

APLICACION DEL METODO DE LEONTIEF EN EL SECTOR ENERGETICO: UN CASO ESPECIAL*

El objeto del presente trabajo es elaborar una matriz de insumo-producto para la industria procesadora de manzanas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén que muestre para sus derivados: jugos, pulpas concentradas, caldo de sidra y manzanas deshidratadas, los requerimientos directos e indirectos de los insumos energéticos. Inspirada en el método analítico de Leontief y sus discípulos, esta matriz fue construida a partir de la información recogida por una encuesta ad hoc, realizada entre las empresas procesadoras en el año 1985.

La implementación de un modelo de esta naturaleza permite estudiar la forma en que la economía, o determinados sectores de la misma, hacen uso de la energía, así como calcular los insumos indirectos de manera sistemática. Su formulación ayuda a: a) conocer cómo cada sector de la producción varía su patrón de insumo energético ante cambios en la oferta de los mismos; b) visualizar los efectos de modificaciones en los precios de la energía sobre los precios de bienes producidos; c) analizar la forma y medida en que determinado sector se ve afectado por la introducción de una restricción en determinada fuente energética; d) prever cómo cambios en la tecnología energética podrían afectar la economía a largo plazo; e) formular programas alternativos de consumo e introducir el desarrollo de nuevas fuentes energéticas por el lado de la oferta, como asimismo elaborar formas de uso racional y de conservación por el lado de la demanda; y, por fin, f) cuantificar y ordenar los productos según la intensidad energética de los mismos, lo cual tiene una gran significación en la planificación de políticas conservacionistas.

El trabajo se divide en cuatro partes. En la primera, se bosquejan las características fundamentales de un modelo de insumo-producto. La segunda, versa sobre la aplicación del método general de análisis en el sector energético. En la tercera parte se señalan los principales resultados obtenidos por medio de la encuesta y se subrayan sus limitaciones. Por fin, en la

Una versión del presente trabajo fue presentada en la XXI Reunión de la Asociación Argentina de Economía Política en Salta en el mes de noviembre de 1986. Mereció la atención de las Profesoras H. de Merega y A. Castañaga y del Profesor R. Guzmán a quienes la autora agradece sus valiosos comentarios.

Este trabajo forma parte de una investigación más amplia sobre los problemas energéticos —“*Demanda de energía para la industria de alimentación*” (Trabajos técnicos, t. 1)— cuyos resultados fueron expuestos en el I Congreso sobre el Uso Racional de la Energía, organizado por A.A.P.U.R.E. en Buenos Aires, en 1985.

cuarta parte, se presenta la matriz de requerimientos directos e indirectos de energía para la industria de derivados de manzana en el área mencionada.

I. MODELO GENERAL DE INSUMO-PRODUCTO

En el modelo general de insumo producto (*Leontief, 1966, Carter y Brody, 1970; Chenery y Clark, 1966*), las actividades económicas se clasifican o agrupan en n sectores, suponiendo que se conoce la producción de cada uno y el consumo que hacen de productos elaborados por los restantes.

Cada fila muestra la cantidad vendida de un sector de la economía a los otros, a sí mismo y las destinadas a demanda final. Esas cantidades se miden generalmente en valores monetarios, pero en algunas ocasiones se pueden medir en unidades físicas (por ejemplo, toneladas). Las columnas indican las compras que hace cada sector a los restantes.

Los coeficientes de insumo-producto se obtienen dividiendo cada insumo entrado al sector por el producto total del mismo. Estos coeficientes se usan para la elaboración de sistemas de ecuaciones lineales, donde se determina el equilibrio entre la producción y el consumo en términos de cantidades y valores e los coeficientes tecnológicos. Los sistemas se expresan en la siguiente forma:

$$x_i = \sum_j x_{ij} + y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$x_i p_i = \sum_j x_{ij} p_j + y_i p_i \quad (2)$$

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j \quad (3)$$

donde: x_i = cantidad total de producto de la actividad i

x_{ij} = cantidad total de producto de la actividad i que es consumido por la actividad j

y_i = demanda final

p_i, p_j = precios de los productos i, j

a_{ij} = cantidad de producto necesario en la industria i para producir una cantidad de producto j

De las ecuaciones (1) y (3) resulta que:

$$x_i - \sum_j a_{ij} x_j = y_i \quad (4)$$

lo cual expresado en forma matricial se indica:

$$(I - A) X = Y \quad (5)$$

$$\text{ó} \quad X = (I - A)^{-1} Y \quad (6)$$

donde X = vector de producción de cada uno de los sectores

$(I - A)^{-1}$ = matriz inversa de Leontief en la que I es la identidad, A es la correspondiente matriz de los requerimientos industriales

Y = vector de demanda final de los productos

II. APLICACION DEL MODELO A LOS PROBLEMAS ENERGETICOS

El modelo insumo-producto supone un número limitado de sectores,

lo cual podría provocar que los aspectos que se estudian no se aprecien claramente (por ejemplo, la intensidad energética) en ciertos productos muy agregados. Una forma de evitar este inconveniente es que el modelo comprenda el mayor número de sectores posible.

En la aplicación del modelo a los problemas energéticos, el consumo energético se desagrega por sectores y según insumos energéticos, medidos usualmente en una unidad energética común (Park, 1982). El uso directo de energía está determinado en la matriz $m \times n$ de coeficientes directos de energía, tal que cada uno de sus elementos expresa el uso de energía del tipo i por unidad de producto del sector r .

Según el método de Herendeen (Herendeen, 1973; Herendeen y Bullard, 1974), la representación de la matriz de flujo de energía directa e indirecta consumida por la industria r , se realiza en términos de relaciones insumo-producto, de la siguiente forma:

$$E_r = \sum_i E_{ir} + R_{ri} = \sum_i e_{ir} x_r + e_{ri} y_r \quad (7)$$

donde: E_r = energía gastada directa e indirectamente por la industria r

E_{ir} = energía vendida del tipo i a la industria r

R_{ri} = energía del tipo i generada en la industria r , que es cero para industrias no energéticas

$e_{ir} = E_{ir}/x_r$ coeficiente de uso directo de energía

$e_{ri} = R_{ri}/y_r$ coeficiente de energía del tipo i vendida para demanda final r

En forma matricial la ecuación (7) es:

$$c = E X + R Y \quad (8)$$

Reemplazando X por su valor en (6) se obtiene:

$$c = E (I - A)^{-1} Y + R Y = E (I - A)^{-1} + R Y \quad (9)$$

donde: c = gasto directo e indirecto en cada bien energético i por unidad de valor del bien final r .

Los coeficientes insumo-producto determinan la cantidad de insumo como una proporción fija del producto. De acuerdo a esto, una disminución de un determinado porcentaje de disponibilidades energéticas para un determinado sector provocará una reducción del mismo monto en su producción. Sin embargo, un uso más eficiente de los recursos energéticos o una sustitución entre ellos, en los casos en que los mismos procesos puedan realizarse indistintamente con fuentes alternativas de energía, puede evitar la disminución de la producción.

III. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA

La encuesta que proporcionó el material necesario para elaborar una matriz de insumo-producto para la industria procesadora de manzana en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén fue realizada en 1984.

La información fue recogida sobre la base de un cuestionario utilizado por el Consejo Federal de Inversiones para el estudio de la demanda de gas natural de la Provincia de Entre Ríos, en 1980.

El mismo consta de varias secciones. En la primera se solicitan a las empresas los datos generales. En la segunda, se requiere información referente a producto(s) y subproducto(s) elaborados, el monto de ventas, la incidencia del costo de energía en el costo de producción y los insumos utilizados. La tercera sección comprende un conjunto de preguntas sobre los consumos de distintos tipos de combustibles y energía eléctrica, sus usos y la asignación de cada uno de ellos a la elaboración de los productos antes mencionados. La cuarta sección consta de preguntas acerca de la posibilidad de autogenerar y vender energía por parte de las empresas. En la quinta sección se requieren detalles sobre modificaciones en las fuentes de abastecimiento energético y previsiones para el año 1990. La sección final versa sobre posibles aclaraciones y datos del responsable del llenado del formulario.

El objetivo originalmente propuesto consistía en identificar tanto los recursos energéticos usados como las funciones de demanda para el procesamiento, empaque y distribución de los productos seleccionados. De la información recogida surge la imposibilidad de distinguir entre los tres procesos señalados. Por una parte, el empaque representa un porcentaje muy pequeño del total de energía usada en la planta. Por otra, las empresas consultadas no pueden hacer diferencias de consumo energético necesario para elaborar un producto de aquel utilizado para su envasado. Por fin, en cuanto a la distribución, las empresas no realizan el transporte por medios propios, sino por terceros.

En lo que respecta a las respuestas obtenidas, surge que contestaron el 56% del total del padrón las empresas jugueras que representa alrededor del 80% de la producción. Para el caldo de sidra, el porcentaje de respuestas es menor, alrededor del 45%, pero estas empresas elaboran el 88% de la producción total.

Por su parte, en pulpas concentradas, respondió una empresa únicamente, elaboradora de una gran parte de la producción y no se obtuvo respuesta de empresas elaboradoras de manzana desecada y/o deshidratada.

Del procesamiento de la encuesta se obtuvieron, para el año 1984, los datos incluidos en el cuadro 1.

Cuadro 1
REQUERIMIENTOS ENERGETICOS POR PRODUCTO

Productos	Insumo energético	Consumo energía	Producción	CE/Prod.
Jugos	Electricidad	4.116.370 kwh	22.044 ton.	186,73
	Gas natural	3.936.747 m3		178,59
	Fuel oil	2.413.460 kg		109,48
	Gas oil	50.759 lts		2,31
	Naftas	58.941 lts		2,67
Caldo de sidra	Electricidad	778.327 kwh	30.065 miles de lts.	25,89
	Gas natural	765.000 m3		25,44
	Gas oil	7.850 lts		0,26
	Naftas	6.100 lts		0,21
Pulpas concentradas	Electricidad	112.000 kwh	500 ton.	224,00
	Gas natural	84.000 m3		168,00

En los jugos, el valor de los kwh consumidos por unidad de producto se adecua a los valores recogidos para el período 1975-1983 (Giacchero, 1985) donde el promedio fue de 240,43 kwh/tonelada. Este no es el caso del consumo de gas natural, debido a que gran parte de las empresas encuestadas han modificado su aprovisionamiento energético, sustituyendo fuel oil por gas natural. La serie había brindado un valor de 10 m³/tonelada producida afectada por los primeros años de la serie. Es de destacar que la razón m³/tonelada producida seguirá incrementándose, dado que se espera que otras empresas modifiquen en ese mismo sentido el abastecimiento energético actual.

Para el caldo de sidra, las razones surgidas de la encuesta se acercan a los obtenidos de los datos seriales. Estos valores en promedio fueron 27 kwh/1000 litros y 15,61 m³/1000 litros producidos.

En las pulpas concentradas, como ya se ha observado, se obtuvo la respuesta de una sola empresa cuya razón kwh/tonelada producida se acerca al valor serial de 274,83 kwh/toneladas, mientras que la razón m³/tonelada no coincide con la proveniente del estudio del período 1975-1983.

IV. LA MATRIZ DE REQUERIMIENTOS DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA PROCESADORA DE MANZANA

El modelo se formula de acuerdo a la ecuación (9)

$$c = E (I - A) \cdot I Y + RY$$

R se elimina por no tratarse de empresas energéticas o que puedan vender energía a otras industrias. De acuerdo a ello se tiene:

$$c = E (I - A) \cdot I Y \tag{10}$$

donde:

c = matriz de 5x1 (5 = insumos energéticos) que indica el número de unidades energéticas por unidad monetaria gastada en demanda final de los bienes elegidos.

La matriz resultante c de requerimientos directos e indirectos para cada bien energético, está expresada en 10⁹ kcal por dólar destinado a demanda final.

Así, por ejemplo, los requerimientos directos e indirectos de energía eléctrica para la industria son de 13,09 x 10⁹ kcal/dólar destinado a demanda final.

E = matriz de 5 x 3 (5 = insumos energéticos, 3 = productos).

En su confección se utilizaron datos de las empresas recogidos por la encuesta. Sus elementos indican el número de unidades energéticas requeridas por unidad producida expresados en kcal/kg producido,

$$e_{ir}, i = 1,2,3,4,5$$

$$r = 1,2,3$$

- i*
- 1 = electricidad
- 2 = gas natural
- 3 = fuel oil
- 4 = gas oil
- 5 = naftas

- r*
- 1 = jugos
- 2 = pulpas
- 3 = caldo de sidra

Si ubicamos el elemento e_{11} esto nos dirá que se requieren 160,56 kcal de energía eléctrica para producir un kg de jugos concentrados.

A = matriz de 3x3 de requerimientos interindustriales, medida en kg necesarios de producto r para producir un kg de producto j , a_{rj} , $r=j=1,2,3$. Por ejemplo, el elemento a_{13} indica que se necesitan 1,6 kg de jugos para producir 1 kg de caldo de sidra.

Y = matriz de 3x1 de demanda final expresada en miles de dólares.

Este modelo permite la determinación de los requerimientos directos e indirectos de energía para esta demanda final. El efecto de cambios en la demanda final en los coeficientes técnicos, pueden obtenerse tomando las primeras diferencias de la ecuación (10).

En el Cuadro 2 pueden observarse los resultados obtenidos:

Cuadro 2
MATRIZ DE REQUERIMIENTOS DIRECTOS E
INDIRECTOS DE ENERGIA

$$\begin{bmatrix} 13,09 \\ 122,02 \\ 50,24 \\ 1,19 \\ 1,33 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 160,56 & 192,61 & 22,26 \\ 1660,85 & 1562,40 & 236,64 \\ 1149,58 & 0 & 0 \\ 25,10 & 2,85 & 0 \\ 28,88 & 2,19 & 0 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,41 & 0 & 1,6 \\ 0,66 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 20,978 \\ 2,348 \\ 2,985 \end{bmatrix}$$

$$c = |E| \qquad (I - A)^{-1} \qquad |Y|$$

Fuentes: E y A : encuesta; Y : CINEX, empresas elaboradoras y CORPOFRUT.

Además de esta aplicación parcial del sistema insumo-producto, no se pueden ignorar los problemas globales de energía. Ciertamente, una extensión del modelo permitiría determinar los requerimientos energéticos para la industria en general instalada en las provincias de Río Negro y Neuquén.

Los límites del presente trabajo están dados por la información estadística disponible. Para realizar un análisis más profundo sería necesario contar no sólo con series cronológicas consistentes, de manera de obtener tendencias y estimaciones más confiables; sino también con suficientes datos de corte transversal a fin de contrastar la validez de los resultados anteriores. Con todo, la información recogida puede servir, además, de base para futuros trabajos en un sector relevante de la actividad económica regional.

La utilización de los datos aquí obtenidos concierne, entre otros, a los siguientes aspectos: a) La posibilidad de usar la encuesta como comienzo de un banco de datos sobre requerimientos energéticos en la industria. La vali-

dez de esta información dependerá de su permanente actualización. b) La ampliación de la influencia del sistema insumo-producto considerando otras industrias, el sector energético y la energía incorporada en las materias primas utilizadas, fundamentalmente manzanas, y en elementos, tales como envases u otros.

Alicia B. Giacchero
Universidad Nacional del Sur - CONICET

REFERENCIAS

- CARTER, A. y BRODY A. (comp.), *Contributions to Input-Output Analysis*. Amsterdam: North Holland, 1970.
- CHENERY, H. y CLARK, P., *Interindustry Economics*. Nueva York: Wiley, 1966.
- GIACCHERO, A., *Demanda de Energía para la Industria de Alimentación: Estudio de un caso*. Primer Congreso sobre Uso Racional de la Energía. A.A.P.U.R.E., Trabajos Técnicos. Tomo 1. Buenos Aires, 1985.
- HERENDEEN, R., *An Energy Input-Output Matrix for the United States 1963. User's Guide*. Urbana: University of Illinois Press, 1973.
- HERENDEEN, R. y Bullard, C., *Energy Costs of Goods and Services, 1963 y 1967*. Center for Advanced Computation, Document 140. University of Illinois, Champaign, Urbana, 1974.
- LEONTIEF, W., *Input-Output Economics*. Oxford: Oxford University Press, 1966.
- PARK, S., "An Input-Output Framework for Analysing Energy Consumption." *Energy Economics*, Vol. 4, N° 42, Abril 1982.