en ordeño (VO). Por esto y por ser un buen indicador del tamaño de operación o escala de la empresa es la variable que representa a los insumos fijos en el modelo estimado.
- Zonas productivas: resulta de agrupar aquellas zonas comarcales del sistema SanCor que se consideran semejantes en algunos aspectos (suelo, precipitaciones, temperaturas, actividades que realizan). Por lo tanto se consideran como variables dummy del modelo cinco zonas productivas.
- $S_L$ ,  $S_R$ ,  $S_T$ ,  $S_F$ ,  $S_{CO}$ : Las participaciones de los insumos o del producto en el beneficio son calculadas dividiendo el gasto que representa cada factor (precio por cantidad) o el ingreso, según corresponda, por el beneficio o margen bruto del tambo.

**CUADRO 1: DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA ESTIMACIÓN DEL MODELO**

Variable	Descripción	Media	Desv. Est.
BE	Beneficio de corto plazo	75133	57992
PL	Precio de la leche	5.04	0.427
PR	Precio del arrendamiento	67.85	64.36
PT	Precio del trabajo	6219.9	5532.9
PF	Precio del forraje	69.46	35.55
PCO	Precio de los concentrados	0.076	0.032
VO	Cantidad de vacas en ordeño	114	65
BE*	Beneficio de corto plazo normalizado	14536	10419
PR*	Precio del arrendamiento normalizado	13.32	12.56
PT*	Precio del trabajo normalizado	1220	1118
PF*	Precio del forraje normalizado	13.68	6.7
PCO*	Precio de los concentrados normalizado	0.015	0.006
S <sub>L</sub>	Participación de la leche	1.922	0.826
S <sub>R</sub>	Participación del gasto en arrendamiento	-0.156	0.326
S <sub>T</sub>	Participación del gasto en trabajo	-0.317	0.245
S <sub>F</sub>	Participación del gasto en forrajes	-0.272	0.246
S <sub>CO</sub>	Participación del gasto en concentrados	-0.177	0.185

\* normalizado por el precio de la leche P<sub>F</sub>/P<sub>L</sub>

## 2. Modelo Estimado

El sistema estimado consta de 5 ecuaciones, una ecuación que representa el beneficio de corto plazo generado por la actividad lechera y 4 ecuaciones de participación de gastos en arrendamiento, en mano de obra, en forrajes y en concentrados.

$$\begin{aligned}
\ln \pi^* = & \varepsilon_0 + \alpha_R \ln p_R^* + \alpha_T \ln p_T^* + \alpha_F \ln p_F^* + \alpha_{CO} \ln p_{CO}^* + \beta_{VO} \ln z_{VO} + \phi_1 D_1 + \phi_2 D_2 \\
& + \phi_3 D_3 + \phi_4 D_4 + 1/2 \alpha_{RR} \ln p_R^* \ln p_R^* + 1/2 \alpha_{TT} \ln p_T^* \ln p_T^* + 1/2 \alpha_{FF} \ln p_F^* \ln p_F^* \\
& + 1/2 \alpha_{COCO} \ln p_{CO}^* \ln p_{CO}^* + 1/2 \beta_{VOVO} \ln z_{VO} \ln z_{VO} + \alpha_{RT} \ln p_T^* \ln p_R^* \\
& + \alpha_{RF} \ln p_F^* \ln p_R^* + \alpha_{RCO} \ln p_{CO}^* \ln p_R^* + \alpha_{TF} \ln p_T^* \ln p_F^* + \alpha_{TCO} \ln p_{CO}^* \ln p_T^* \\
& + \alpha_{FCO} \ln p_{CO}^* \ln p_F^* + \gamma_{RVO} \ln z_{VO}^* \ln p_R^* + \gamma_{TVO} \ln z_{VO}^* \ln p_T^* + \gamma_{FVO} \ln z_{VO}^* \ln p_F^* \\
& + \gamma_{COVO} \ln z_{VO}^* \ln p_{CO}^* + \delta_{R1} D_1 + \delta_{R2} D_2 + \delta_{R3} D_3 + \delta_{R4} D_4 + \delta_{T1} D_1 + \delta_{T2} D_2 \\
& + \delta_{T3} D_3 + \delta_{T4} D_4 + \delta_{F1} D_1 + \delta_{F2} D_2 + \delta_{F3} D_3 + \delta_{F4} D_4 + \delta_{CO1} D_1 + \delta_{CO2} D_2 \\
& + \delta_{CO3} D_3 + \delta_{CO4} D_4
\end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
- S_R = & \alpha_R + \alpha_{RR} \ln p_R^* + \alpha_{RT} \ln p_T^* + \alpha_{RF} \ln p_F^* + \alpha_{RCO} \ln p_{CO}^* + \gamma_{RVO} \ln z_{VO}^* + \delta_{R1} D_1 + \delta_{R2} D_2 \\
& + \delta_{R3} D_3 + \delta_{R4} D_4
\end{aligned} \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
- S_T = & \alpha_T + \alpha_{TT} \ln p_T^* + \alpha_{TR} \ln p_R^* + \alpha_{TF} \ln p_F^* + \alpha_{TCO} \ln p_{CO}^* + \gamma_{TVO} \ln z_{VO}^* + \delta_{T1} D_1 + \delta_{T2} D_2 \\
& + \delta_{T3} D_3 + \delta_{T4} D_4
\end{aligned} \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
- S_F = & \alpha_F + \alpha_{FF} \ln p_F^* + \alpha_{FR} \ln p_R^* + \alpha_{FT} \ln p_T^* + \alpha_{FCO} \ln p_{CO}^* + \gamma_{FVO} \ln z_{VO}^* + \delta_{F1} D_1 + \delta_{F2} D_2 \\
& + \delta_{F3} D_3 + \delta_{F4} D_4
\end{aligned} \tag{20}$$

$$\begin{aligned}
- S_{CO} = & \alpha_{CO} + \alpha_{COCO} \ln p_{CO}^* + \alpha_{COR} \ln p_R^* + \alpha_{COT} \ln p_T^* + \alpha_{COF} \ln p_F^* + \gamma_{COVO} \ln z_{VO}^* + \delta_{CO1} D_1 \\
& + \delta_{CO2} D_2 + \delta_{CO3} D_3 + \delta_{CO4} D_4
\end{aligned} \tag{21}$$

siendo

$\ln \pi^*$  = logaritmo natural del beneficio normalizado por el precio del producto (leche).

$\ln p_i^*$  = log. natural del precio del i-ésimo insumo variable normalizado por el precio del producto donde  $p_R$ ,  $p_T$ ,  $p_F$  y  $p_{CO}$  representan los precios del arrendamiento por hectárea, mano de obra contratada por equivalente hombre, forraje por hectárea efectiva ganadera y kilogramo de concentrado consumido respectivamente.

$z_k$  = insumo fijo, siendo  $z_{VO}$  la cantidad de vacas en ordeño por año.

$D_s$  = variables dummy que representa la localización de la producción donde  $D_1$  es una zona que abarca al NE de la provincia de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y SE de Córdoba,  $D_2$  abarca el sur de la provincia de Córdoba,  $D_3$  comprende al NE de Córdoba y la cuenca lechera central santafesina,  $D_4$  abarca el CE de Córdoba y  $D_5$  comprende al SE de la provincia de Santiago del Estero y una franja lindante del mismo tamaño y a la misma altura en la provincia de Santa Fe

$-S_i$ : participación o proporción de los factores de producción, calculadas como  $S_i = p_i^* x_i / \pi^*$  donde  $S_R$ ,  $S_T$ ,  $S_F$  y  $S_{CO}$  representan la participación del gasto en arrendamiento, trabajo, forraje y concentrados respectivamente.

Sin imponer restricciones el número total de parámetros estimados fueron 80. La mitad corresponden a la ecuación de beneficios y hay 10 parámetros por cada ecuación de participación. A fin de comprobar si se satisface con la hipótesis de maximización del beneficio se estimó el mismo modelo pero con las restricciones que exige la teoría. Para verificar la igualdad entre el modelo con y sin restricciones se realizó la prueba de Razón de Verosimilitud resultando el modelo sin restricciones significativamente distinto del modelo con restricciones, lo que indica que los datos no se ajustan por si solos a una estructura de maximización. Por lo tanto, a fin de lograr una interpretación económica de los resultados y mantener una estructura que implique maximización de beneficios, se consideraron los resultados obtenidos del modelo restringido en el que se impusieron las condiciones de homogeneidad lineal (como resultado de esta restricción es eliminada la ecuación de participación del producto) y simetría, siguiendo la metodología propuesta.

### ***3. Resultados generales de la estimación del modelo***

Los resultados empíricos del modelo estimado se presentan en los cuadros 2, 3 y 4. Se informa el valor de los parámetros, su desviación estándar, los estadísticos t y p value. A partir de estos últimos se observa que el 55% de los parámetros estimados del sistema resultaron significativos. El primer cuadro presenta los parámetros estimados de la 1er ecuación, la de beneficios que genera la actividad lechera de la empresa. El siguiente (Cuadro 3) muestra los valores obtenidos en los coeficientes de la ecuación de leche, calculados a partir de las ecuaciones 7 y 8. Los parámetros de dicho cuadro serán utilizados en el cálculo de la elasticidad de oferta de la leche y las elasticidades cruzadas de precios de leche respecto al precio de los insumos. El cuadro 4 muestra los coeficientes de las ecuaciones de participación de los gastos en arrendamiento, en trabajo, en forraje y en concentrados respectivamente; en este caso figura entre paréntesis los estadísticos t de cada coeficiente.

Los parámetros obtenidos en la ecuación de beneficios (Cuadro 2) muestran los signos esperados, es decir positivo en el caso del ingreso por venta de leche y negativos en los casos de gastos en insumos. Los valores muestran el cambio porcentual que sufre el nivel de beneficios frente a cambios del 1% en los precios de los respectivos productos o insumos. Así por ejemplo, ante un aumento de un 1% en el precio de la leche puede esperarse un aumento del beneficio de un 1,99%, mientras que un aumento del 1% en el precio del trabajo puede provocar una caída del mismo del 0,308%.

CUADRO 2: PARÁMETROS ESTIMADOS DE LA FUNCIÓN DE BENEFICIOS (Variable dependiente, logaritmo natural del beneficio anual generado por la actividad lechera)

	<b>Estimador</b>	<b>Coefficiente estimado</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>T-Ratio</b>	<b>P-value</b>
$\varepsilon_0$	Constante	7.9051	2.038	3.879	0.000
$\alpha_R$	Arrendamiento	-0.1665	0.0462	-3.599	0.000
$\alpha_T$	Trabajo	-0.3087	0.0433	-7.116	0.000
$\alpha_F$	Forraje	-0.2606	0.271	-0.9616	0.337
$\alpha_{CO}$	Concentrado	-0.3048	0.1103	-2.763	0.006
$\beta_{VO}$	Vacas Ordeño	0.0443	0.7833	0.056	0.995
$\phi_{D1}$	Zona 1	-0.7744	0.648	-1.195	0.233
$\phi_{D2}$	Zona 2	-0.9040	0.5756	-1.571	0.118
$\phi_{D3}$	Zona 3	-0.5748	0.5045	-1.139	0.256
$\phi_{D4}$	Zona 4	-0.7824	0.5196	-1.506	0.133
$\alpha_{RR}$	Interacción arrendamiento arrendamiento	-0.0170	0.0031	-5.465	0.000
$\alpha_{RT}$	Interacción arrendamiento trabajo	-0.0012	0.0007	-1.587	0.114
$\alpha_{RF}$	Interacción arrendamiento forraje	-0.0084	0.0032	-2.632	0.009
$\alpha_{RCO}$	Interacción arrendamiento concentrados	-0.0016	0.0011	-1.443	0.150
$\alpha_{TT}$	Interacción trabajo trabajo	-0.0246	0.0024	-10.02	0.000
$\alpha_{TF}$	Interacción trabajo forraje	-0.0046	0.0036	-1.264	0.208
$\alpha_{TCO}$	Interacción trabajo concentrados	-0.0028	0.0013	-2.172	0.031
$\alpha_{FF}$	Interacción forraje forraje	-0.1618	0.049	-3.294	0.001
$\alpha_{FCO}$	Interacción forraje concentrados	0.0031	0.0082	0.398	0.691
$\alpha_{COCO}$	Interacción concentrados concentrados	-0.0335	0.006	-5.564	0.000
$\beta_{VOVO}$	Interacción vacas ordeño vacas ordeño	0.2211	0.1608	1.376	0.170
$\gamma_{VOR}$	Interacción vacas ordeño arrendamiento	0.0173	0.008	2.16	0.032
$\gamma_{VOT}$	Interacción vacas ordeño trabajo	0.0406	0.0076	5.349	0.000
$\gamma_{VOF}$	Interacción vacas ordeño forraje	0.0744	0.051	1.437	0.152
$\gamma_{VOCO}$	Interacción vacas ordeño concentrados	0.0046	0.02	0.233	0.815
$\delta_{RD1}$	Interacción arrendamiento zona 1	-0.0018	0.021	-0.084	0.932
$\delta_{TD1}$	Interacción trabajo zona 1	0.052	0.0244	2.14	0.030
$\delta_{FD1}$	Interacción forraje zona 1	0.1314	0.1278	1.025	0.305
$\delta_{C0D1}$	Interacción concentrados zona 1	-0.039	0.095	-0.4076	0.684
$\delta_{RD2}$	Interacción arrendamiento zona 2	0.0020	0.024	0.082	0.934
$\delta_{TD2}$	Interacción trabajo zona 2	0.0600	0.027	2.187	0.030
$\delta_{FD2}$	Interacción forraje zona 2	0.1852	0.1366	1.356	0.176
$\delta_{C0D2}$	Interacción concentrados zona 2	-0.0403	0.046	-0.87	0.383
$\delta_{RD3}$	Interacción arrendamiento zona 3	0.0056	0.019	0.2908	0.771
$\delta_{TD3}$	Interacción trabajo zona 3	0.0300	0.022	1.361	0.175
$\delta_{FD3}$	Interacción forraje zona 3	0.1433	0.1083	1.324	0.187
$\delta_{C0D3}$	Interacción concentrados zona 3	-0.0290	0.033	-0.873	0.383
$\delta_{RD4}$	Interacción arrendamiento zona 4	-0.0078	0.02	-0.3918	0.696
$\delta_{TD4}$	Interacción trabajo zona 4	0.0424	0.022	1.886	0.061
$\delta_{FD4}$	Interacción forraje zona 4	0.0820	0.1144	0.7169	0.474
$\delta_{C0D4}$	Interacción concentrados zona 4	-0.0460	0.036	-1.285	0.200
$R^2$		0,69			

CUADRO 3: PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN DE OFERTA DE LECHE CALCULADOS A PARTIR DE LAS RESTRICCIONES (variable dependiente: participación del ingreso de leche)

$\alpha_L$	Leche	1.9963
$\alpha_{LL}$	Interacción leche leche	-0.2679
$\alpha_{LR}$	Interacción leche arrendamiento	0.0282
$\alpha_{LT}$	Interacción leche trabajo	0.0332
$\alpha_{LF}$	Interacción leche forraje	0.1717
$\alpha_{LCO}$	Interacción leche concentrados	0.0348
$\gamma_{VOL}$	Interacción vacas ordeño leche	-0.1766
$\delta_{LD1}$	Interacción leche zona 1	-0.1426
$\delta_{LD2}$	Interacción leche zona 2	-0.2069
$\delta_{LD3}$	Interacción leche zona 3	-0.1499
$\delta_{LD4}$	Interacción leche zona 4	-0.0706

Los gastos en mano de obra, en alimento concentrados y en forraje tienen casi el mismo impacto sobre el beneficio (0,30% aproximadamente), mientras que el gasto en arrendamiento tiene un impacto menor (0,16%). Todos ellos resultaron significativos excepto el gasto en forrajes, lo que implica que la relación entre el beneficio y el gasto en forrajes no es distinta de cero. Los signos negativos que se observan en los parámetros asociados a la interacción entre los distintos insumos indican cierto grado de complementariedad en el proceso de maximización del beneficio. En los casos en que  $i=j$  en los coeficientes  $\alpha_{ij}$ , los valores son negativos y todos significativos. Las variables de localización de la producción (D1, D2, D3 y D4) no revelan una asociación significativa con el beneficio, sin embargo en su relación con el trabajo las zonas 1, 2 y 4 presentan una relación positiva y significativa.

Los parámetros del cuadro 4, que indican interacción entre los insumos, todos significativos y de signo esperado, serán la base de cálculo de las elasticidades precio directas y cruzadas de demanda de arrendamiento, forraje, concentrados y mano de obra. Los parámetros que indican interacción entre el insumo  $i$  y la cantidad de vacas en ordeño (factor fijo), de signo esperado y significativos excepto la relación con la demanda de concentrados, serán utilizados para el cálculo de las elasticidades de demanda respecto a los factores fijos.

Analizando los resultados de la ecuación de participación del gasto en arrendamiento (Cuadro 4) se observa que los parámetros que lo relacionan con los otros insumos resultaron negativos y significativos. Así, por ejemplo ante un aumento del 1% en el precio de la mano de obra la proporción del gasto en arrendamiento en el beneficio disminuye un 0,1%. Con la cantidad de vacas en ordeño hay una asociación significativa y positiva, indicando un aumento en la demanda de este insumo frente a un crecimiento del rodeo o de la estructura de la empresa. La demanda por arrendamiento parece no depender de la zona específicamente.

La demanda por trabajo tiene una relación negativa y estadísticamente significativa con los demás insumos y positiva con la cantidad de vacas en ordeño y las zonas. En este caso la localización de la producción tiene una relación distinta de cero.

La ecuación de participación del gasto en forraje revela parámetros significativos excepto cuando se relaciona con la zona 4 y con los concentrados. Con estos últimos hay una relación positiva mientras que con los demás insumos es negativa.

Por último la ecuación que representa la demanda por alimentos concentrados también muestra relación significativa con las zonas 2, 3 y 4 y con los demás insumos, excepto con el forraje.

En conclusión, se pudo comprobar una contribución positiva del producto al beneficio de la empresa y la relación inversa con los insumos. Además la participación del gasto del insumo  $i$  en el beneficio aumenta ante una disminución del precio de los insumos relacionados  $j$  y aumenta cuando crece el número de vacas en ordeño. Por último las zonas tienen influencia en la demanda por trabajo, forraje y alimento concentrado.

CUADRO 4: PARÁMETROS ESTIMADOS DE LAS DEMANDA DE INSUMOS: SUPERFICIE EN ARRENDAMIENTO (variable dependiente: participación del gasto en arrendamiento)

Parámetros estimados	Ecuaciones			
	Superficie Arrendamiento	Mano de Obra Contratada	Forraje	Alimento Concentrado
	R	T	F	CO
$\alpha_i$	-0.167 (-4.61)	-0.309 (-11.8)	-0.261 (-1.74)	-0.305 (-6.36)
$\alpha_{ij}$ , siendo $j = R$	-0.017 (-7.01)	-0.001 (-2.65)	-0.008 (-4.76)	-0.002 (-3.32)
T	-0.001 (-2.03)	-0.025 (-16.7)	-0.005 (-2.28)	-0.003 (-5.00)
F	-0.008 (-3.38)	-0.005 (-2.11)	-0.162 (-5.96)	0.003 (0.92)
CO	-0.002 (-1.85)	-0.003 (-3.63)	0.003 (0.72)	-0.034 (-12.81)
$\gamma_{VOi}$	0.017 (2.77)	0.041 (8.9)	0.074 (2.60)	0.005 (0.54)
$\delta_{is}$ , siendo $s = D1$	-0.002 (-0.11)	0.052 (3.57)	0.131 (1.86)	-0.039 (-0.94)
D2	0.002 (0.11)	0.060 (3.63)	0.185 (2.45)	-0.040 (-2.01)
D3	0.006 (0.37)	0.030 (2.3)	0.143 (2.39)	-0.029 (-2.01)
D4	-0.008 (-0.5)	0.042 (3.1)	0.082 (1.29)	-0.046 (-2.96)

Debido a que la función translogarítmica no goza de las propiedades de convexidad y monotonicidad, luego de la estimación se verificó el cumplimiento de ambas condiciones. La función de beneficio requiere además que la condición de curvatura con respecto a los inputs fijos sea satisfecha y para esto los precios sombra de estos inputs deben ser positivos. En el cuadro 2 se puede ver que tanto el beneficio como las participaciones de los distintos gastos en el beneficio están relacionados positivamente con la cantidad de vacas en ordeño (coeficientes estimados positivos).

El cumplimiento de la condiciones de regularidad y el signo de los parámetros obtenidos permiten corroborar la primer hipótesis del trabajo, asegurando así que el modelo de maximización de beneficios predice adecuadamente la conducta observada en los empresarios lecheros argentinos.

### 3.3. Elasticidades directas y cruzadas

Las políticas particulares de un sector son un determinante importante del comportamiento de los empresarios, afectan los precios y, con ello, la producción dentro del mismo y la demanda

de los respectivos insumos. La magnitud de respuesta a cambios en precios es clave para el diseño exitoso de políticas agrarias. Para medir dicha respuesta se recurre al cálculo de elasticidades a partir de modelos econométricos. Así, con la información obtenida anteriormente, se calcularon las elasticidades precio de las demandas de los insumos aplicando las fórmulas presentadas en la sección de metodología.

El cuadro 5 presenta las elasticidades directas y cruzadas entre insumos (arrendamiento, forraje, concentrados y mano de obra) y entre insumos y producto (leche y carne derivada de la lechería) cuando son evaluadas para el valor medio de precios y cantidades. Los elementos de la diagonal corresponden a las elasticidades precio propias y los que están fuera de la diagonal representan las elasticidades cruzadas. Si el productor lechero busca maximizar su beneficio, siguiendo la teoría económica, es de esperar que las elasticidades precio sean negativas para el caso de los insumos y positiva para el caso del producto. Respecto a las elasticidades cruzadas establece que pueden ser positivas o negativas. El signo de la elasticidad cruzada que relaciona dos insumos indica que los mismos son sustitutos (signo positivo) o complementarios (signos negativos) en el proceso de producción. Los signos obtenidos para las distintas elasticidades estimadas (Cuadro 5) cumplen con las expectativas teóricas mencionadas.

CUADRO 5: ELASTICIDADES DIRECTAS Y CRUZADAS DE LA DEMANDA DE FACTORES Y DE LA OFERTA DE LECHE (calculadas en torno a la media)

<i>Cantidades demandadas</i>	<i>Precios de insumos y de producto</i>				
	$P_R$	$P_T$	$P_F$	$P_{CO}$	$P_L$
Arrendamiento (R)	<b>-1.047</b>	-0.309	-0.218	-0.167	0.150
Trabajo (T)	-0.152	<b>-1.239</b>	-0.258	-0.168	0.105
Forraje (F)	-0.125	-0.300	<b>-0.677</b>	-0.188	0.115
Concentrados (CO)	-0.147	-0.301	-0.290	<b>-0.988</b>	0.086
<i>Cantidad ofrecida</i>	$P_R$	$P_T$	$P_F$	$P_{CO}$	$P_L$
Leche (L)	-0.204	-0.339	-0.300	-0.182	<b>1.025</b>

Se puede observar que un aumento en el precio del producto induce un crecimiento en la producción. La reacción de la producción lechera a un cambio de 1% del precio ocasiona en el corto plazo un aumento prácticamente de igual proporción, 1,025%, en la cantidad ofrecida del producto (leche y carne derivada de la lechería). Al analizar este valor debe tenerse en cuenta que una mejora del precio de la leche tiene dos efectos: mayor producción de leche y mayor descarte. Esto es, cuando hay buenos precios de la leche se tiende a aumentar el volumen de producción, fundamentalmente a través de mejoras en la productividad por vaca y/o en el número de vacas. Esto lleva a un recambio de rodeo hacia vacas de mayor producción, por lo que aumenta el descarte de vientres, que en este modelo forma parte también de la oferta de producción.

Al analizar el comportamiento de la oferta de leche respecto al precio de los insumos, se puede observar que la mano de obra es el componente más importante, la oferta de leche disminuye un 0,34% ante un aumento del precio de la mano de obra contratada de un 1%. Sin embargo, se observa que la oferta de leche depende principalmente de su precio y en menor medida del precio de los insumos de producción, confirmando la segunda hipótesis del trabajo que señala al precio del producto como instrumento de política clave estimular el crecimiento

de la producción. Por otra parte se observa que es mayor el efecto que tiene las variaciones de precio de los distintos insumos sobre la oferta de leche que el efecto del precio de la leche sobre la demanda de los distintos insumos. Esto es importante para las industrias o cooperativas lácteas que realizan asistencia técnica a productores y tienen planes de provisión de insumos.

Todas las demandas de insumos calculadas responden negativamente a estímulos de sus respectivos precios. Son poco sensibles a cambios de precios de los insumos relacionados y a cambios del precio de la leche (elasticidades cruzadas menores a -1). El valor negativo de estas últimas elasticidades muestra cierta complementariedad entre los insumos.

La elasticidad precio del arrendamiento obtenida es prácticamente unitaria lo que indica que ante un aumento de un 1% del precio podría esperarse igual disminución (1,047%) en la cantidad demandada de superficie para arrendar. La magnitud de las elasticidades cruzadas del arrendamiento de tierras respecto al precio de los demás insumos relacionados es baja, pero es menor aún (en valores absolutos) y de signo contrario la respuesta con respecto al precio de la leche.

La demanda por trabajo contratado es la más sensible, dentro de los insumos, ante variaciones en sus respectivos precios; es elástica lo cual implica que el cambio en su cantidad demandada es proporcionalmente mayor que el cambio de la remuneración, hecho que puede ser explicado fundamentalmente por la productividad de este factor de producción. A medida que se encarece el precio del trabajo, se exige mayor eficiencia lo que provocaría un cambio proporcionalmente mayor en la cantidad demandada. El efecto de una variación del precio de la leche sobre la demanda de trabajo no revela ser tan importante. La relación con los demás insumos es negativa, mostrando también cierto grado de complementariedad.

A partir de los resultados es de esperar que la demanda por forraje responda principalmente a una variación de su propio precio y de manera contraria y en menor medida a un cambio del precio del arrendamiento, del trabajo y del alimento concentrado. El efecto del precio del trabajo sobre el uso del forraje es casi el doble que el efecto del precio de los demás insumos. Por último esta demanda prácticamente no depende del precio de la leche, ante una disminución de un 1% del precio de la leche, la demanda por forraje solo cae en un 0,11%.

La elasticidad precio del alimento concentrado es casi unitaria y un aumento en el precio del mismo provoca una disminución de la cantidad demandada y una disminución de la demanda de los restantes insumos. La respuesta frente a un cambio del precio del forraje es mayor que la respuesta de la demanda del forraje respecto al cambio del precio del alimento concentrado. El valor del producto prácticamente no incide en el uso de este insumo.

En el cuadro 6 se muestran los valores obtenidos de las elasticidades de demanda de insumos respecto al factor fijo (cantidad de vacas en ordeño) y la elasticidad de oferta respecto al mismo factor. Como es de esperar, una disminución en la cantidad de vacas en ordeño aumenta la participación del gasto de insumos, especialmente por forrajes y por alimento concentrado. Frente a los valores obtenidos una ampliación del capital, representado en el modelo a través del número de vacas en ordeño, decrece significativamente la demanda de superficie para arrendar y la demanda por trabajo y contribuye de manera positiva a una mayor producción. Un aumento de superficie propia (capital), puede explicar la disminución del 0.6% de la necesidad de alquilar y una mejora de la infraestructura de ordeño (capital) podría explicar la menor demanda de mano de obra. Una disminución del tamaño de rodeo productivo aumentaría significativamente la demanda por concentrados y reservas (incluidas en la demanda por forraje) con el objetivo de lograr mayor productividad por vaca y suavizar la caída del volumen de producción.

**CUADRO 6: ELASTICIDADES DE DEMANDA Y OFERTA RESPECTO AL INSUMO FIJO**

<i>Cantidades demandadas</i>	<b>Insumo Fijo (Cantidad VO)</b>
Arrendamiento	-0.592
Trabajo	-0.362
Forraje	-0.457
Concentrados	-0.728
<b><i>Cantidad ofrecida</i></b>	
Leche	0.333

El horizonte de planificación en la actividad lechera es mayor que el de otras actividades, debido a la necesidad de efectuar inversiones en instalaciones, animales y praderas. La inestabilidad de precios crea incertidumbre económica lo que afecta considerablemente la inversión y por ende la incorporación de tecnología. En estas empresas, tal como se observa en el cuadro 6, la respuesta de la producción frente a un cambio de estructura no es despreciable, por lo que pueden ser muy perjudicadas por situaciones macroeconómicas como las actuales.

En síntesis, las elasticidades propias son prácticamente unitarias, tanto para la oferta de leche como para la demanda de insumos, excepto en forraje cuyo valor es un poco más de la mitad. Las elasticidades cruzadas de precios, son inelásticas y negativas entre los insumos, lo que sugiere que los distintos insumos en cuestión son complementarios, cuando las empresas persiguen objetivos de maximización de beneficios. Como se planteaba en la tercer hipótesis la mayor utilización de uno de ellos incrementa el producto físico marginal del otro. La respuesta de la oferta de leche frente a cambio en el precio de los insumos es mayor que la respuesta de las demandas de insumos frente a cambio en el precio de la leche.

#### **4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Los resultados presentados en este trabajo coinciden en gran parte con la literatura revisada. Se utilizan en la discusión cuatro de los trabajos citados en la introducción (Ball, 1988; Parellada y Rusch, 1989; Blayney y Mittelhammer, 1990 y Quiroga y Bravo-Ureta, 1996) que tienen en común la estimación de oferta de producto y demandas de insumos a partir de una función de beneficios. A continuación se hace una breve reseña, comparando en primer lugar lo que refiere a oferta de leche y luego lo relacionado a demandas de mano de obra contratada, forrajes y alimentos concentrados.

En el cuadro 7 se muestran los valores estimados de elasticidades de oferta de leche. Se puede observar que todos los autores informan elasticidades de oferta de leche inelásticas, lo que implica una baja respuesta productiva del sector frente a cambios del precio. Un oferta inelástica sugiere además que, en el corto plazo, los productores venderán su producción más allá del precio que estén dispuestos a pagar por ella. Aunque no estén conformes con el precio, las características del producto obligarán a vender igual para cubrir sus costos.

Comparando la elasticidad precio de leche estimada en este trabajo (1.025) con las del cuadro 7, la mayor diferencia se presenta con respecto al valor obtenido por Parellada y Rusch, que también trata sobre la lechería Argentina. Esta puede deberse en parte al origen de los datos utilizados, macroeconómicos y de un período de 15 años (1960-1985) en dicho trabajo y de

corte transversal y datos microeconómicos en esta investigación. La mejora que se manifiesta en la capacidad de respuesta del sector ante cambios de precios de la leche puede ser explicada también por el gran avance que ha tenido la lechería Argentina en la década del 90.

**CUADRO 7: ELASTICIDADES DE OFERTA DE LECHE**

Autores	Elasticidad precio	Elasticidades cruzadas de leche -		
	de leche	Mano de obra	Forraje	Concentrados
Quiroga y Bravo Ureta	0.46	-0.076	-0.075	-0.255
Ball	0.642	-0.554		
Parellada y Rusch	0.05	-0.383		
Blayney y Mittelhammer	0.89	-0.374		-0.195

En esta investigación y en tres de los trabajos mencionados se puede apreciar que el precio del producto es el principal determinante de la oferta. El efecto de los precios de mano de obra contratada, forraje y alimentos concentrados sobre la repuesta productiva del sector es bajo. Las elasticidades cruzadas con respecto al precio de estos insumos, son negativas e inelásticas, indicando que estos tres insumos son bastante específicos de la producción lechera.

Analizando la estructura de demanda de los factores (Cuadros 8 y 9), mano de obra contratada, forraje y alimento concentrado se comportan como complementarios en el proceso de producción según los distintos autores, resultados congruentes con los antecedentes del cuadro 5.

**CUADRO 8: ELASTICIDADES DE DEMANDA DE MANO DE OBRA CONTRATADA**

Autores	Elasticidad precio de mano de obra	Elasticidades cruzadas de mano de obra -		
		Leche	Forraje	Concentrados
Quiroga y Bravo Ureta	-0.505	0.861	-0.289	-0.767
Ball	-1.500	0.837		
Parellada y Rusch	-0.195	0.264		
Blayney y Mittelhammer	-0.869	2.16		-0.229

En todos los trabajos citados la mano de obra contratada forma parte de los modelos. Ball es el único que obtiene una demanda de mano de obra contratada elástica y algo superior a la de este trabajo (Cuadro 8). El resto de los autores informan demandas inelásticas. En lo que refiere a Argentina, la diferencia con el trabajo de Parellada y Rush puede ser explicada por la consideración o no del tambero mediero. Por ser datos macroeconómicos, los valores utilizados son jornales contratados y no incluye el sistema de mediería. Se aprecia además que el precio de la leche genera un efecto positivo sobre la demanda de mano de obra contratada, sin embargo los valores informados por los distintos autores son superiores a los estimados en este trabajo, donde la elasticidad cruzada es 0.105.

Solo dos de los trabajos citados, incluyen en sus modelos al alimento concentrado. Obtienen demandas inelásticas y valores de elasticidades inferiores a nuestro caso (Cuadro 9). Quiroga

y Bravo-Ureta, consideran además al forraje como parte de los insumos que participan en la producción lechera, encontrando una elasticidad de demanda inelástica pero inferior a la de este trabajo y un efecto negativo del forraje sobre la demanda de concentrados y de igual magnitud al informado en el cuadro 5.

**CUADRO 9: ELASTICIDADES DE DEMANDA DE ALIMENTO CONCENTRADO**

Autores	Elasticidad precio de concentrados	Elasticidades cruzadas de alimento concentrado		
		Leche	Forraje	Mano de obra
Quiroga y Bravo Ureta	-0.688	0.903	-0.292	-0.242
Blayney y Mittelhammer	-0.443	2.16		-0.165

Consecuentemente se puede considerar que la metodología aplicada y el modelo seleccionado fueron satisfactorios y predicen adecuadamente el comportamiento racional del productor lechero argentino.

La elasticidad precio de leche estimada implica una importante capacidad de respuesta del sector a incentivos económicos en el corto plazo. La posibilidad de poder suministrar concentrados y reservas (silo especialmente), cuyos efectos sobre los niveles de producción son prácticamente inmediatos, explica la sensibilidad de la producción al precio. Cuando la leche tiene buenos precios, aumenta el suministro de concentrados, la producción y por ende el ingreso por venta de leche. La disminución de precios provoca el efecto contrario generando un comportamiento cíclico, característico de la dinámica histórica de la lechería argentina.

El valor de elasticidad de oferta permite corroborar que el precio de la leche resulta un instrumento de política efectivo cuando se busca estimular la producción, pudiéndose esperar en el corto plazo aumentos de cantidades ofrecidas de leche y carne de igual proporción al aumento de su precio. Sin embargo, una política de este tipo debe aplicarse con ciertas precauciones cuando el mercado es restringido; esta capacidad de respuesta puede transformarse en problema a la hora de colocar el producto. La evolución de la lechería argentina ha estado ligada históricamente a la dinámica del consumo interno y en menor medida a las exportaciones; hasta la década de los noventa, las exportaciones estuvieron vinculadas a los excedentes de producción. Las distintas propuestas de política sectorial en estudio plantean la necesidad de aumentar la producción y las exportaciones sin darle la importancia suficiente al mercado doméstico cuya demanda aún está muy deprimida. Fomentar la producción en estas condiciones generará futuras caídas en el precio, reinstalando el comportamiento cíclico con fuertes impactos en la dinámica del sector,

El análisis de la demanda de los distintos factores y sus elasticidades permiten comprobar que el empleo de factores en el proceso de producción se realiza en forma complementaria, lo que significa que la mayor utilización de uno de ellos incrementa el producto físico marginal del otro. Los resultados empíricos indican que todas las demandas estimadas dependen principalmente de sus respectivos precios sugiriendo que las políticas de precios que pretendan inducir un mayor uso del recurso deberán modificar directamente el precio del insumo en cuestión. Esto puede ser de interés para aquellas cooperativas que además de recibir leche ofrecen a los productores los insumos y servicios necesarios para la alimentación de rodeo. Es importante considerar que en estos casos, el precio de la leche no resultará tan buen incentivo porque las elasticidades calculadas de demanda de factores con respecto al precio de la leche son menores a 0,15.

Se considera de interés para futuros estudios explorar la aplicación del modelo propuesto a los distintos estratos de producción, considerando que la escala es un elemento determinante en los resultados y en la posibilidad de adopción de tecnología. Medir el sesgo del cambio técnico permitiría analizar efecto sobre costo medios. La relación de la lechería con la agricultura, especialmente en los últimos años con precios agrícolas favorables, incentivan a los productores a dedicar mayores recursos a la producción de granos. La inclusión de dicha actividad en el modelo planteado permitiría evaluar el grado de sustitución o complementación entre el tambo y la agricultura. De tal forma el modelo analizado en este trabajo constituye una base importante para futuros estudios de competitividad microeconómica entre la agricultura y la producción de leche.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

A.O, Adelaja. "Price Changes, Supply Elasticities, Industry Organization and Dairy Output Distribution". *American Journal of Agricultural Economics*. 73:89 -102, 1991.

A. Zellner "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregations bias". *American Statistical Association Journal*. 57, 1962.

D.P Blanyney y R.C Mittelhammer "Decomposition of milk supply response into technology and price-induced effects". *American Journal of Agricultural Economics*. 72, 1990.

E. Diewert "Functional forms for profit and transformation functions" *Journal of Economic Theory* 6, 1973.

E.D. Schilder y B.E Bravo-Ureta. "Análisis de costos en explotaciones lecheras de la Región Central Argentina con algunas comparaciones internacionales". *Investigación Agraria: Economía* 9 (2):199-213, 1994.

G.H. Parellada y G. Rusch,. Economías de escala y respuesta productiva en el tambo argentino: algunas evidencias para la formulación de políticas sectoriales. Documento de Investigación Nro. 2. INTA, 1989.

G. Thijseen. "Supply response and input demand of dutch dairy farms". *European Review of Agricultural Economics* 19: 219-235, 1992.

J.L Lau y P.A. Yotopoulos. "A test for relative efficiency and an application to Indian agriculture". *American Economic Review*. 61(1):94-109, 1971.

J.L Lau y P.A. Yotopoulos. "Profit, supply and factor demand functions". *American Journal of Agricultural Economics*. 54, 1972.

J.L. Lau "A Characterization of the normalized restricted profit function". *J. Econ Theory* 12, 1976.

J.L. Lau. "Testing and imposing monotonicity, convexity and quasi-convexity constraints". En Fuss, M., McFadden, D. (eds). *Production Economics: A dual approach to theory and applications*. Vol. 1, Amsterdam: North-Holland. Pp. 409-453, 1978.

J. Luijt y A. Hillebrand. "Fixed factors, family farm income and the continuity of dutch dairy farms". *European Review of Agricultural Economics* 19:219-235, 1992.

L.E. Fulginiti y R.K Perrin. "Argentine Agricultural policy in a multiple input, multiple output framework". *American Journal of Agricultural Economics*. 72(2):279-288, 1990..

L.M, Ramírez, S.B. Zuliani, G.I. López, M.G. Borgognone, A. J. Quagliani y V. Rivera Rúa. "Competitividad entre el tambo y la agricultura en la última década en el centro sur de la provincia de Santa Fe", en XXXI Reunión Anual de la Asociación de Economía Agraria, Rosario, Argentina. Trabajo en CD, 2000.

M.A. Iribarren. "Análisis sectorial lechero". Dirección Ganadera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. [<http://siiap.sagyp.mecon.ar/new/0-0/ganaderia/otros/lecheria/perp03.htm>], 2003.

R.E, Lopez. "Estimating substitution and expansion effects using a profit function framework". *American Journal of Agricultural Economics*. 66(3):358-367, 1984.

R.E. Quiroga y B.E. Bravo-Ureta "Modelos de beneficio para explotaciones lecheras: Un análisis de formas funcionales alternativas". *Investigación Agraria: Economía*. 11, 1996.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Industria Alimentaria. Informes varios. [[www.sagpya.mecom.gov.ar/alimentos/inicio.htm](http://www.sagpya.mecom.gov.ar/alimentos/inicio.htm)]

S.S. Sidhu y C.A Baanante. "Estimating farm-level input demand and wheat supply in the Indian Punjab using a translog profit function". *American Journal of Agricultural Economics*. 63, 1981

V.E. Ball "Modeling Supply Response in a Multiproduct Framework" *American Journal of Agricultural Economics* 70, 1988.