

UN MODELO ECONOMETRICO DE MEDICION DE LAS RELACIONES DE SUSTITUCION ENTRE MATERIAS PRIMAS COMPRADAS PARA LA PRODUCCION DE PIENSOS COMPUESTOS Y SU ASIGNACION

Por
L. PEETERS (*)
Y. SURRY (*)

I. INTRODUCCION

El objeto de este trabajo es presentar un modelo econométrico que permita medir las relaciones de sustitución entre las materias primas compradas para la producción de piensos compuestos y su asignación (utilización). El modelo es una aplicación directa de la teoría de la dualidad, utilizando una función de costes con outputs múltiples. El método propuesto se ha aplicado a los datos anuales de las industrias de piensos compuestos belga y neerlandesa. Para la estimación, se utiliza la función de costes Simétrica Generalizada de McFadden, recientemente desarrollada (Diewert y Wales, 1987).

A diferencia de estudios econométricos anteriores, este estudio aprovecha las consecuencias de la propiedad de *producción no conjunta* en cuanto a las cantidades de materias primas utilizadas en la producción de piensos compuestos, propiedad que hasta ahora no ha recibido la debida consideración. Demostraremos que el supuesto de

(*) Limburg University Centre, Belgium.

(**) Agriculture Canada. Las opiniones expresadas en este trabajo no representan necesariamente las opiniones de Agriculture Canada.

— Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 166 (octubre-diciembre).

producción no conjunta permite obtener información con respecto a la estructura de la producción de piensos compuestos para cada tipo de ganado utilizando únicamente datos del mercado a nivel agregado (como los flujos totales de las materias primas para la producción de piensos). En consecuencia, el método que proponemos pretende superar los problemas de estimación originados por la falta de datos publicados a nivel desagregado por tipos de ganado. Al proceder de este modo, el presente análisis realza, asimismo, la utilidad empírica del enfoque dual para modelizar la demanda de piensos.

Este trabajo presenta tres tipos de resultados empíricos: a) matrices de elasticidades precio «con producción constante» y «con producción variable», por tipos de ganado; b) tablas de asignación de piensos o «matrices de utilización de piensos» (MUP) (1), y c) «tablas input-output» que muestran la composición de cada tipo de pienso. Siempre que sea posible, los resultados se compararán con los obtenidos por otros estudios.

II. MODELO CONCEPTUAL

En esta sección, describiremos brevemente los efectos de estática comparativa sobre la demanda (por parte del sector de piensos compuestos) de materias primas compradas para la producción de piensos bajo tres supuestos diferentes: a) la producción de piensos compuestos es constante; b) la producción de piensos compuestos es variable y la oferta de ganado es constante; y c) la producción de piensos compuestos y la oferta de ganado son variables.

Se parte de la hipótesis de que la tecnología de producción de piensos compuestos puede describirse mediante la siguiente función de costes con outputs múltiples, fuertemente divisible:

$$C(W, R, Y) = G(W, Y) + H(R, Y) \quad [1]$$

costes *costes de* *otros*
totales *las materias* *costes*
 primas para
 piensos

(1) Una matriz de utilización de piensos refleja la utilización de todos los tipos de piensos por tipos de ganado durante un año natural o agrícola, normalmente tanto en términos de peso como en equivalentes energéticos y proteínicos (Parris y Tisserand, 1988, p. 375).

en la que W es un vector de precios de las materias primas para la producción de piensos compuestos, R es un vector de precios de los demás inputs e Y es un vector de cantidades de producción de piensos compuestos. Nótese que la ecuación [1] supone implícitamente una sustitución nula entre las materias primas para la producción de piensos compuestos y los otros inputs, así como una «libre» sustitución entre las materias primas para piensos, (esto es, los otros inputs, ya sean fijos o variables, no imponen ninguna restricción al problema de optimización de la composición de los piensos). Asumiendo el supuesto de una industria perfectamente competitiva (fijación de precios al nivel de los costes marginales), de ello se deduce que:

$$P = \nabla_y C = \nabla_y G + \nabla_y H, \quad [2]$$

$\nabla_y G(.) \equiv [\partial G(.) / \partial Y_{ij}]$ es el gradiente de $G(.)$ con respecto a los componentes de Y , etc. Dada la especificación anterior, los efectos de estática comparativa sobre la demanda de materias primas para piensos pueden deducirse considerando únicamente la función de costes de las materias primas para la producción de piensos, $G(W, Y)$. Con el fin de determinar los diferentes efectos de expansión, tenemos que ampliar el número de términos en la función de costes de las materias primas para piensos del siguiente modo: $G(W, Y) = G[W, Y - (P, L)]$, en donde P es un vector de precios de piensos compuestos y L es un vector de ofertas ganaderas. Nótese que, a lo largo de todo nuestro análisis, asumimos el supuesto de que los precios de los productos ganaderos son exógenos (2).

II.1. Producción de piensos compuestos constante

Bajo este supuesto, Y es exógena ($Y = Y^0$). Aplicado el principio de Shephard a la función de costes de las materias primas para piensos, podemos deducir funciones de demanda compensadas de las materias primas para piensos de la forma $X = \nabla_w G$. Los efectos de

(2) La cuestión de las variaciones en los precios de los productos ganaderos necesarios para neutralizar la expansión (o la contracción) de la producción de ganado debida a una disminución (o aumento) de los costes de los piensos no ha sido analizada aquí (como p. ej., en Mahé y Munk, 1989).

estática comparativa de las variaciones de precios de las materias primas para piensos pueden formularse del siguiente modo:

$$\nabla_w G = \nabla_{ww} G \quad [3]$$

donde $\nabla_{ww} G(.) \equiv [\partial^2 G(.) / \partial W_i \partial W_j]$ es la matriz subhessiana de $G(.)$ con respecto a los componentes de W .

II.2. Producción de piensos compuestos variable y oferta de ganado constante

Bajo estos supuestos, Y y P son variables endógenas, y L es exógena ($L = L^0$). Los efectos de estática comparativa de las variaciones de los precios de las materias primas para la producción de piensos pueden descomponerse del siguiente modo:

$$\nabla_w X^* = \nabla_{ww} G + \nabla_{wY} G \cdot \nabla_P Y \cdot \nabla_w P, \quad [4]$$

en donde:

$$\begin{aligned} \nabla_w P &= \nabla_{Yw} G + \nabla_{YY} G \cdot \nabla_P Y \cdot \nabla_w P = \\ &= [1 - \nabla_{YY} G \cdot \nabla_P Y]^{-1} \cdot \nabla_{Yw} G \end{aligned} \quad [5]$$

Asumiendo el supuesto de producción no conjunta en cuanto a las cantidades de inputs y de homogeneidad lineal de las cantidades producidas, de ello se deduce que $\nabla_{YY} G = [\partial^2 G / \partial y_k \partial y_k] = 0$ y, por lo tanto, que $\nabla_w P = \nabla_{Yw} G$. Por consiguiente:

$$\nabla_w X^* = \nabla_{ww} G + \nabla_{wY} G \cdot \nabla_P Y \cdot \nabla_{Yw} G \quad [6]$$

efecto efecto
sustitución expansión

El efecto expansión se debe a la pendiente negativa de la demanda de piensos compuestos y las variaciones de los precios de los mismos debidas a las variaciones de los precios de las materias primas para la producción de piensos. Nótese que una tecnología de

producción no conjunta (independencia de los procesos de producción) y con rendimientos constantes de escala (RCE) implica que la función dual de costes tiene la propiedad aditiva con respecto a los productos (Hall, 1973). En consecuencia, la función de costes puede escribirse como $G(W, Y) = \sum_k G_k(W, Y_k) = \sum_k g_k(W) \cdot Y_k$, en la que $g_k(W)$ es el coste unitario de las materias primas para piensos necesarias para producir el producto k .

II.3. Producción de piensos compuestos y oferta de ganado variables

Bajo estos supuestos, la producción de piensos compuestos (Y) y las ofertas ganaderas (L) son endógenas. Los efectos de estática comparativa pueden descomponerse de la siguiente manera:

$$\nabla_w X^{**} = \underbrace{\nabla_{ww}G}_{\text{efecto sustitución}} + \underbrace{\nabla_{wy}G \cdot \nabla_p Y}_{\text{efecto expansión (I)}} + \underbrace{\nabla_{wy}G \cdot \nabla_L Y \cdot \nabla_p L}_{\text{efecto expansión(II)}} \cdot \nabla_{yw}G, \quad [7]$$

ó:

$$\nabla_w X^{**} = \nabla_{ww}G + \nabla_{wy}G \cdot [\nabla_p Y + \nabla_L Y \cdot \nabla_p L] \cdot \nabla_{yw}G \quad [8]$$

Como puede verse de inmediato, el efecto expansión en [6] se ve reforzado por el efecto de las variaciones de las ofertas ganaderas originadas por las variaciones de los precios de las materias primas para piensos.

III. MEDICION DE LA RELACION DE SUSTITUCION ENTRE MATERIAS PRIMAS PARA PIENSOS

El grado de sustituibilidad entre los inputs suele medirse mediante las elasticidades cruzadas de precios de la función demanda derivada. Estas elasticidades muestran cómo la cantidad de un input determinado i varía ante un cambio porcentual del precio del input j ,

si todos los demás precios permanecen constantes. Si la elasticidad cruzada es positiva (o negativa), los inputs i y j son sustitutivos (complementarios) (Chambers, 1988, p. 65). Al analizar sectores intermedios como la industria de transformación de alimentos, debe tenerse en cuenta el hecho de que cualquier modificación en el precio de un input no sólo afecta a la demanda de ese input específico, sino también al precio y a la cantidad demandada del producto final. En otras palabras, debe tomarse en cuenta tanto la sustitución entre inputs a lo largo de una isocuanta determinada con los efectos de las variaciones de la producción sobre la demanda de inputs. Por consiguiente, nos interesa tanto la elasticidad precio *net*a como la elasticidad precio *bruta* de la demanda de materias primas para la producción de piensos (López, 1984; Field y Allen, 1981). Las elasticidades precio netas (ϵ_{ij}) se definen como elasticidades «compensadas a igual producción» (esto es, en las que la producción se mantiene constante), y puede calcularse directamente utilizando una función (dual) de costes. Las elasticidades precio brutas se definen como elasticidades no compensadas (esto es, se permiten variaciones de la producción).

En el caso de las materias primas compradas para la producción de piensos, es posible definir dos tipos de elasticidades precio brutas, a los que denominaremos elasticidad «bruta-I» (ϵ_{ij}^*) se calculan para un nivel variable de producción de piensos compuestos, manteniendo constante la oferta de ganado, mientras que las elasticidades «brutas II» (ϵ_{ij}^{**}) se calculan para un nivel variable de producción de piensos compuestos y de oferta de ganado. En el caso de *un solo producto*, con RCE y funciones de demanda del producto con pendiente negativa, las elasticidades precio brutas de las materias primas para piensos («normales») se calculan utilizando las siguientes expresiones:

$$\text{Elasticidad bruta I: } \epsilon_{ij}^* = \epsilon_{ij} + S_j \eta, \quad [9]$$

$$\text{Elasticidad bruta II: } \epsilon_{ij}^{**} = \epsilon_{ij} + S_j (\eta + \omega \lambda) \quad [10]$$

en las que S_j es la proporción del input j -ésimo en el coste total de producción (de piensos compuestos), η es la elasticidad compensada (con producción de ganado constante) ante el propio precio de la demanda de piensos compuestos, ω es la elasticidad de la demanda

de piensos compuestos con respecto a la oferta de ganado y λ es la elasticidad de la oferta de ganado con respecto al precio de los piensos compuestos. A partir de las ecuaciones [6] y [8], es fácil deducir las expresiones en forma de elasticidades de [9] y [10] mediante simples manipulaciones algebraicas. Nótese que bajo los supuestos de producción no conjunta y de RCE (esto es, propiedad aditiva de la función de costes), las expresiones [9] y [10] son válidas para cada tipo de ganado k por separado. En otras palabras, outputs múltiples puede abordarse como si se tratara de procesos de producción separados con un solo output cada uno por lo que respecta a las elasticidades precio brutas. Puesto que η , $\lambda < 0$, $\omega > 0$ y $S_j < 0$, se deduce que $S_i\eta < 0$ y $S_i(\eta + \omega\lambda) > 0$, y, por lo tanto, que $\epsilon_{ij}^{**} < \epsilon_{ij}^* < \epsilon_{ij}$. Definimos los términos $S_i\eta$ y $S_i(\eta + \omega\lambda)$ como «elasticidades de expansión» (Berndt y Wood, 1979; López, 1984). Nótese que cuando la elasticidad de expansión negativa predomina sobre la elasticidad precio neta positiva, i y j son sustitutivos netos ($\epsilon_j > 0$), pero complementarios brutos ($\epsilon_{ij}^{**} < \epsilon_{ij}^* < 0$). Cuando el proceso de producción requiere más de dos inputs, hay varias definiciones posibles de la elasticidad de sustitución. En este trabajo, nos ocuparemos sólo de las definiciones más utilizadas.

La elasticidad de sustitución parcial de Allen (ESA) puede definirse como la elasticidad precio cruzada de la demanda compensada de inputs (ϵ_{ij}) dividida por la respectiva participación en los costes (S_j). En consecuencia, las ESA pueden considerarse como elasticidades precios cruzadas normalizadas, y son simétricas. Así pues, tanto las ESA como las elasticidades precio cruzadas suministran el mismo tipo de información. Sin embargo, debido a que las elasticidades precio cruzada son más fáciles de comprender de manera intuitiva, en lo sucesivo las utilizaremos de manera preferente a las ESA. La elasticidad precio cruzada constituye un ejemplo de la elasticidad de sustitución con un factor y un precio (ESUU), y mide la variación porcentual de la cantidad utilizada X_i originada por una variación porcentual en el precio W_j , manteniéndose constante la producción y los precios de los demás inputs.

La elasticidad de sustitución de Morishima (ESM) puede definirse como una elasticidad de sustitución con dos factores y un precio (ESDU). La ESM puede interpretarse como la elasticidad precio cru-

zada de la demanda relativa, ya que mide el ajuste *relativo* de las cantidades de inputs cuando varía un solo precio. Esta elasticidad es importante, ya que, por ejemplo, los responsables de la política agraria de la Comunidad Europea pueden estar interesados en conocer la variación de la producción de un tipo de pienso con proporciones (intensidades) de materias primas dadas ante variaciones de los precios relativos de los cereales. La elasticidad de sustitución de Morishima puede utilizarse para responder a este tipo de cuestiones. De forma intuitiva, si los inputs i y j son complementarios (elasticidad precio cruzada negativa), un incremento en el precio W_j dará lugar a una disminución en la cantidad utilizada de X_i . No obstante, puesto que la disminución de W_j también provoca una disminución de X_j , será necesario restar el efecto provocado por el propio precio con el fin de obtener el efecto «neto» (Fernández-Cornejo 1992, p. 38). En otras palabras, la ESM entre los inputs i y j mide el cambio porcentual en el empleo de X_j causado por una variación del 1 por ciento en el precio W_j del input j una vez descontado el cambio porcentual de X_j , debido exclusivamente al efecto demanda. La ESM puede expresarse como sigue:

$$ESM_{ij} = \frac{\partial \ln(X_i / X_j)}{\partial \ln W_j} = \frac{\partial (\ln X_i - \ln X_j)}{\partial \ln W_j} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad [11]$$

De la expresión anterior, puede verse de inmediato que $ESM_{ij} \neq ESM_{ji}$ (3). Esta asimetría de la ESM es lógica, ya que, con más de dos inputs, la curvatura de la isocuanta (que, claramente, constituye una medida del «grado» de sustituibilidad), puede medirse en muchas direcciones. Por ejemplo, puede obtenerse la misma variación en los precios relativos, W_i/W_j , cuando W_j varía y W_i se mantiene constante que cuando sucede lo contrario. Sin embargo, cada uno de esos casos provoca cambios diferentes en las cantidades relativas, X_i/X_j .

(3) Esta formulación de la ESM, utilizada también, por ejemplo, por Ball y Chambers (1982) y Moschini (1993), difiere de la propuesta por Blackorby y Russell (1989), que definen la elasticidad de Morishima del siguiente modo: $ESM'_{ij} = \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ii}$. Hertel (1991) también utiliza esta definición. Obviamente, ambas versiones de la ESM son muy similares, ya que la matriz de elasticidades ESM'_{ij} no es más que la traspuesta de la matriz de elasticidades ESM_{ij} .

La elasticidad de Morishima tiene algunas propiedades adicionales que pueden ser útiles para el estudio de la sustituibilidad entre las materias primas para la producción de piensos compuestos. En primer lugar, de la ecuación [11] se deduce que, con un solo producto y RCE, la elasticidad de Morishima es invariante a la elasticidad de expansión:

$$ESM_{ij} = \epsilon_{ij} - \epsilon_{jj} = \epsilon_{ij} + s_j(\eta + \omega\lambda) - e_{jj} - s_j(\eta + \omega\lambda) = \epsilon^{**}_{ij} - \epsilon^{**}_{jj} \quad [12]$$

En segundo lugar, Hertel (1991) señala el hecho de que los sumatorios de las filas de la matriz de ESM deben tener siempre el mismo valor, debido a la homogeneidad de grado cero en precio de los inputs que presentan las ecuaciones de demanda compensada:

$$\sum_j ESM_{ij} = \sum_j (\epsilon_{ij} - \epsilon_{jj}) = -\sum_j \epsilon_{jj} \quad [13]$$

Sin embargo, los totales de las columnas de la matriz de ESM no suman el mismo valor. Efectivamente, la suma de la columna j -ésima representa la variación total de las intensidades de factores óptimas ante variaciones del precio del input j -ésimo. Además, puesto que $\sum_i \sum_j ESM_{ij} = \sum_j \sum_i ESM_{ij}$, la suma de los sumatorios de las filas y la de los de las columnas son iguales. En consecuencia, una referencia útil para analizar la variación relativa de los coeficientes técnicos óptimos ante variaciones en el precio j -ésimo consiste en comparar $\sum_i ESM_{ij}$ con $\sum_j ESM_{ij}$. Si la suma total de la columna supera a la suma (igual en todos los casos) de la fila, puede afirmarse que la tecnología es relativamente sensible a las variaciones en el precio relativo del input j . Si la suma total de la columna es menor, puede afirmarse lo contrario.

IV. MEDICION DE LA ASIGNACION DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCION DE PIENSOS

La desagregación del consumo total de las materias primas para la producción de piensos por tipos de ganado suele realizarse mediante una «tabla de asignación de piensos» o una «matriz de

utilización de piensos» (MUP). El procedimiento más común para construir tablas de asignación de piensos o MUP consiste en adoptar un enfoque de ingeniería agronómica, utilizando información técnica sobre nutrición como son las necesidades de alimentación por tipos de ganado, los valores nutritivos de los ingredientes de los piensos, los coeficientes de transformación de piensos, etc. Sin embargo, este procedimiento (básicamente normativo) no coincide con la gran diversidad observada en las pautas de utilización de piensos que pueden derivarse de la misma tecnología de alimentación básica. La diversidad observada se debe a las diferencias en los precios relativos de las materias primas para la producción de piensos. En otros términos, las causas económicas que determinan la utilización de piensos han sido completamente ignoradas por el enfoque de ingeniería agronómica, dando lugar a las conocidas dificultades surgidas en la elaboración de MUP fiables a escala de la Comunidad Europea. Sin embargo, a partir de una función de costes no conjunta (y con RCE) es posible elaborar una MUP, identificar la composición de cada tipo de piensos y calcular las elasticidades precio y de Morishima específicas para cada tipo de ganado utilizando únicamente datos del mercado a nivel agregado. En otro lugar se ha demostrado (Kohli, 1981 Peeters y Surry, 1993a) que el supuesto de producción no conjunta (RCE) permite deducir las siguientes ecuaciones:

$$\mu_{ik} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln Y_k} = \frac{\partial g_k(W)}{\partial W_i} \cdot \frac{Y_k}{X_i} = \frac{X_{ik}}{X_i} \quad [14]$$

$$\varepsilon_{ijk} = Y_k \cdot \frac{\partial^2 g_k(W)}{\partial W_i \partial W_j} \cdot \frac{W_j}{X_{ik}} \quad [15]$$

$$\varepsilon_{ij} = \sum_k \mu_{ik} \cdot \varepsilon_{ijk} \quad [16]$$

en las que Y_k es la producción de piensos compuestos para el tipo de ganado k (tipo de pienso k), X_i es la cantidad total utilizada del input i , X_{ik} es la cantidad del input i utilizada en la producción del producto k y g_k es el coste unitario de los piensos para producir el producto k . La ecuación [14] sirve de base para construir las MUP

(X_{ik}/X_i) y la identificación de la composición de los diferentes tipos de piensos en términos de *proporciones de cantidades* ($q_{ik} = X_{ik}/\sum_j X_{ij}$) o en términos de *proporciones de costes* ($s_{ik} = W_i X_{ik}/\sum_j W_j X_{jk}$).

Las ecuaciones [15] y [16] nos permiten obtener las elasticidades precio por tipo de ganado (ϵ_{ijk}) y las elasticidades precio agregadas (medias) (ϵ_{ij}) respectivamente. Obviamente, la elasticidad precio agregada es una media ponderada de las elasticidades precio de los diferentes tipos de ganado, siendo el factor de ponderación las correspondientes proporciones de asignación de inputs (X_{ik}/X_i). Nótese que, en general, la $ESM_{ij} \neq \sum_k \mu_{ik} \cdot ESM_{ijk}$.

V. MODELO EMPIRICO

El foco de atención de este estudio se ciñe a los ingredientes para piensos utilizados por las industrias de piensos compuestos en Bélgica y los Países Bajos. Esto puede justificarse por el hecho de que en estos dos países casi todos los ingredientes para piensos son transformados por fabricantes de piensos compuestos.

Para que el modelo sea manejable, se han tomado para nuestro análisis cuatro grupos de ingredientes para piensos (débilmente divisibles): cereales (CER), piensos de alto valor energético denominados con la expresión «sustitutivos de los cereales» (SUB) (4), piensos de elevado contenido proteínico (PRO) y aditivos (ADD). Asimismo, se toman en consideración en el análisis tres tipos de productos (tipos de piensos): piensos para aves de corral, piensos para cerdos y piensos para ganado vacuno. Los datos utilizados son precios y cantidades de las materias primas para piensos (cantidades totales), de piensos compuestos (por tipo de ganado) y de productos ganaderos durante el período 1962-1988. Para una descripción detallada de la elaboración de los datos y de los procedimientos de estimación, véase Peeters y Surry (1993a y 1993b) y Surry (1990).

(4) La expresión «sustitutivos de los cereales» no siempre aparece claramente definida en la bibliografía sobre política agraria. Normalmente, se refiere a los productos enumerados en el Anexo D del Reglamento (CEE) n.º 2727/75, que comprende los piensos a base de gluten de trigo. En el presente estudio, los piensos de gluten de trigo se incluyen entre los piensos con elevado contenido proteínico.

V.1. *Demanda de ingredientes de piensos*

El modelo empírico utiliza una versión para varios productos de la función de costes Simétrica Generalizada de McFadden (SGM) propuesta por Diewert y Wales (1987). Esta forma de la función es capaz de satisfacer la condición de curvatura general sin comprometer su flexibilidad. Al imponer la simetría y la homogeneidad lineal en precios de los inputs y cantidades de los productos, la función de costes de las materias primas para *piensos SGM* sin «cambios tecnológicos exógenos» puede escribirse como:

$$G(W, Y) = 0.5 \left(\frac{W'AW}{\theta'W} \right) \phi'Y + 0.5 \left(\frac{Y'BY}{\phi'Y} \right) \theta'W + W'CY \quad [17]$$

en la que W e Y son vectores de precios de las materias primas para piensos y de las cantidades de productos de piensos compuestos, respectivamente; θ y ϕ son vectores predeterminados de constantes no negativas, A y B son matrices simétricas de parámetros desconocidos de dimensiones apropiadas, y C es una matriz no simétrica de parámetros desconocidos (no negativos) de las dimensiones apropiadas. Para que $G(W, Y)$ sea una función cóncava (convexa) de los precios de los inputs W (de las cantidades de los productos Y), es una condición necesaria y suficiente que la matriz A (la matriz B) sea semidefinida negativa (positiva). Los parámetros exógenos θ_i y ϕ_k se fijan en un valor igual a la proporción media de los costes del input i y a la proporción media de los ingresos del producto k , respectivamente. Dado que asumimos la hipótesis de producción no conjunta en las cantidades de materias primas para piensos, la matriz B es una matriz nula. Las ecuaciones de demanda de las materias primas para piensos pueden obtenerse aplicando el principio de Shephard a la anterior función de costes SGM:

$$X_i = \frac{\partial G}{\partial W_i} \left(\frac{a_i W}{\theta'W} - 0.5 \theta_i \frac{W'AW}{(\theta'W)^2} \right) \phi'Y + c_i Y \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad [18]$$

en la que a_i y c_i son las filas i -ésima de las matrices A y C , respectivamente. Las ecuaciones del coste unitario de las materias primas (coste marginal constante) derivadas de la anterior función de costes GM son las siguientes:

$$G_k = (1 - \delta_k)P_k = \frac{\partial G}{\partial Y_k} = 0.5\phi_k \left(\frac{W'AW}{\theta'W} \right) + W'c_k \quad (k=1,2,3) \quad [19]$$

en la que P_k es el precio del producto k , δ_k es la proporción del precio que representa los costes unitarios de los otros inputs y c_k es la columna k -ésima de la matriz C . A lo largo de todo nuestro análisis, consideramos δ_k común a todos los tipos de piensos compuestos. Este proceder se justifica por razones prácticas y empíricas. Las elasticidades precio netas se obtienen directamente calculando las derivadas primeras de las funciones de demanda de las materias primas para piensos que aparecen en [18]. La asignación y la composición de los piensos (elasticidades precio por tipos de ganado) se obtienen directamente (o indirectamente) calculando las derivadas primera y segunda de las funciones de coste unitario de [19] y utilizando las expresiones que aparecen en [14] a [16].

V.2. Demanda de piensos compuestos

Las funciones de demanda de piensos compuestos (Y_k , $k = 1, 2, 3$) se especifican como funciones lineales de la producción de ganado (en algunos casos, del tamaño de la cabaña), la relación de precios entre los productos de ganaderos y los correspondientes piensos compuestos y una variable temporal que refleja la mejora tecnológica en la alimentación animal a lo largo del tiempo. La especificación formulada permite incorporar al modelo el predominio creciente y gradual de los piensos compuestos en la alimentación animal:

$$Y_k = a + b_1 L_k + c \left(\frac{PL_k}{P_k} \right) \quad (k = 1, 2, 3) \quad [20]$$

en la que L_k es el nivel de producción ganadera, PL_k es el precio de la oferta de ganado y b_i es un parámetro dependiente del tiempo especificado en forma de una función de distribución logarítmica (acumulativa) (Surry, 1990).

Con estas funciones de demanda, podemos estimar las elasticidades de la demanda de piensos compuestos con respecto a su propio precio (η_k) y con respecto a la oferta de ganado (W_k), respectivamente. A continuación, podemos utilizar estas elasticidades para estimar, para cada tipo de ganado k , las elasticidades de expansión ($s_{jk}\eta_k$) y las elasticidades precio brutas del tipo I (ϵ_{ijk}^*).

V.3. Oferta de productos ganaderos

Los reajustes dinámicos que se produce en la oferta de ganado (si no se deben a la gestión de la oferta) debidos a los cambios en los precios de las materias primas compradas para piensos se modelizan como relaciones nerlovianas convencionales, en las que la producción de ganado (o el tamaño de la cabaña) viene determinada por los precios relativos retardados entre los precios de los productos y los precios de las materias primas para piensos compuestos, así como por el cambio tecnológico. Las ecuaciones de oferta de aves de corral y cerdos se especifican utilizando variables de precios retardadas un año, mientras que, en el caso de los animales vacunos de carne, la adaptación dinámica de la oferta incluye tres retardos en las variables de precios. Nótese que la producción de leche se considera fija (en virtud de las cuotas lecheras).

Utilizando estas ecuaciones de oferta, podemos estimar las elasticidades de oferta de ganado con respecto a los precios de los piensos compuestos correspondientes (λ_k). La especificación de la ecuación de ajuste parcial refleja el proceso de ajuste dinámico de la oferta de ganado originado por las elasticidades de oferta a corto y a largo plazo con respecto a los precios de los piensos compuestos

relevantes. A continuación, utilizamos las estimaciones de los parámetros a largo plazo para deducir, para cada tipo de ganado k , las elasticidades de expansión ($s_{jk}\eta_k + s_{jk}\omega_k\lambda_k$) y (ϵ_{ijk}^{**}) las elasticidades precio brutas al tipo II (ϵ_{ijk}^{**}).

VI. Resultados empíricos

Debido a las limitaciones de espacio, no nos es posible presentar aquí todos los resultados empíricos obtenidos (la totalidad de los resultados empíricos pueden obtenerse de los autores a solicitud de los interesados). Este trabajo presenta las elasticidades precio y de Morishima estimadas, así como las estimaciones de asignación de piensos y de composición de cada tipo de piensos para varios años seleccionados.

VI.1. Elasticidades precio y elasticidades de Morishima

El cuadro 1 presenta las elasticidades precio netas y brutas para Bélgica (1988) y para los Países Bajos (1987/88). Las elasticidades cruzadas de precios *netas* son positivas en todos los casos, lo que indica que las materias primas para piensos son sustitutivos entre sí en Bélgica y los Países Bajos (y, por consiguiente, que los «sustitutivos de cereales» y los piensos de elevado contenidos proteínico pueden desplazar a los cereales en la composición de los piensos). Por consiguiente, nuestros resultados apoyan la hipótesis de que los piensos proteínicos puede ser utilizados también como aportaciones (baratas) de energía. (La elasticidad elevadísima de los cereales con respecto a su propio precio en los Países Bajos se debe a la pequeña proporción de cereales en esa composición de los piensos). Las elasticidades precio *brutas*, por el contrario, muestran un comportamiento notablemente dispar entre Bélgica y los Países Bajos. Mientras que en los Países Bajos no se observa ningún cambio de signo. En otra palabras, en el caso de Bélgica el efecto expansión provoca un cambio decisivo de las relaciones entre las materias primas para piensos, que pasan de ser sustitutivos netos a ser complementarios

Cuadro 1
ELASTICIDADES PRECIO ESTIMADAS PARA BELGICA (1988) Y LOS PAISES BAJOS (1987/1988)

BELGICA		PAISES BAJOS					
Aves de corral		CER	SUB	PRO	ADD	Aves de corral	
CER	-1,026					CER	
Neta (a)	0,505	0,431	0,090	0,322	0,115	Neta (a)	0,130
Bruta I (b)	-1,062	0,374	0,068	0,294	0,103	Bruta I (b)	0,122
Bruta II (c)	-1,598	-0,477	-0,267	0,245	0,082	Bruta II (c)	0,108
SUB						SUB	
Neta	1,721	0,193	-0,178	0,460	-0,673	Neta	0,051
Bruta I	1,685	0,136	-0,200	0,432	-0,685	Bruta I	0,043
Bruta II	1,149	-0,715	-0,535	0,383	-0,706	Bruta II	0,030
PRO						PRO	
Neta	0,272	-0,385	0,077	-0,412	0,197	Neta	0,020
Bruta I	0,236	-0,442	0,055	-0,440	0,185	Bruta I	0,012
Bruta II	-0,300	-1,298	-0,298	-0,488	0,164	Bruta II	-0,002
ADD						ADD	
Neta	0,144	0,197	-0,257	0,071	0,078	Neta	-0,424
Bruta I	0,108	0,140	-0,297	0,043	0,066	Bruta I	-0,432
Bruta II	-0,428	-0,711	-0,614	-0,006	0,045	Bruta II	-0,445

(a) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado constantes.

(b) Producción de piensos compuestos variable y oferta de ganado constante.

(c) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado variables (utilizando las elasticidades a largo plazo de la oferta de ganado del cuadro 2).
N.D. = no disponible, dado que las ecuaciones de oferta han sido estimadas económicamente (dado el sistema de cuotas de producción de leche).

Cuadro 1
ELASTICIDADES PRECIO ESTIMADAS PARA BELGICA (1988) Y LOS PAISES BAJOS (1987/1988) (Continuación)

BELGICA		PAISES BAJOS							
	CER	SUB	PRO	ADD	CERdos	CER	SUB	PRO	ADD
Cerdos					CER				
CER	-0,765	0,377	0,322	0,067	Neta	-0,590	0,120	0,335	0,135
Neta	-0,790	0,354	0,292	0,063	Bruta I	-0,619	0,076	0,283	0,133
Bruta I	-1,322	-0,148	-0,354	-0,024	Bruta II	-0,630	0,060	0,263	0,133
Bruta II					SUB				
SUB	0,398	-0,402	0,045	-0,041	Neta	0,078	-0,327	0,223	0,025
Neta	0,373	-0,425	0,015	-0,045	Bruta I	0,050	-0,370	0,171	0,023
Bruta I	-0,159	-0,927	-0,631	-0,132	Bruta II	0,039	-0,387	0,151	0,022
Bruta II					PRO				
PRO	0,265	0,035	-0,376	0,076	Neta	0,184	0,189	-0,389	0,019
Neta	0,240	0,012	-0,406	0,072	Bruta I	0,155	0,143	-0,441	0,017
Bruta I	-0,292	-0,490	-1,052	-0,015	Bruta II	0,144	0,126	-0,462	0,017
Bruta II					ADD				
ADD	0,407	-0,238	0,559	-0,729	Neta	2,235	0,630	0,575	-3,440
Neta	0,382	-0,261	0,529	-0,733	Bruta I	2,206	0,586	0,523	-3,441
Bruta I	-0,150	-0,763	-0,117	-0,820	Bruta II	2,195	0,570	-0,505	-3,442
Bruta II									

(a) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado constantes.
 (b) Producción de piensos compuestos variable y oferta de ganado constante.
 (c) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado variables (utilizando las elasticidades a largo plazo de la oferta de ganado del cuadro 2).
 N.D. = no disponible, dado que las ecuaciones de oferta han sido estimadas económicamente (dado el sistema de cuotas de producción de leche).

Cuadro 1
ELASTICIDADES PRECIO ESTIMADAS PARA BELGICA (1988) Y LOS PAISES BAJOS (1987/1988) (Continuación)

BELGICA		PAISES BAJOS									
	CER	SUB	PRO	ADD	Vacuno	CER	SUB	PRO	ADD	PRO	ADD
Vacuno											
CER	-1,620	0,797	0,682	0,141	CER	-30,454	6,185	17,299	6,097	17,299	6,097
Neta	-1,662	0,715	0,545	0,108	Neta	-30,455	6,132	17,230	6,967	17,230	6,967
Bruta I	-1,700	0,640	0,421	0,077	Bruta I	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Bruta II					Bruta II						
SUB	0,407	-0,411	0,046	-0,042	SUB	0,058	-0,240	0,164	0,018	0,164	0,018
Neta	0,365	-0,493	-0,091	-0,075	Neta	0,057	-0,293	0,095	0,015	0,095	0,015
Bruta I	0,327	-0,568	-0,215	-0,106	Bruta I	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Bruta II					Bruta II						
PRO	0,209	0,027	-0,296	0,059	PRO	0,125	0,127	-0,265	0,013	-0,265	0,013
Neta	0,167	-0,005	-0,433	0,026	Neta	0,124	0,074	-0,334	0,010	-0,334	0,010
Bruta I	0,129	-0,130	-1,557	-0,005	Bruta I	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Bruta II					Bruta II						
ADD	0,178	-0,104	0,244	-0,318	ADD	1,175	0,331	0,302	-1,809	0,302	-1,809
Neta	0,136	-0,186	0,107	-0,351	Neta	1,175	0,278	0,233	-1,812	0,233	-1,812
Bruta I	0,098	-0,261	-0,017	-0,382	Bruta I	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Bruta II					Bruta II						

(a) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado constantes.

(b) Producción de piensos compuestos variable y oferta de ganado constante.

(c) Producción de piensos compuestos y oferta de ganado variables (utilizando las elasticidades a largo plazo de la oferta de ganado del cuadro 2).

N.D. = no disponible, dado que las ecuaciones de oferta han sido estimadas económicamente (dado el sistema de cuotas de producción de leche).

brutos. Obviamente, esto se debe a la sensibilidad mucho más alta de la demanda de piensos compuestos y de la oferta de ganado en Bélgica. Esto puede apreciarse en los resultados (provisionales) que aparecen en el cuadro 2, en la que se muestran los diferentes componentes de las elasticidades de expansión utilizadas para los cálculos de las elasticidades precio brutas para Bélgica (1988) y los Países Bajos (1987/1988).

El cuadro 3 presenta las elasticidades de Morishima para Bélgica (1988) y para los Países Bajos (1987/1988). Recordemos que las elasticidades netas y brutas son idénticas en el caso de Morishima. Los resultados muestran claramente que la composición de todos los tipos de piensos es muy sensible a los cambios en los precios de los cereales (aparte de los sustitutivos en los piensos para aves de corral). En muchos casos, la sensibilidad ante cambios de los precios muestra un elevado grado de asimetría. Como ejemplo, tomemos el pienso *para aves de corral* en Bélgica: un incremento del 10 por ciento en el precio de las proteínas produce un incremento del 5,78 por ciento en la proporción entre sustitutivos y proteínas, mientras que una disminución del 10 por ciento en el precio de los sustitutivos produce un incremento del 17 por ciento en la proporción entre sustitutivos y proteínas. Este último resultado se deriva del hecho de que:

$$\partial \ln(X_{\text{SUB}}/X_{\text{PRO}})/\partial \ln W_{\text{PRO}} = 0.578$$

y:

$$\partial \ln(X_{\text{PRO}}/X_{\text{SUB}})/\partial \ln W_{\text{SUB}} = -\partial \ln(X_{\text{SUB}}/X_{\text{PRO}})/\partial \ln W_{\text{SUB}} = 1.771$$

Más interesante aún, en el pienso para *vacunos*, un incremento del 10 por ciento en el precio de las proteínas (sustitutivos) produce un incremento del 9,77 por ciento (del 12,08 por ciento) en la proporción entre los cereales y proteínas (o entre cereales y sustitutivos), mientras que una disminución del 10 por ciento en el precio de los cereales (cereales) produce un incremento del 18,29 por ciento (20,27 por ciento) en la proporción entre cereales y proteínas (proporción entre cereales y sustitutivos). Obviamente, puede observarse en todos los tipos de piensos una pronunciada asimetría de las elasticidades de Morishima. En Bélgica, podemos

Cuadro 2

ESTIMACION DE LOS COMPONENTES DE LAS ELASTICIDADES DE EXPANSION
PARA BELGICA (1988) Y LOS PAISES BAJOS (1987/1988)

Elasticidades de la demanda de piensos compuestos (w.r.t. precios de los piensos compuestos y oferta de ganado)				
	BELGICA		PAISES BAJOS	
	Elasticidad w.r.t. precio (η)	Elasticidad w.r.t. precio (ω)	Elasticidad w.r.t. precio (η)	Elasticidad w.r.t. precio (ω)
<i>Aves de corral</i>	-0,1256 (a)	1,1559 (a)	-0,065	0,608
Pollos	-0,1497	1,2161	-	-
Huevos	-0,0932	1,0841	-	-
<i>Cerdos</i>	-0,0824	1,0510	-0,126	0,326
<i>Vacuno</i>	-0,2937 (b)	1,1117 (b)	-0,105	quota
Carne	-0,4176	0,8246	-	-
Leche	-0,1814	1,3719	-	-
Elasticidades de la oferta de ganado (w.r.t. precios de los piensos compuestos y oferta de ganado)				
	BELGICA		PAISES BAJOS	
	Corto plazo	Largo plazo (λ)	Corto plazo	Largo plazo (λ)
<i>Aves de corral</i>	-0,2542 (a)	-1,6194 (a)	-0,136	-0,186
Pollos	-0,3037	-1,4383	-	-
Huevos	-0,1874	-1,8637	-	-
<i>Cerdos</i>	-0,2438	-1,6820	-0,051	-0,149
<i>Vacuno</i>	-0,0717 (b)	-0,2409 (b)	quota	quota
Carne	-0,1507	-0,5066	-	-
Leche	quota	quota	-	-

(a) Media ponderada por las respectivas proporciones en la producción total de piensos para aves de corral (pollos = 0,5743; huevos = 0,4257).

(b) Media ponderada por las respectivas proporciones en la producción total de piensos para ganado vacuno (carne = 0,4755; leche = 0,5245).

observar, asimismo, que mientras que los aditivos y los sustitutos son complementarios de tipo Allen, son sustitutos de tipo Morishima.

VI.2. Asignación de piensos y composición de los diferentes tipos de piensos

Las proporciones de asignación de los ingredientes de piensos estimadas para los Países Bajos se presentan en el cuadro 4. Por ejemplo, en 1987/1988, el 37,6 por ciento del total de cereales fue destinado a la producción de piensos para aves de corral, el 61,8 por ciento del total de cereales fue destinado a la producción de piensos para cerdos, etc.

Combinando las cantidades totales de cada ingrediente de piensos con las proporciones de asignación, podemos calcular la composición de los diferentes tipos de piensos compuestos. El cuadro 5 presenta las proporciones estimadas de las cantidades de los diferentes ingredientes de piensos en cada tipo de piensos compuestos (q_{ik}) en los Países Bajos. No es sorprendente observar que, a lo largo de todo el período considerado, la proporción de cereales en la producción de piensos compuestos ha disminuido de manera constante en comparación con los demás ingredientes de los piensos. Como puede verse, la proporción de cereales en los diversos tipos de piensos utilizados en los Países Bajos se ha reducido drásticamente durante los últimos 25 años, hasta casi desaparecer en el pienso para vacuno. En Bélgica, puede observarse una evolución similar, aunque menos pronunciada (una reducción del 50 por ciento en el contenido de cereales de los piensos a lo largo del mismo período).

VI.3. *Comparación con otros estudios*

Resulta instructivo comparar nuestros resultados con los demás resultados disponibles de otros estudios. Debe señalarse, sin embargo, que prácticamente no existen trabajos anteriores. Tan sólo hemos conseguido encontrar un estudio (Mahé y cols., 1987) que aplica la teoría de la dualidad para la elaboración de matrices de elasticidades por tipos de ganado en la Comunidad Europea. Partiendo de los resultados de la OCDE, los autores de dicho estudio obtuvieron las siguientes elasticidades brutas de tipo II con respecto a sus propios precios (valores medios) para el conjunto de la Comunidad Europea: cerdos y aves de corral (monogástricas): $-1,020$ para los cereales, $-1,085$ para los sustitutivos de alto contenido energético y $-1,328$ para los piensos a base de proteínas; ganado vacuno de carne: $-1,219$ para los cereales, $-0,267$ para los sustitutivos de alto contenido energético y $-0,746$ para los piensos a base de proteínas; ganado vacuno de leche: $-1,064$ para los cereales, $-0,528$ para los sustitutivos de alto contenido energético y $-1,335$ para los piensos a base de proteínas.

De forma similar, no existe información publicada sobre MUP obtenidas a partir de métodos duales que nos permitan comparar

Cuadro 4 ESTIMACION DE LAS PROPORCIONES DE ASIGNACION PARA BELGICA Y LOS PAISES BAJOS EN AÑOS SELECCIONADOS (PORCENTAJES DE ASIGNACION)

	BELGICA				PAISES BAJOS			
	Aves de corral	Cerdos	Vacuno	Total	Aves de corral	Cerdos	Vacuno	Total
CER								
1963	43,7	42,6	13,8	100,0	55,1	41,8	3,1	100,0
1970	34,4	57,0	8,6	100,0	43,0	55,0	2,0	100,0
1980	25,0	63,4	11,6	100,0	38,2	58,6	3,2	100,0
1987	23,3	64,8	11,9	100,0	37,6	61,8	0,6	100,0
SUB								
1963	13,7	53,2	33,1	100,0	Aves de corral	Cerdos	Vacuno	Total
1970	10,1	69,9	20,0	100,0	25,4	40,2	34,4	100,0
1980	7,6	67,7	24,7	100,0	12,9	53,1	34,0	100,0
1987	7,5	67,0	25,5	100,0	13,8	45,3	40,9	100,0
PRO								
1963	41,9	32,0	26,1	100,0	14,3	50,5	35,2	100,0
1970	35,7	46,6	17,6	100,0	Aves de corral	Cerdos	Vacuno	Total
1980	25,7	50,3	24,0	100,0	37,8	31,6	30,6	100,0
1987	23,9	50,9	25,2	100,0	29,3	41,3	29,5	100,0
ADD								
1963	59,9	17,0	23,1	100,0	22,8	38,6	38,6	100,0
1970	55,3	27,8	16,9	100,0	24,0	43,3	32,7	100,0
1980	43,1	31,7	25,1	100,0	Aves de corral	Cerdos	Vacuno	Total
1987	41,9	30,7	27,4	100,0	78,9	10,4	10,7	100,0
					68,9	18,2	13,0	100,0
					61,7	19,0	19,3	100,0
					70,6	14,9	14,5	100,0

Cuadro 5
ESTIMACION DE LA COMPOSICION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PIENSOS COMPUESTOS PARA BELGICA Y LOS PAISES BAJOS
EN AÑOS SELECCIONADOS (COMPOSICION PORCENTUAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PIENSOS)

	BELGICA					PAISES BAJOS				
	CER	SUB	PRO	ADD	Total	CER	SUB	PRO	ADD	Total
<i>Aves de corral</i>										
1963	54,3	7,7	30,9	7,0	100,0	67,6	9,4	20,4	2,6	100,0
1970	50,1	8,5	33,4	8,0	100,0	43,4	20,7	32,1	3,7	100,0
1980	38,1	12,4	38,1	11,5	100,0	32,4	24,6	35,0	7,9	100,0
1987	28,4	11,8	48,6	11,1	100,0	22,3	22,6	48,1	7,0	100,0
<i>Cerdos</i>										
1963	48,8	27,7	21,7	1,8	100,0	61,3	17,9	20,4	0,4	100,0
1970	43,8	31,0	23,0	2,1	100,0	35,1	35,6	28,7	0,6	100,0
1980	33,3	38,0	25,8	2,8	100,0	25,8	42,0	30,8	1,3	100,0
1987	26,6	35,7	34,9	2,7	100,0	22,3	22,6	48,1	0,7	100,0
<i>Vacuno</i>										
1963	29,6	32,3	33,4	4,7	100,0	11,3	38,3	49,3	1,0	100,0
1970	26,0	34,8	34,1	5,1	100,0	2,9	50,7	45,5	1,0	100,0
1980	17,6	40,1	35,6	6,7	100,0	2,0	53,1	43,1	1,8	100,0
1987	12,8	35,6	45,2	6,4	100,0	0,3	45,2	53,3	1,2	100,0

nuestros resultados. No obstante, podemos comparar nuestras conclusiones con las de algunos otros estudios basados en pseudodatos (Peeters, 1990) o en datos de ingeniería agronómica (Schlitz, 1987) para Bélgica y en datos de encuesta (varias ediciones de LEI) para los Países Bajos. El cuadro 6 ofrece una comparación de dichos resultados. Si bien los resultados de estos estudios son bastante similares en un sentido cualitativo, pueden observarse notables diferencias en cuanto a las magnitudes de los diferentes contenidos de piensos. Con todo, las conclusiones extraídas de esta comparación deben matizarse con sumo cuidado, ya que este estudio difiere en muchos aspectos de los demás (por ejemplo, en las fuentes de datos, la definición de los productos, la metodología). Aún así, el presente estudio tiene la importante ventaja de que los resultados de las estimaciones se basan en el comportamiento agregado *observado* de los fabricantes de piensos compuestos en Bélgica y en los Países Bajos (lo que implícitamente supone que refleja las restricciones técnicas de carácter nutricional de la producción de piensos compuestos). Por consiguiente, consideramos que sus resultados econométricos son más fiables.

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo presenta un método econométrico para estimar las relaciones de sustitución entre piensos y su asignación/utilización por tipos de ganado utilizando datos del mercado a nivel agregado (esto es, sin contar con datos específicos por tipos de ganado). Tales estimaciones, fundamentales a efectos del análisis de la política agraria, no pueden obtenerse normalmente sin asumir el supuesto de producción no conjunta. A manera de ejemplo, hemos aplicado dicho método a las industrias de piensos compuestos de Bélgica y de los Países Bajos. El modelo comprende cuatro inputs (cereales, piensos de alto contenido energético, piensos de elevado contenido proteínico y aditivos) y tres productos/tipos de piensos (para aves de corral, para cerdos y para vacuno). Las elasticidades estimadas y los parámetros de asignación/utilización parecen plausibles a la luz de la información disponible de otros estudios (no eco-

Cuadro 6

COMPARACION DE LAS ESTIMACIONES DEL CONTENIDO DE PIENSOS
CON LAS DE OTROS ESTUDIOS (COMPOSICION PORCENTUAL
DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PIENSOS)

	PAISES BAJOS (1981/1982 y 1986/1987)				BELGICA (1984/1985)		
	Este estudio		LEI (varias ediciones)(a)		Este estudio(b)	Peeters (1990)(c)	Schlitz (1987)(d)
	1981/82	1986/87	1981/82	1986/87			
<i>Aves de corral</i>							
CER	29,3	23,8	40,7(e)	29,7(e)	35,0	50,2(e)	61,4
SUB	26,6	21,1	19,4	16,7	10,7	13,7	18,8
PRO	36,2	48,3	31,4	43,2	42,7	29,3	17,3
ADD	7,9	6,8	8,5	14,3	11,6	6,8	2,2
<i>Cerdos</i>							
CER	23,1	19,8	14,7	10,5	31,7	28,8	30,3
SUB	43,9	37,8	46,6	43,4	35,4	37,7	40,8
PRO	31,6	41,9	31,8	39,9	30,0	31,6	24,9
ADD	1,4	0,4	6,9	6,2	2,9	1,9	4,1
<i>Vacuno</i>							
CER	1,5	0,3	1,0	0,3	16,5	7,9(f)	6,7
SUB	53,6	45,2	47,4	30,2	36,4	44,8	23,0
PRO	43,1	53,3	46,0	59,1	40,3	46,8	63,4
ADD	1,8	1,2	5,6	10,4	6,8	0,5	7,0

(a) Resultados de una encuesta escrita realizada anualmente entre fabricantes de piensos compuestos (que representan aproximadamente el 30 por ciento de la producción neerlandesa de piensos compuestos).

(b) Valores medios estimados para 1984 y 1985 (Bélgica).

(c) Valores estimados utilizando pseudodatos, evaluados a precios de la campaña 1984/85 (aproximación translog).

(d) Valores estimados para la campaña 1984/1985 utilizando información técnica (coeficientes input/output fijos).

(e) Media ponderada de ponedoras y de engorde, siendo el factor de ponderación su respectiva proporción de la producción total de piensos compuestos para aves de corral (Bélgica: 0,65 y 0,35, respectivamente; Países Bajos: 1/3 y 2/3 respectivamente).

(f) Piensos (completos) normalizados para leche.

nométricos). Además, todos los resultados relativos a las elasticidades son plenamente consistentes con los postulados de la teoría de la producción neoclásica.

Una conclusión importante de este estudio es que, al tomar en consideración los efectos de expansión de las variaciones de los precios de las materias primas para piensos, la estructura de la demanda es diferente en Bélgica y en los Países Bajos. Debido a la mayor sensibilidad del sector ganadero en Bélgica, la mayoría de las relaciones de sustituibilidad neta se convierten, en su caso, en relaciones de complementariedad bruta.

Si bien los resultados son bastante alentadores, deben realizarse más trabajos empíricos utilizando modelos duales. En concreto, esta

investigación debería llevarse a cabo a un nivel más desagregado, incluyendo otras materias primas compradas para la producción de piensos (alimentación directa o mezclados en la propia explotación agraria), así como los forrajes. Esto, sin embargo, plantea algunas cuestiones teóricas y metodológicas adicionales que aún no han sido resueltas. Dicha investigación está siendo realizada actualmente por los autores.

BIBLIOGRAFIA

BALL, V. E. y CHAMBERS, R. G. (1982). An economic analysis of technology in the meat products industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 64: 699-708.

BLACKORBY, C. y RUSSELL, R. R. (1989). Will the real elasticity of substitution please stand up? *American Economic Review*, 79: 882-888.

BERNDT, E. R. y WOOD, D. O. (1979). Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity. *American Economic Review*, 69: 342-354.

CHAMBERS, R. G. (1988). *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press.

DIEWERT, W. E. y WALES, T. J. (1987). Flexible functional forms and global curvature conditions. *Econometrica*, 55: 43-68.

FERNÁNDEZ-CORNEJO, J. (1992). Short-and long-run demand and substitution of agricultural inputs. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*, 21: 36-49.

FIELD, B. C. y ALLEN, P. G. (1981). A general measure for output-variable input demand elasticities. *American Journal of Agricultural Economics*, 63: 575-577.

HALL, R. E. (1973). The specification of technology with several kinds of output. *Journal of Political Economy*, 81: 878-893.

HERTEL, T. W. (1991). Factor market incidence of agricultural trade liberalization: some additional results. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 35: 91-107.

KOLHI, U. R. (1981). Nonjointness and factor intensity in U.S. production. *International Economic Review*, 22: 91-107.

LEI, Landbouw-Economisch Instituut (varios números). *Jaarstatistiek van de veevoeders*. LEI-Den Haag, Periodieke rapportage.

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

MAHÉ, L. P. *et al.*, (1987). Approximation d'un système complet de demand dérivée des ingrédients de l'alimentation animale. Ponencia presentada en el 5.º Congreso Europeo de Economistas Agrarios, Balatonszéplak, Hungría.

MAHÉ, L. P. y MUNK, K. J. (1989). The EC grain price at the core of the CAP. In: S. Bauer and W. Herichsmeyer (eds.). *Agricultural sector modelling*, Proceedings of the 16th EAAE Seminar, Bonn (14-15 April 1988), Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.

MOSCHINI, G. y MORO, D. (1993). A food demand system for Canada. Agriculture Canada, Ottawa, Ontario: Policy Branch, Technical Report 1/93.

PARRIS, K. P. y TISSERAND, J. L. (1988). A methodology to complete a national feed utilisation matrix using European data. *Livestock Production Science*, 19: 375-388.

PEETERS, L. (1990). An EC feed grain spatial model for policy analysis. CARD Working Paper 90-WP 61, Iowa State University, Ames, USA.

PEETERS, L. y SURRY, Y. (1993a). Estimating feed utilisation matrices using a cost function approach. *Agricultural Economics*, de próxima aparición.

PEETERS, L. y SURRY, Y. (1993b). An aggregate model of the Benelux compound feed sectors: a preliminary analysis. *Trijdschrift voor Sociaal Wetenschap-pelijk Onderzoek van de Landbouw*, presentado para su publicación.

SCHLITZ, J. (1987). *Etablissement du bilan fourrager de l'UEBL pour la campagne 1984-1985*. Facultad Estatal de Ciencias Agrarias, Gembloux, Bélgica.

SURRY, Y. (1990). Econometric modelling of the European Community compound feed sector: an application to France. *Journal of Agricultural Economics*, 41: 404-421.

RESUMEN

El objeto de este artículo es presentar un modelo econométrico para estimar las relaciones de sustitución entre las materias primas compradas para la producción de piensos compuestos y su asignación entre los diferentes tipos de piensos para diferentes tipos de ganado utilizando una función dual de costes. Dicho modelo se aplica a las industrias belga y neerlandesa de piensos compuestos. El modelo empírico utiliza una función de costes Simétrica Generalizada de McFadden de outputs múltiples que satisface globalmente la condición de concavidad. Los resultados empíricos presentados son de tres tipos: a) matrices de elasticidades precio con producción constante y con producción variable, por tipos de ganado; b) tablas de asignación de piensos o «matrices de utilización de piensos», y c) «tablas input-output» que indican la composición de los diferentes tipos de piensos para cada tipo de ganado. Estos resultados tienen un gran interés tanto para los estudiosos como para los responsables de la política, ya que ofrecen una valiosa información sobre la estructura y la evolución de la demanda de materias primas compradas para la producción de piensos compuestos, así como una síntesis de los efectos producidos por las variaciones de precios o de política en el sector de piensos sobre el sector ganadero, y viceversa.

RESUME

Cet article a pour objet de présenter un modèle économétrique capable de mesurer d'une part les relations de substitution entre matières premières commercialisables destinées à l'alimentation animale, et d'autre part, de les répartir entre les différentes catégories d'animaux. La méthode d'investigation repose sur la

notion de fonction duale de coût. Ce modèle est appliqué aux secteurs belges et néerlandais des aliments composés. Le modèle empirique repose sur la spécification d'une fonction de coût symétrique de type McFadden, qui peut satisfaire globalement les propriétés de concavité. Nous rapportons trois sortes de résultats: (a) des matrices d'élasticités-prix à niveau de production constant et variable, (b) des tableaux présentant des matrices de répartition des matières premières commercialisables par catégories d'animaux, et (c) des tableaux «input-output» montrant la composition des rations alimentaires. Ces résultats sont fort intéressants à la fois pour les analystes et les décideurs en politique car ils fournissent des renseignements utiles sur la structure et l'évolution de la demande des aliments du bétail commercialisables et une synthèse des interactions entre les secteurs alimentation animale et élevage lorsque les prix et/ou des mesures de politique changent.

SUMMARY

The purpose of this paper is to present an econometric model, using a dual cost function framework, to estimate measures of substitution and allocation of marketable feed inputs used in production of different livestock-specific feed rations. This model is applied to the Belgian and Dutch compound feed industries. The empirical model uses a multiple-output Symmetric generalised McFadden cost function, which is capable of satisfying global concavity. Three types of empirical results will be reported: (a) output-constant as well as output-variable elasticity matrices, by category of livestock; (b) feed allocation tables or «feed utilisation matrices»; (c) «input-output tables» showing the composition of each livestock ration. The results are of particular interest to both analysts and policy-makers, as they provide useful information on the structure and responsiveness of marketable feed input demand, and a synthesis of how price and/or policy changes in the feed sector affect the livestock sector, or vice versa.
