Importancia relativa de los coeficientes y las transacciones de una estructura insumo-producto

Vicente Germán Soto*
Fecha de recepción: 15 de junio de 2000; fecha de aceptación: 13 de diciembre de 2000.

Resumen: Para cualquier economía se plantea el problema de encontrar qué sectores son más sensibles a cambios en la demanda final. En este trabajo se derivan las condiciones matemáticas para obtener la importancia relativa de los coeficientes de insumos. El método se basa en los impactos sobre los productos brutos ante alteraciones en el coeficiente técnico. En la literatura se define como el método de "errores inducidos", y, en términos del trabajo empírico desarrollado, los resultados permiten una clasificación entre coeficientes importantes y no importantes de la tabla insumo-producto de la economía de Nuevo León.
Palabras clave: modelo insumo-producto, economía regional, demanda final, coeficientes técnicos, tabla de transacciones, matriz técnica, ecuación de Leontief, error absoluto, error relativo, importancia relativa y sistema económico.

Abstract: To every economy, the problem set to find is to establish which sectors are most sensitive to changes in the final demand. In this paper we derive the mathematical conditions to obtain the relative importance of an input coefficients. The method is based on the impacts of gross products before alterations on the technical coefficient. In the literature, this method is known as the "tolerable limits" method. In terms of the empiric job, the results obtained allow us to classify between important and not important input-output coefficients of the Nuevo Leon economy.
Keywords: input-output model, regional economy, final demand, technical coefficients, transactions table, technical matrix, Leontief equation, absolute error, relative error, relative importance and economic system.

* Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Coahuila, Unidad Camporredondo, Edificio "E" Planta Baja, C.P. 25000, Saltillo, Coahuila. Correo electrónico: vgerman@terra.com. Teléfonos: (8) 412 87 82. Fax: (8) 410 26 79. Agradezco al doctor Rolando Cavazos Cadena el apoyo recibido en la realización del presente documento, así como también a los dictaminadores anónimos de esta revista por sus valiosos comentarios en la mejora del presente artículo. Los errores que aún existan son mi responsabilidad.

I. Introducción

Dentro de los aspectos de modelación regional, los coeficientes de la matriz insumo-producto han sido objeto de amplios y profundos estudios.

Por lo general, las actividades económicas se agrupan en *n* sectores o ramas, donde $X, Y \in R^n$ representan los vectores de valores brutos de la producción y demanda final, respectivamente. La matriz técnica se denota por $A = [a_{ij}]$, y se supone que la ecuación de Leontief es válida:

$$(I - A)X = Y \tag{1.1}$$

Considerando exógenamente el vector de demanda final, la solución se obtiene despejando el vector de valores brutos de la producción:

$$X = CY, \text{ donde } C = (I - A)^{-1}, \tag{1.2}$$

ya que el modelo insumo-producto plantea como problema del sistema económico la determinación de los valores de producción, necesarios para atender objetivos de crecimiento.

Para propósitos de ilustración considérese la siguiente información de la economía de Nuevo León, agregada a cuatro sectores (en millones de pesos):[1]

	1	2	3	4	Y
1	12.6	199.5	0.016	1.6	1 649.2
2	102.1	3 303.2	260.6	243.4	45 089.7
3	61.2	684.8	374.7	172.7	25 217.1
4	27.7	301.7	604.1	1 220.8	27 829.7

Los sectores 1 al 4 corresponden a las ramas agregadas de agricultura, manufactura, comercio y servicios; mientras que Y representa el vector de demanda final. Son resultado de agregar los sectores económicos en estas cuatro actividades.

De aquí resulta que la matriz A está dada por:

[1] Esta información corresponde a la matriz insumo-producto de Nuevo León, construida por métodos indirectos de estimación a 60 sectores. Aquí hemos agregado a 4 sectores. Véase la sección VII.1 de este artículo.

0.00679057	0.00407094	0.00000063	0.00005282
0.05481645	0.06741291	0.00983063	0.00811680
0.03285989	0.01397628	0.01413621	0.00575991
0.01485495	0.00615672	0.02278857	0.04071638

y por lo tanto (I – A),

0.993209	–0.004071	–0.000001	–0.000053
–0.054816	0.932587	–0.009831	–0.008117
–0.032860	–0.013976	0.985864	–0.005760
–0.014855	–0.006157	–0.022789	0.959284

En consecuencia, la matriz C resulta:

1.00708	0.00440	0.00005	0.00009
0.05971	1.07277	0.01091	0.00915
0.03451	0.01540	1.01464	0.00622
0.01680	0.00732	0.02417	1.04265

Al combinarla con el vector de demanda final obtenemos la solución al sistema de ecuaciones. Los niveles de producción requeridos en cada sector son:

1	1 862 910 052
2	48 998 995 464
3	26 510 631 635
4	29 984 080 191

Ahora bien, dado el vector de demandas finales Y, es claro que cualquier alteración en Y determinará un cambio correspondiente en los vectores de (1.2).

La presente investigación tiene como objetivo discutir y analizar los diferentes elementos presentes en el método de "errores inducidos" abordado en Schintke y Stäglin (1988), con el fin de tener un mejor conocimiento de lo que se entiende por "coeficiente importante". Posteriormente se utiliza en la matriz insumo-producto de Nuevo León (Germán, 1998).

El estudio metodológico plantea analizar los efectos producidos en los vectores de valores brutos ante alteraciones en los elementos de la matriz técnica, suponiendo que el vector de demandas finales se mantiene constante y suponiendo, además, un error de sobrestimación en los elementos de la matriz técnica. Los vectores de valores brutos en consecuencia deberán experimentar un determinado error relativo, digamos de magnitud ε. Un coeficiente técnico, por tanto, es definido como importante si para garantizar un error relativo máximo de tamaño ε, en los vectores de productos brutos, es necesario que dicho coeficiente se determine con un error relativo que sea menor que ε.

Los resultados permiten obtener una clasificación de coeficientes importantes y no importantes, mismos que son analizados empíricamente, desde diferentes puntos de vista. El enfoque es atractivo para diversos propósitos. Por ejemplo, en la actualización de tablas insumo-producto mediante la aplicación de encuestas a transacciones clave de la economía.

Investigaciones de este tipo, pruebas empíricas, aplicaciones y posibles inconsistencias en el área regional pueden verse, además, en Casler y Hadlock (1997), Dewhurst *et al.* (1991), Cochrane (1990), Park *et al.* (1981), St. Louis (1989), entre otros.

El trabajo se desarrolla en ocho secciones, especificando la parte introductoria en la primera sección. El problema de encontrar qué sectores son más sensibles a cambios en el vector de demandas finales se analiza en la segunda sección. En la tercera sección se estudian los impactos sobre los vectores de productos brutos ante alteraciones en un coeficiente técnico. En las secciones IV y V se diseñan las expresiones matemáticas que definen la importancia de un coeficiente respecto a los errores absoluto y relativo, respectivamente. La sección VI analiza la función de importancia relativa de una columna de la matriz técnica. En la sección VII se discuten los resultados empíricos de la distribución de coeficientes importantes, y finalmente, en la última sección se describen algunas conclusiones y líneas de investigación en este ambiente.

II. Sensibilidad de los productos brutos respecto a las demandas finales

En cualquier economía de n sectores se presenta el problema de encontrar qué sectores son más sensibles a cambios en el vector de demandas finales. Para ello, primeramente discutimos algunas propiedades de la matriz C, es decir, de la matriz inversa de Leontief, la cual suponemos que permanece constante:

$$C = (I - A)^{-1} \tag{2.1}$$

Esta igualdad muestra que las propiedades de la matriz C dependen de aquellas que posea la matriz técnica A. En este sentido, el análisis de la matriz técnica A se desarrolla a partir de las siguientes dos condiciones:[2]

Condición 1: $\sum_{i=1}^{n} a_{ij} < 1 \qquad \forall\ j = 1, 2, \ldots, n.$

Esta propiedad se satisface en cualquier economía real, al menos en un entorno “económicamente justificable”.[3] En efecto, $\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$ es el valor de los insumos que la rama j emplea para producir una unidad monetaria de producto, y debido a que además de los insumos materiales también deben pagarse salarios y obtenerse beneficios, el gasto en insumos materiales necesario para producir una unidad de producto en el sector j debe ser menor a la unidad, que es precisamente lo que establece la condición 1.

Condición 2: $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} < 1 \qquad \forall\ i = 1, 2, \ldots, n.$

La justificación de esta condición es puramente matemática, ya que la suma de los coeficientes de insumo de una fila carece de sentido económico. Por tanto, esta propiedad de la matriz técnica tiene el siguiente significado: aun y cuando la economía funcione a un nivel homogéneo, de manera que el valor de la producción de todas las ramas sea el mismo, es decir, $X_1 = X_2 = \ldots = X_n$, el valor de las componentes de cada vector son todas no negativas. Es decir, lo que esta condición establece es la no negatividad de los valores.

A partir de cualquiera de las condiciones 1 o 2, se desprende que la inversa de Leontief dada en (2.1) satisface, para cualquier vector k, la propiedad de no negatividad:

$$C = I + \sum_{k=1}^{\infty} A^k \tag{2.2}$$

[2] Estas propiedades de los coeficientes técnicos ya han sido ampliamente documentadas en diversos estudios insumo-producto. Aquí analizamos brevemente su importancia práctica, ya que nos será de gran utilidad en posteriores desarrollos algebraicos.

[3] Puesto que la suma de cada columna representa el costo parcial de los insumos (no incluye el costo del insumo primario) para producir el valor de un peso de algún bien, si esta suma es mayor o igual a 1 la producción no será económicamente justificable.

de manera que todas las componentes de C son no negativas, pues la matriz técnica A tiene esa misma propiedad.

II.1. Incrementos marginales, porcentuales y elasticidades

Usando la ecuación (2.1), se desprende que para cada k = 1, 2,…, n,

$$X_k = \sum_{j=1}^{n} C_{kj} Y_j$$

y entonces,

$$\frac{\mathrm{d}X_k}{\mathrm{d}Y_i} = C_{ki}, \quad i = 1, 2, \ldots, n$$

Esta igualdad muestra que C_{ki} es el *incremento marginal* en el vector de valores brutos de la producción del sector k que se deriva de un incremento unitario en la demanda final del sector i, mientras que el correspondiente incremento porcentual es

$$\frac{1}{X_k}\frac{\mathrm{d}X_k}{\mathrm{d}Y_{ki}} = \frac{C_{ki}}{X_k};$$

la elasticidad de X_k con respecto a Y_i es

$$\frac{Y_i}{X_k}\frac{\mathrm{d}X_k}{\mathrm{d}Y_i} = Y_i\frac{C_{ki}}{X_k}$$

Los incrementos marginales y porcentuales, así como la elasticidad de X_k respecto a Y_i son medidas de la "sensibilidad" de X_k respecto a cambios en la demanda final Y_i de los productos del sector i. Como es claro a partir de las ecuaciones anteriores, el estudio de estas cantidades equivale a analizar las componentes C_{kj} de C, o los cocientes C_{kj}/X_k.

En el resto de esta sección se considera la siguiente pregunta genérica: ¿respecto a cuál vector de demanda final es más sensible el producto bruto de un sector de la economía? Desde luego, este cuestionamiento tiene varias facetas, dependiendo de la medida de *sensibilidad* que se utilice.

Sea $C = [C_{ij}]$ la matriz inversa de Leontief dada en (2.1), entonces considérense las siguientes observaciones:

1) Con la condición 1, el elemento máximo de la fila i es C_{ii}, esto es,

$$\max C_{ik} = C_{ii} \qquad \text{para} \qquad k = 1, 2,..., n \tag{2.3}$$

2) Con la condición 2, el elemento máximo de la columna j es C_{jj}, esto es,

$$\max C_{kj} = C_{jj} \qquad \text{para} \qquad k = 1, 2,..., n \tag{2.4}$$

La observación *1)* tiene la siguiente interpretación:

Para un sector económico determinado, digamos el i-ésimo, considérese el problema de determinar la rama que tiene un mayor impacto en el vector de productos brutos X_i, en el sentido de que un incremento en la demanda de los productos finales de la rama produce un incremento marginal mayor en X_i. Como,

$$\frac{\mathrm{d}X_i}{\mathrm{d}Y_k} = C_{ik},$$

es el producto marginal de X_i asociado a un incremento (unitario) de Y_k, la igualdad (2.3) significa que el producto marginal de X_i respecto a una demanda final es máximo cuando se toma respecto a la demanda del sector i. Nótese que (2.3) se establece cuando la condición 1 se satisface, y que, como ya se observó, esta restricción se verifica en "cualquier" situación práctica. Así, cuando la sensibilidad de un vector de productos respecto a las demandas finales se mide por el producto marginal, la conclusión de la ecuación (2.3) es que el vector X_i es más sensible respecto a cambios en la demanda Y_i que en relación con alteraciones en la demanda final Y_k de cualquier otro sector.

La observación 2 tiene el siguiente significado:

Para un sector fijo, digamos el j-ésimo, considérese ahora el problema de determinar el sector sobre el cual un incremento en la demanda de los productos de la j-ésima rama tiene mayor impacto, medido por el incremento marginal del vector de productos brutos. Como

$$\frac{\mathrm{d}X_k}{\mathrm{d}Y_j} = C_{kj},$$

es el producto marginal de X_k asociado a un incremento (unitario) de Y_j, la igualdad (2.4) establece que un incremento unitario en Y_j tiene su mayor impacto en el vector X_j, siempre y cuando la condición 2 sea válida.

Con el fin de verificar lo dicho anteriormente, denótese mediante e_k al k-ésimo vector de la base canónica de R^n, y obsérvese que a partir de (2.1) se desprende que C(I – A) = I, igualdad que equivale a C = I + CA, de donde a su vez tenemos que:

$$C_{ij} = e_i'Ce_j = e_i'e_j + e_i'CAe_j \text{, y entonces}$$

$$C_{ij} = e_i'CAe_j \text{, para } i \neq j$$

Nótese ahora que la fila i de C es $e_i'C$, mientras que Ae_j es la columna j de A. Por lo tanto,

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^{n} C_{ik}A_{kj} \leq M_i \sum_{k=1}^{n} A_{kj}, \; j \neq i \tag{2.5}$$

donde $M_i = \max C_{ik}$ y la desigualdad se debe a que cuando $j = i$ entonces M_i es el máximo de todos los miembros de la i-ésima fila de C, conjuntamente con la no negatividad de los coeficientes técnicos. Nótese además que $\sum_{k=1}^{n} A_{kj} < 1$, por la condición 1, de manera que la última desigualdad desplegada implica que,

$$C_{ij} < M_i \text{ para toda } j \neq i,$$

verificando (2.3). Este argumento ha mostrado que el valor máximo de la fila i de C no se alcanza en la componente j si $j \neq i$. En consecuencia, dicho máximo debe alcanzarse en la posición i, esto es, $C_{ii} = M_i = \max C_{ik}$, para $k = 1, 2,\ldots, n$.

En la demostración de (2.4) se emplean argumentos similares. Para ello, denótese primeramente mediante M_j al valor máximo de la columna j de la matriz C, es decir,

$$M_j = \max C_{kj} \qquad \text{para} \qquad k = 1, 2,\ldots, n \tag{2.6}$$

y nótese que a partir de (2.1) se desprende (I – A)C = I, igualdad que equivale a C = I + AC, de donde se obtiene que $C_{kj} = e_k'Ce_j = e_k'e_j + e_j'ACe_j$; luego,

$$C_{kj} = e_k' ACe_j , \text{ para } k \neq j.$$

En esta expresión, $e_k' A$ es la fila k de A, mientras que Ce_j es la columna j de C. Luego,

$$C_{kj} = \sum_{r=1}^{n} A_{kr} C_{r,j} \leq M_j \sum_{r=1}^{n} A_{kr} , k \neq j, \tag{2.7}$$

donde se utilizó (2.6) para obtener la desigualdad. Finalmente, nótese que $\sum_{r=1}^{n} A_{kr} \leq 1$ de manera que la última desigualdad desplegada implica que

$$C_{kj} < M_j \qquad \text{para todo} \qquad k \neq j \tag{2.8}$$

Este argumento muestra que cualquier miembro de la columna j de C es menor que M_j si se ubica en una posición diferente a la j-ésima. Por lo tanto, el máximo de los valores de la columna j de C es C_{ji}, es decir, $C_{jj} = M_j = \max C_{kj}$, k =1, 2,..., n.

Hasta el momento hemos notado que ante cualquier incremento unitario en el vector de demandas finales, los resultantes incrementos porcentuales en los vectores de productos brutos serán máximos en los elementos de la diagonal principal de la matriz C. Sin embargo, en términos absolutos no podemos esperar que todas las componentes de la diagonal principal puedan resultar importantes.

A este nivel del análisis es interesante notar que no todas las transacciones representadas en la diagonal principal son las componentes máximas de cada sector, en el sentido de que pueden existir (y de hecho existen) celdillas cuyos montos absolutos son superiores a los de la diagonal principal. Los mayores impactos económicos no pueden, por tanto, ser capturados adoptando esta perspectiva.

Debido a que la importancia de un coeficiente no puede "siempre" estar en función de su tamaño, debemos encontrar una medida que no tenga este sesgo. Para ello, el análisis debe centrarse en las componentes de la matriz técnica A. Específicamente, debemos lograr determinar el efecto que una alteración en un miembro de la matriz A tiene en el vector de valores brutos de la producción X. Discusión presentada en la siguiente sección.

III. Alteraciones en un coeficiente técnico: impactos sobre los vectores de productos

Para determinar el efecto que la matriz A tiene en el vector de productos brutos X, en la discusión se supondrá que el vector Y se mantiene constante, y se centrará la atención en el elemento a_{ij} de A, donde la pareja (*ij*) es fija. Supóngase que en lugar del valor "correcto" a_{ij} se utiliza el valor $a_{ij} + \delta$ para el coeficiente técnico en la posición (*ij*) de A. En este caso la matriz técnica que se utilizará para determinar X es,

$$A_\delta = A + \delta E_{ij} = A + \delta e_i e_j' \tag{3.1}$$

donde, para cada $k = 1, 2,\ldots, n$, e_k es el vector columna con todas sus componentes iguales a cero, excepto la *k*-ésima, la cual es igual a uno. Al utilizar esta matriz para determinar los valores brutos de la producción, se obtendrá como solución un vector X_d resolviendo el sistema,

$$(I - A_\delta)X_\delta = Y \tag{3.2}$$

el cual se supone consistente.

Expresando la ecuación (3.2) vía (3.1), tenemos

$$\left(I - A - \delta e_i e_j'\right) X_\delta = Y,$$

de donde, factorizando (I – A) en el lado izquierdo, se obtiene

$$\left(I - A\right)\left(I - \delta C e_i e_j'\right) X_\delta = Y.$$

Comparando esta igualdad con (1.1), se llega a la siguiente relación:

$$X = \left(I - \delta C e_i e_j'\right) X_\delta = X_\delta - \delta C e_i e_j' X_\delta \tag{3.3}$$

Nótese ahora que $Ce_i = C_i$, es decir, la *i*-ésima columna de C; mientras que $e_j' X_\delta = X_{\delta,j}$, esto es, la *j*-ésima componente de X_d. Luego, $X = X_d - dX_{dj}C_i$, igualdad que equivale a

$$X_\delta - X = dX_{\delta j}C_i \tag{3.4}$$

A continuación se usará esta ecuación para obtener el valor de $X_{\delta j}$. Con este fin, obsérvese que tomando la *j*-ésima componente en ambos lados de (3.4) se obtiene $X_{\delta j} - X_j = dX_{dj}C_{ji}$, y entonces, después de algunas operaciones algebraicas:

$$X_{\delta j} = \frac{X_j}{1 - \delta C_{ji}} .$$

Esta ecuación, al combinarla con (3.4), proporciona la diferencia entre los vectores de productos brutos, derivada de una alteración en el coeficiente técnico,

$$X_{\delta} - X = \frac{\delta X_j}{1 - \delta C_{ji}} C_i , \tag{3.5}$$

que es justamente lo que nos interesa calcular para conocer el impacto de una alteración en un coeficiente técnico. *A priori*, se espera que, para un determinado monto de error, las celdas más importantes se identifiquen a partir de las que provoquen mayores diferencias entre los vectores de productos brutos. Sin embargo, una cuestión que sale de este análisis es ¿de qué tamaño deben ser los errores? La respuesta tiene diferentes connotaciones que pueden ser material para otro ensayo, por lo que no nos detendremos mucho en este aspecto. No obstante, proporcionamos las siguientes luces en torno a este interrogante.

III.1. El tamaño de los errores

La expresión (3.5) para el vector de errores $X_d - X$ permite establecer la siguiente conclusión sobre las consecuencias de sobrestimar o subestimar un coeficiente técnico por montos "pequeños": *si el coeficiente técnico se sobrestima en cierta magnitud, el error absoluto en los vectores de productos brutos es mayor que cuando el coeficiente se subestima por el mismo monto.*

Para validar esta afirmación, obsérvese que al cometer el error de tamaño δ en el coeficiente técnico a_{ij}, el vector de errores $X_d - X$ es proporcional a la columna C_i, donde la constante de proporcionalidad es

$$\frac{\delta X_j}{1 - \delta C_{ji}} .$$

Si el error δ es cierto número positivo ρ, esta constante es

$$E^{+} = \frac{\rho X_j}{1 - \rho C_{ji}} \ ,$$

mientras que si δ = –ρ, dicha constante es

$$E^{-} = \frac{-\rho X_j}{1 + \rho C_{ji}} \ .$$

Puesto que el denominador en esta igualdad es mayor que en la precedente, es claro que, si entonces $1 - \rho C_{ji} > 0$,

$$\left| E^{-} \right| = \frac{\rho X_j}{1 + \rho C_{ji}} < \frac{\rho X_j}{1 - \rho C_{ji}} = E^{+} \ ,$$

esto es, la constante de proporcionalidad tiene mayor valor absoluto cuando δ = ρ que cuando δ = –ρ. Por esta razón se supondrá que el error es de sobrestimación, es decir, que δ > 0.

Al respecto, una cuestión que se desprende de este análisis es qué tanto difieren los resultados empíricos entre δ = + ρ y δ = –ρ. Esto es, ¿se tendrá una clasificación de coeficientes importantes y no importantes, cuando el error es de sobrestimación, igual o parecida a la obtenida cuando el error es de subestimación?[4] Por lo pronto supondremos, como ya se mencionó, que el error es de sobrestimación.

IV. Importancia de un coeficiente mediante el error absoluto máximo

En esta sección se estudia la magnitud máxima de los errores absolutos en los productos cuando se comete el error (positivo) de tamaño δ en un coeficiente técnico. Para empezar, obsérvese que al cometer un error de magnitud δ en la determinación de a_{ij}, entonces el error de la k-ésima rama es,

$$X_{\delta k} - X_k = \frac{\delta X_j}{1 - \delta C_{ji}} C_{ki} \tag{4.1}$$

[4] En secciones posteriores se exponen los resultados de la clasificación de coeficientes cuando el error es positivo. Queda, por tanto, en el tintero el análisis de un efecto negativo.

Defínase $E_{ij}^{A}(\delta)$ como el mayor error absoluto en los vectores de productos brutos cuando se sobrestima el coeficiente a_{ij} por un monto δ, esto es,

$$E_{ij}^{A}(\delta) = \max X_{\delta k} - X_k \qquad \forall k = 1,\ 2,\ldots,n \quad \text{y} \quad \delta > 0. \tag{4.2}$$

Combinando esta definición con (4.1) se obtiene

$$E_{ij}^{A}(\delta) = \frac{\delta X_j}{1-\delta C_{ji}} \max C_{ki} = \frac{\delta X_j}{1-\delta C_{ji}} M^i \tag{4.3}$$

donde M^i es el valor máximo de la matriz C.

Surge ahora la siguiente pregunta: ¿qué tan pequeño debe ser δ para garantizar que $E_{ij}^{A}(\delta)$ sea menor o igual a ε? Para responder a este cuestionamiento, nótese que

$$\begin{aligned} E_{ij}^{A}(\delta) \le \varepsilon &\Leftrightarrow \frac{\delta X_j}{1-\delta C_{ji}} M^i \le \varepsilon \\ &\Leftrightarrow \delta X_j M^i \le (1-\delta C_{ji})\varepsilon \\ &\Leftrightarrow \delta\left[X_j M^i + \varepsilon C_{ji}\right] \le \varepsilon \\ &\Leftrightarrow \delta \le \frac{\varepsilon}{X_j M^i + \varepsilon C_{ji}} \end{aligned}$$

Entonces, $E_{ij}^{A}(\delta)$ no excede a ε si y sólo si $\delta \le \Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$, donde

$$\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon) = \frac{\varepsilon}{X_j M^i + \varepsilon C_{ji}} \tag{4.4}$$

La cantidad $\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$ mide la sensibilidad de los vectores de producción con respecto a cambios en el coeficiente a_{ij}; a medida que $\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$ sea menor, se tiene que para cometer un error en la determinación de los vectores de valores brutos de la producción cuya magnitud no exceda a ε, el coeficiente a_{ij} debe estimarse con mayor precisión. Por otro lado, despejando el denominador del lado derecho de la expresión anterior, tenemos el cociente

$$\frac{\varepsilon}{\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)} = X_j M^i + \varepsilon C_{ji}, \tag{4.5}$$

que compara el tamaño de ε con el de $\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$, y a medida que el lado derecho de esta igualdad sea mayor, entonces $\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$ es menor comparado con ε. Esta última expresión constituye la *función de importancia absoluta* de un coeficiente a_{ij} y en la literatura[5] se define como

$$W_{ij}^{A}(\varepsilon) = X_j M^i + \varepsilon C_{ji}, \qquad \varepsilon > 0. \tag{4.6}$$

Se considera que un coeficiente a_{ij} es absolutamente ε-importante si para garantizar un error absoluto máximo de tamaño ε en los productos brutos es necesario que a_{ij} se determine con un error absoluto menor a ε.

Supóngase que los miembros de cada fila de la matriz técnica suman la unidad o menos, esto es, la condición 2 establecida en la sección II se satisface. Por tanto, con la condición 2 se garantiza que el elemento máximo de la columna i se ubica en la posición i, esto es, $M^i = C_{ii}$ de manera que reemplazando M^i por C_{ii} en (4.6) se obtiene la expresión deseada,

$$W_{ij}^{A}(\varepsilon) = X_j C_{ii} + \varepsilon C_{ji} \qquad \varepsilon > 0. \tag{4.7}$$

En este caso, la función de importancia absoluta del coeficiente a_{ij} está dada por esta última expresión.

V. Importancia de un coeficiente respecto al error relativo

En esta sección se analiza la relación existente entre la magnitud máxima de los errores relativos en los vectores de valores brutos de la producción y el tamaño del error relativo (positivo) en la determinación de un coeficiente técnico. Como punto de partida, obsérvese que al cometer un error relativo de magnitud ρ al calcular a_{ij}, el correspondiente error absoluto es

$$\delta = a_{ij}\rho \tag{5.1}$$

y combinando esta igualdad con (4.1) se obtiene

$$X_{\delta k} - X_k = \frac{a_{ij}\rho X_j}{1 - a_{ij}\rho C_{ji}} C_{ki},$$

[5] Véase Schintke y Stäglin (1988).

de manera que el correspondiente error relativo en el k-ésimo vector es

$$\frac{X_{\delta k} - X_k}{X_k} = \frac{a_{ij}\rho X_j}{1 - a_{ij}\rho C_{ji}} \frac{C_{ki}}{X_k}. \tag{5.2}$$

Entre los k-vectores de productos brutos de una tabla de insumo-producto existe un vector que contiene el error relativo máximo. Sea $E_{ij}^{R}(\rho) =$ el error relativo máximo en los vectores de productos brutos cuando se sobrestima el coeficiente a_{ij} por un error relativo de magnitud ρ, esto es,

$$E_{ij}^{R}(\rho) = \max \ X_{\delta k} - X_k \qquad \forall \ k = 1, 2, \ldots, n \tag{5.3}$$

igualdad que combinada con (5.2) produce

$$E_{ij}^{R}(\rho) = \frac{a_{ij}\rho X_j}{1 - a_{ij}\rho C_{ji}} \tilde{M}^{i}, \tag{5.4}$$

donde

$$\tilde{M}^{i} = \max \frac{C_{ki}}{X_k} \qquad \forall k = 1, 2, \ldots, n. \tag{5.5}$$

Obsérvese ahora que para cualquier $\varepsilon > 0$,

$$\begin{aligned}
E_{ij}^{R}(\rho) \leq \varepsilon &\Leftrightarrow \frac{\rho a_{ij} X_j}{1 - \rho a_{ij} C_{ji}} \tilde{M}^{i} \leq \varepsilon \\
&\Leftrightarrow \rho a_{ij} X_j \tilde{M}^{i} \leq \left(1 - \rho a_{ij} C_{ji}\right)\varepsilon \\
&\Leftrightarrow \rho a_{ij}\left[X_j \tilde{M}^{i} + \varepsilon C_{ji}\right] \leq \varepsilon \\
&\Leftrightarrow \rho a_{ij} \leq \frac{\varepsilon}{X_j \tilde{M}^{i} + \varepsilon C_{ji}} \\
&\Leftrightarrow \rho \leq \frac{\varepsilon}{a_{ij}\left[X_j \tilde{M}^{i} + \varepsilon C_{ji}\right]}
\end{aligned}$$

Con esta notación, $E_{ij}^{R}(\rho)$ no excede a e si y sólo si $\rho \leq \Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$, donde

$$\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)=\frac{\varepsilon}{a_{ij}\left[X_j\tilde{M}^i+\varepsilon C_{ji}\right]} \tag{5.6}$$

y $\tilde{M}^i$ está dado en (5.5).

La cantidad $\Delta_{ij}^{A}(\varepsilon)$ es una medida de la *sensibilidad* de los vectores de productos brutos con respecto a cambios relativos en el coeficiente a_{ij}. Como antes, a medida que $\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)$ sea menor, se tiene que para garantizar un error relativo en la determinación de los vectores de valores brutos de la producción cuya magnitud no exceda a ε, el coeficiente a_{ij} debe estimarse con una precisión relativa mayor. Equivalentemente, los vectores de productos brutos son más sensibles a cambios relativos en a_{ij} conforme $\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)$ disminuye. De igual modo, despejando el denominador del miembro derecho de la igualdad anterior, tenemos el cociente,

$$\frac{\varepsilon}{\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)}=a_{ij}\left[X_j\tilde{M}^i+\varepsilon C_{ji}\right],$$

el cual compara el tamaño de ε con el de $\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)$, y a medida que el lado derecho de esta igualdad sea mayor, entonces $\Delta_{ij}^{R}(\varepsilon)$ será menor comparado con ε.

Esta última igualdad representa la *función de importancia relativa* de un coeficiente a_{ij} y se define de la siguiente manera,[6]

$$W_{ij}^{R}(\varepsilon)=a_{ij}\left[X_j\tilde{M}^i+\varepsilon C_{ji}\right],\qquad \varepsilon>0. \tag{5.7}$$

En el análisis insumo-producto, el coeficiente técnico a_{ij} es ε-importante si para garantizar un error relativo máximo de tamaño ε en los vectores de productos brutos es necesario que a_{ij} se determine con un error relativo que sea menor a ε.

Sustituyendo el valor de $\tilde{M}^i$ en la igualdad (5.7) se obtiene la expresión deseada. Esto es, mediante la condición 1 la función de importancia relativa de un coeficiente a_{ij} está dada por

$$W_{ij}^{R}(\varepsilon)=a_{ij}\left[X_j\frac{C_{ii}}{X_i}+\varepsilon C_{ji}\right] \tag{5.8}$$

[6] Véase Schintke y Stäglin (1988).

de manera que con la condición 1 es satisfecha en las aplicaciones. La expresión $W_{ij}^{R}(\varepsilon)$ muestra que la importancia relativa de a_{ij} depende de las tasas de incremento porcentual de los productos X_i y X_j respecto a la demanda final Y_i (véanse incrementos porcentuales y elasticidades en la Sección II). Más aún, como $a_{ij}X_j = X_{ij}$, el flujo intersectorial de insumos de la rama i a la rama j, la importancia relativa de a_{ij} es directamente proporcional a dicho flujo.

En resumen: $W_{ij}^{R}(\varepsilon)$ es más grande en la medida que el flujo de insumos del sector i hacia el sector j sea mayor, o las tasas de incremento porcentual de los productos de los sectores i y j crezcan. Esto refleja, asimismo, la importancia del sector j como comprador al sector vendedor i.

Sea $r_{ij}(\rho)$ la sensibilidad de un coeficiente a_{ij} definido en (5.6), entonces una transacción será definida como importante si un porcentaje de error en esta celda de menos de 100 por ciento induce un cambio preespecificado de ρ por ciento. Esto es,

$$r_{ij}(\rho) = \frac{100\rho}{W_{ij}^{R}(\rho)} \,. \tag{5.9}$$

Si para una transacción distinta de cero el grado de sensibilidad de esa celda es $r_{ij}(\rho) < 100$ por ciento entonces se considera que es una celda importante; si $r_{ij}(\rho) > 100$ por ciento, entonces será clasificada como no importante.

VI. Alteraciones en una columna de la matriz técnica

En esta sección se estudia el cambio de los vectores de productos brutos, ante una alteración en los términos que conforman una columna determinada de la matriz técnica A, digamos la j-ésima, la cual está sujeta a una perturbación F_j, en donde F_j representa una columna fija de errores absolutos. A similitud con la importancia de un coeficiente técnico ante errores relativos, también se puede calcular la influencia de los errores en columnas o filas seleccionadas de la matriz de coeficientes técnicos sobre los vectores de producción. De esta manera, el resultado empírico permite obtener una clasificación de columnas o filas de acuerdo con su importancia. Aquí nos concentramos únicamente en la discusión metodológica sobre columnas importantes de la matriz de coeficientes técnicos.

Consideremos cualquier columna de coeficientes A_j como el vector "correcto". En estas circunstancias los vectores de producción se calculan utilizando la columna $A_j + F_j$ en lugar de A_j, produciendo un vector de productos X_F que difiere del vector "correcto" X. El propósito que se persigue es determinar la diferencia entre los vectores X_F y X, para estudiar posteriormente la magnitud de sus componentes.

Como punto de partida, obsérvese que si la columna *j* de A se perturba por el vector F, entonces se obtiene la matriz

$$A_F = A + e_j F \tag{6.1}$$

y A_F se utiliza para determinar el vector de productos brutos X_F resolviendo el sistema

$$X_F = A_F X_F + Y$$

el cual se supone consistente. Para determinar la diferencia entre X_F y X, obsérvese que a través de (6.1) este sistema equivale a $X_F = AX_F + e_j FX_F + Y$, de donde se desprende que

$$(I - A)X_F = e_j FX_F + Y,$$

y multiplicando ambos lados de esta igualdad por $C = (I - A)^{-1}$ se obtiene

$$X_F = Ce_j FX_F + CY = C_j FX_F + X,$$

donde $C_j = Ce_j$ es la columna *j* de C. Luego,

$$X_F - X = C_j FX_F \tag{6.2}$$

Multiplicando ambos lados de esta igualdad por F, tenemos

$$FX_F - FX = FC_j FX_F = (FC_j)(FX_F),$$

de manera que, después de algunos arreglos algebraicos, se obtiene

$$FX_F = \frac{FX}{1 - FC_j}$$

igualdad que combinada con (6.2) produce

$$X_F - X = \frac{FX}{1 - FC_j} C_j. \tag{6.3}$$

Esta igualdad representa la base para discutir la magnitud de los errores de determinación de los vectores de valores brutos de la producción, como consecuencia de las alteraciones sufridas en la *j*-ésima columna de A.

Por el momento, es conveniente notar que si cada miembro del vector F se reemplaza por su valor absoluto, entonces el tamaño de las diferencias entre las componentes de los vectores X_F y X no disminuye; este hecho es consecuencia de la no negatividad de las componentes de X y C. Por tanto, al considerar el problema de determinar cuál debe ser el "tamaño" de un vector F para que la magnitud de las componentes de $X_F - X$ permanezca controlada, es suficiente considerar el caso en que las componentes de F son no negativas.

A partir de (6.3) se desprende que para todos los valores posibles de *k*,

$$X_{Fk} - X_k = \frac{FX}{1 - FC_j} C_{ki}, \qquad k = 1, 2, \ldots, n$$

de manera que, al dividir por X_k para buscar la importancia relativa,

$$\frac{X_{Fk} - X_k}{X_k} = \frac{FX}{1 - FC_j} \frac{C_{ki}}{X_k}, \qquad k = 1, 2, \ldots, n.$$

Ahora obsérvese que para obtener un error relativo menor a ε en los productos brutos, suponiendo que un vector F sea máximo, debe satisfacerse,

$$\begin{aligned}
\max\left(\frac{X_{Fk} - X_k}{X_k}\right) \leq \varepsilon \Leftrightarrow \max\left(\frac{FX}{1 - FC_i}\frac{C_{ki}}{X_k}\right) \leq \varepsilon \\
\Leftrightarrow \frac{FX}{1 - FC_i} \max \frac{C_{ki}}{X_k} \leq \varepsilon \\
\Leftrightarrow \frac{FX}{1 - FC_i} \tilde{M}^i \leq \varepsilon \\
\Leftrightarrow \tilde{M}^i FX \leq \left(1 - FC_i\right)\varepsilon \\
\Leftrightarrow \tilde{M}^i FX + \varepsilon FC_i \leq \varepsilon \\
\Leftrightarrow F\left[\tilde{M}^i X + \varepsilon C_i\right] \leq \varepsilon
\end{aligned}$$

Nótese a partir de lo anterior que el tamaño adecuado de F para garantizar que los errores relativos sean menores a ε está dado por,

$$F = \frac{\varepsilon}{\left[\tilde{M}^{i} X + \varepsilon C_{i}\right]} \tag{6.4}$$

donde $\tilde{M}^{i}$ es el valor máximo de $\frac{C_{ki}}{X_{k}}$ sobre todos los valores de k; nótese que de acuerdo con (2.4) el elemento máximo es $\frac{C_{jj}}{X_{j}}$, esto es, la condición 2 se satisface en todas las aplicaciones.

Haciendo ρ = ε la *función de sensibilidad relativa* de una columna j de la matriz técnica es,

$$r_{j}(\rho) = \frac{\rho}{W^{j}(\rho)} \qquad \text{para } \rho > 0 \tag{6.5}$$

aplicando el argumento de norma euclidiana, como medida de magnitud,[7] entonces la correspondiente *función de importancia relativa* está dada por,

$$W^{j}(\rho) = \left\| \frac{C_{jj}}{X_{j}} X + \varepsilon C_{j} \right\| \quad \text{para } \varepsilon > 0, \tag{6.6}$$

justamente lo que mostramos en (6.4). Asumiendo un porcentaje dado para ρ valores altos de $W^{j}(\rho)$ reflejan la mayor importancia de una columna j.

VII. Resultados

En esta sección abordamos la parte empírica de la discusión teórico-metodológica presentada en secciones precedentes. Particularmente usamos las expresiones (5.8) y (5.9) para identificar los flujos de comercio regional importantes y no importantes de la economía de Nuevo León. Así también, el uso de la expresión (6.6) para llegar a una clasificación de sectores compradores más importantes. Se diseñan una variedad de resultados desde diferentes perspectivas de análisis.

[7] El uso de la norma euclidiana, como medida de magnitud en economía, puede verse en Simon y Blume, 1994, p. 811.

VII.1. La base de datos y el modelo insumo-producto utilizado

La base de datos es la matriz insumo-producto construida para el estado de Nuevo León, con datos del año de 1993. Esta matriz fue estimada anteriormente para el año de 1982, en la tesis doctoral de Jaime Behar (1988); sin embargo, consideramos la de 1993 por la actualidad de la información.

El modelo usado en su construcción está basado en los llamados métodos indirectos de estimación regional, específicamente en el método de conversión de coeficientes nacionales a uno regional a través del uso de los coeficientes de localización (LQ) y de una serie de supuestos simplificadores en la estimación de los coeficientes de insumo primarios y de las importaciones regionales.[8]

Este método utiliza como fuente de información primaria el dato de empleo publicado en los censos económicos de cada cinco años, tanto para la región en estudio como para el total nacional. Esta información es agregada y compatibilizada a nivel rama de 2 dígitos, con los cuales se procede al cálculo de los coeficientes de localización.

Por otro lado, también se utilizó como fuente básica de información la matriz nacional correspondiente al año de 1993. Esta matriz es escalada a través de los LQ para obtener la correspondiente al estado de Nuevo León. El supuesto implícito aquí es que, de la información presentada en el formato de matriz nacional, una parte debe corresponder al estado de Nuevo León y ésta es calculada a través de la proporción de empleo que tiene cada rama de la región respecto al total nacional.

Una vez concluido este proceso, se procede a la agregación de sectores, debido a que las regiones pueden no contener la totalidad de actividades de una nación y, además, algunas otras pueden estar pobremente representadas; por tanto, lo más conveniente es su agregación a ramas de actividad similar. Para el estado de Nuevo León, de una clasificación de 72 ramas en todo el país, una agregación conveniente fue a nivel de 60 ramas o sectores. Es decir, que el modelo usado en la parte empírica del trabajo es sobre una matriz de 60 sectores.

[8] Este modelo fue elaborado y presentado como tesis de maestría en Economía Regional por el autor en 1998. Posteriormente fue publicada una versión simplificada de la misma en la revista *Estudios Económicos* de El Colegio de México (véase vol. 15, núm. 2, julio-diciembre de 2000). Su elaboración es muy densa y llena de detalles, características propias de las discusiones en el área regional. Aquí sólo hacemos una presentación un tanto generosa. Un lector más interesado puede consultarla directamente en el Centro de Investigaciones Socioeconómicas (CISE) de la Universidad Autónoma de Coahuila, lugar sede del programa de maestría, o bien, dirigiéndose al propio autor.

VII.2. Cantidad y distribución de coeficientes importantes

Los resultados se resumen en el cuadro 1. Allí se muestra que de las 3 600 celdillas de la matriz insumo-producto de Nuevo León,[9] únicamente 1 861 corresponden a transacciones intra e intersectoriales, esto es, poco menos de 52 por ciento del total. Las restantes 1 739 celdas no contienen transacción alguna. Dentro de los coeficientes mayores a cero, un total de 460 se identifican como importantes, es decir, poco menos de 25 por ciento, pero representan 90.2 por ciento de las transacciones totales de la economía; mientras que 75.3 por ciento de los coeficientes no importantes constituyen apenas 9.8 por ciento de las transacciones internas.

El grado de sensibilidad $r_{ij}(\rho)$ permite clasificar los coeficientes de acuerdo con su influencia sobre el vector de valores brutos de la producción. El porcentaje de error adecuado que garantiza que todas las celdas importantes incluyan al menos 90 por ciento de las transacciones es el de $\rho = 0.09$ por ciento. El uso de este valor en el ejercicio empírico también permite que los coeficientes importantes constituyan cerca de 25 por ciento del total de celdas mayores que cero.

Los coeficientes importantes han sido clasificados, de acuerdo con su importancia, en diez grupos de significancia. Cada grupo refleja un intervalo de sensibilidad de 10 por ciento. El cuadro 1 muestra, por ejemplo, que un total de 79 coeficientes están incluidos en el primer grupo de significancia $0 \leq r_{ij}(0.09 \text{ por ciento}) < 10$, que representa cerca de 61 por ciento del total de transacciones internas de la economía. Dicho monto equivale a alrededor de 4.2 por ciento del total de coeficientes importantes, por lo que es el grupo más numeroso. Este grupo, además, representa a los coeficientes con mayor sensibilidad, ya que a medida que $r_{ij}(\rho)$ tiende a cero, el grado de sensibilidad es cada vez mayor.

Dentro del primer grupo de significancia hay diez coeficientes de la tabla de transacciones de Nuevo León extremadamente importantes, con grados de sensibilidad menores a 1 por ciento. En el cuadro 2 se muestran las transacciones correspondientes a estos coeficientes.

Además de las transacciones intersectoriales mostradas en el cuadro 2, se destacan tres grupos de transacciones dentro del mismo sector, las compra-ventas dentro de las ramas de las industrias básicas de

[9] Aquí hablaremos indistintamente de la clasificación presentada en la matriz estimada de Nuevo León, por lo que la clasificación no corresponde a la nacional. Para una especificación detallada véase Germán, 1998.

Cuadro 1. Clasificación de coeficientes importantes de la tabla de transacciones de Nuevo León, 1993 (límite de error ρ = 0.09% por producto bruto)

*Intervalo de sensibilidad**	*Coeficientes* Cantidad	*Coeficientes* %	*Monto de transacciones (%)*
0 – 10	79	4.2	61.0
10 – 20	71	3.8	13.2
20 – 30	49	2.6	3.8
30 – 40	62	3.3	4.3
40 – 50	31	1.7	1.9
50 – 60	35	1.9	1.4
60 – 70	40	2.1	1.6
70 – 80	29	1.6	0.8
80 – 90	33	1.8	1.0
90 – 100	31	1.7	1.2
Coeficientes importantes, de 0 – 100	460	24.7	90.2
Coeficientes no importantes, > 100	1 401	75.3	9.8
Total de coeficientes mayores a 0	1 861	51.7	100.0

Fuente: Compilaciones propias basadas en la tabla insumo-producto de Nuevo León.
* Incluyen el límite inferior.

hierro y acero, servicios financieros, papel y cartón, en ese orden de importancia.

En términos de la importancia de los sectores como compradores, por tener una mayor cantidad de coeficientes importantes, dentro del primer intervalo de sensibilidad destacan 4 de ellos. Corresponden a las actividades de construcción (con 11 coeficientes importantes), comercio (con 8 coeficientes importantes), las actividades incluidas en la rama de otros servicios (con 6 coeficientes importantes), y los servicios integrados en el sector de transporte (con 4 coeficientes). Estas transacciones representan poco más de 29 por ciento de las correspondientes a este intervalo y 17.9 por ciento del total.

En el cuadro 3 extendemos el análisis a todos los intervalos de sensibilidad.

Del cuadro 3 se destaca que 13 sectores concentran 220 de los coeficientes importantes, lo cual representa alrededor de 48 por ciento del total. Por la concentración de una mayor cantidad de coeficientes, predominan las ramas de la construcción, los servicios médicos, otros servicios, el comercio, entre otras. En general, las ramas del cuadro 3 concentran 48.8 por ciento del volumen de insumos totales.

Cuadro 2. Transacciones con sensibilidades < 1% de la economía de Nuevo León

Posic.	*Compras del sector*	*Al sector*
1	Industrias básicas de hierro y acero	Industrias básicas de hierro y acero
2	Servicios financieros	Servicios financieros
3	Ganadería	Alimentos para animales
4	Agricultura	Fertilizantes
5	Construcción	Cemento hidráulico
6	Carnes y lácteos	Ganadería
7	Construcción	Minería
8	Papel y cartón	Papel y cartón
9	Otros productos de madera y corcho	Silvicultura, caza y pesca
10	Cemento hidráulico	Industrias básicas de hierro y acero

Fuente: Compilaciones propias basadas a datos del cuadro 1 y de la matriz de transacciones de Nuevo León.

Un análisis de los sectores relacionados a través de los coeficientes importantes muestra que las actividades principales de la región mantienen una estrecha relación con el sector de la construcción. Por ejemplo, resultan importantes las relaciones de este sector con: las industrias básicas de hierro y acero, la elaboración de productos a base de minerales no metálicos, cemento hidráulico, el comercio, el transporte, la prestación de servicios financieros y de servicios profesionales, entre otros.

Del total de sectores, la industria de la construcción mantiene relaciones de compra-venta con 32, de las cuales 29 son clasificadas como importantes. Esta información nos permite comprender la enorme dependencia hacia este sector. En general, las relaciones más dinámicas son con tres clases.

Una primera clase donde predominan las labores propias de la industria química y de la transformación (por ejemplo química básica, otros productos químicos, productos de hule, artículos de plástico, vidrio y productos de vidrio); una segunda clase relativa a las industrias del acero (por ejemplo las industrias básicas del hierro y el acero, muebles metálicos, productos metálicos, otros productos metálicos y maquinaria, etc.), y finalmente una tercera clase relacionada con los servicios (como son de comercio, financieros, profesionales, de transporte, de comunicaciones, médicos, etcétera).

De aquí cabe deducir la hipótesis de que la región está estrechamente ligada a la evolución de los ciclos del sector de la construcción. Y aunque esta hipótesis pueda ser material para otro ensayo, no es

Cuadro 3. Sectores con mayor cantidad de coeficientes importantes

	Sector	*Cuota*
48.	Construcción	29
58.	Servicios médicos	23
60.	Otros servicios	23
50.	Comercio	20
2.	Ganadería	18
52.	Transporte	16
45.	Vehículos automotores	15
57.	Servicios de educación	15
51.	Restaurantes y hoteles	14
12.	Otros productos alimenticios	13
54.	Servicios financieros	12
1.	Agricultura	11
46.	Carrocerías, motores, partes y accesorios P. vehículos automotores	11
	Total	220

Fuente: Compilaciones propias basadas en datos del cuadro 1.

aventurado señalar que cuando el sector de la construcción vive momentos de expansión, el empleo, la producción y el valor agregado muestran cierto dinamismo en la región. Igualmente, cuando este dinámico sector presenta problemas de expansión, la economía en general presenta síntomas de deterioro.

Esta información nos permite responder, en parte, al interrogante de por qué es útil distinguir las transacciones más importantes de una economía. En el presente ensayo lo hacemos desde diferentes perspectivas.

VII.3. Distribución de coeficientes importantes y no importantes

El cuadro 4 proporciona una desagregación más amplia de coeficientes importantes y no importantes, ya mostrados en el cuadro 1, pero atendiendo ahora una clasificación por tamaño del coeficiente.

En general, se aprecia en el cuadro 4 que los coeficientes clasificados como importantes en el cuadro 1 se concentran mayormente en los tamaños de clase de 10^{-5} a 10^{-2}, aunque con grandes diferencias en la distribución de los coeficientes de acuerdo con el tamaño de clase. El tamaño de clase que concentra el mayor número de coeficientes importantes es el de $10^{-4} - 10^{-3}$, con 265 coeficientes con sensibilidades menores a 100 por ciento. Le sigue el rango de $10^{-3} - 10^{-2}$ con 132,

Cuadro 4. Coeficientes importantes y no importantes de la tabla de transacciones de Nuevo León, clasificados de acuerdo con el grado de sensibilidad y al tamaño del coeficiente

Intervalo de	*Tamaño de los coeficientes**								
*sensibilidad**	*10^{-8} - 10^{-7}*	*10^{-7} - 10^{-6}*	*10^{-6} - 10^{-5}*	*10^{-5} - 10^{-4}*	*10^{-4} - 10^{-3}*	*10^{-3} - 10^{-2}*	*10^{-2} - 10^{-1}*	*10^{-1} - 1*	*Total*
0 – 10	–	–	–	1	9	58	10	1	79
10 – 20	–	–	–	2	32	36	1	–	71
20 – 30	–	–	–	4	36	9	–	–	49
30 – 40	–	–	–	2	47	13	–	–	62
40 – 50	–	–	–	4	24	3	–	–	31
50 – 60	–	–	1	5	27	2	–	–	35
60 – 70	–	–	–	6	31	3	–	–	40
70 – 80	–	–	2	10	15	2	–	–	29
80 – 90	–	–	–	4	27	2	–	–	33
90 – 100	–	–	1	9	17	4	–	–	31
De 0 – 100	–	–	4	47	265	132	11	1	460
De 100 – 1000	–	3	91	471	220	7	–	–	792
Arriba de 1000	1	121	332	150	5	–	–	–	609
Arriba de 100	1	124	423	621	225	7	–	–	1 401
Mayores a 0	1	124	427	668	490	139	11	1	1 861

Fuente: Compilaciones propias basadas en la Tabla insumo-producto de Nuevo León.
* Incluye el límite inferior.

y el de $10^{-5} - 10^{-4}$ con 47. En estos tres tamaños de clase se concentra 95 por ciento de los coeficientes importantes, monto equivalente a 24 por ciento del total de coeficientes mayores que cero.

Considerando importantes y no importantes, solamente un coeficiente cae en el rango de mayor tamaño de clase (de 10^{-1}–1), así también dentro del intervalo de sensibilidad más importante, de 0-10. Este coeficiente corresponde a las transacciones intrasectoriales del sector 35, industrias básicas de hierro y acero, con un grado de sensibilidad de 0.25 por ciento, por lo que este coeficiente puede ser considerado extremadamente importante.

Mientras que en el segundo rango de mayor tamaño de los coeficientes (10^{-2}–10^{-1}) se destaca la presencia de 11 coeficientes altamente importantes, diez de ellos con sensibilidades menores a 10 por ciento. Estos coeficientes corresponden, por orden de mayor importancia, a las transacciones reflejadas en el cuadro 5.

Aquí se destaca también que dentro de los coeficientes con mayor tamaño y mayor grado de sensibilidad se encuentran cuatro grupos de compras dentro del mismo sector, además de las ocurridas entre sectores diferentes. En este sentido, se aprecian las compras de las industrias básicas de hierro y acero, servicios financieros, papel y cartón, y las de productos a base de minerales no metálicos. Del conjunto de compras entre sectores, destacan las que realiza construcción a cemento hidráulico, a industrias básicas de hierro y acero y a productos a base de minerales no metálicos, entre otras.

Entre tanto, volviendo al cuadro 4, puede verse que 609 de los 1 401 coeficientes que son no importantes, son aún menos importantes con sensibilidades por arriba de 1 000 por ciento. Destacan algunas transacciones con sensibilidades arriba de 10 000 y de 20 000 por ciento, e incluso las compra-ventas entre minería e industrias básicas de hierro y acero sobrepasan la cifra de 35 000 por ciento.

Analizando la distribución de los coeficientes importantes en el cuadro 4, de acuerdo con los diez grupos de significancia, por un lado, y de acuerdo con el tamaño de los coeficientes, por el otro, puede percibirse una alta concentración. Cerca de 43 por ciento, es decir, 199 coeficientes, del total de coeficientes importantes, pertenecen a los tres primeros grupos de significancia con sensibilidades entre 0 y 30 por ciento, mismos que se presentan en tres diferentes clases de tamaños, principalmente de 10^{-5} a 10^{-2}.

A continuación, presentamos en el cuadro 6 una desagregación de coeficientes considerando el volumen de transacciones y el intervalo de sensibilidad. Los insumos intermedios (no mostrados explícitamente

Cuadro 5. Transacciones más importantes de la economía de Nuevo León, por tamaño del coeficiente

Posic.	*Compras del sector*	*Al sector*
1	Industrias básicas de hierro y acero	Industrias básicas de hierro y acero
2	Servicios financieros	Servicios financieros
3	Construcción	Cemento hidráulico
4	Carnes y lácteos	Ganadería
5	Papel y cartón	Papel y cartón
6	Construcción	Industrias básicas de hierro y acero
7	Comercio	Servicios profesionales
8	Construcción	Productos a base de Min. no metálicos
9	Act. Inmob. y de alquiler	Otros servicios
10	Otros servicios	Act. Inmob. y de alquiler
11	Transporte	Petróleos y derivados
12	Productos a base de Min. no metálicos	Productos a base de Min. no metálicos

Fuente: Compilaciones propias basadas en datos del cuadro 4 y de la matriz de transacciones de Nuevo León.

aquí, pero reflejados en forma agregada en el cuadro 6) varían desde 142 pesos hasta 1 162 millones de pesos. Dicho insumo con menor volumen de transacciones corresponde a las ventas de la minería a la actividad de maquinaria y equipos eléctricos, mientras que los insumos intermedios con mayor volumen de transacciones son las compra-ventas intrasectoriales de las industrias básicas de hierro y acero. En el cuadro 6 se refleja cómo este insumo intermedio, con una sensibilidad extremadamente importante menor a 10 por ciento (de 0.25 por ciento), constituye el único coeficiente con un volumen de transacciones por arriba de los 1 000 millones de pesos.

También destacan por su importante monto de transacciones y elevado factor de sensibilidad cuatro coeficientes más, cuyo volumen de insumos está entre los 100 y 1 000 millones de pesos. Éstos corresponden a las compra-ventas intrasectoriales realizadas entre las actividades de los servicios financieros; las compras hechas por los trabajos de la construcción a las ocupaciones de las industrias básicas de hierro y acero; la prestación de servicios requerida por las labores del comercio al sector de servicios profesionales, y finalmente, las transacciones intrasectoriales generadas por las actividades de fabricación de papel y cartón de la región.

Cerca del 25 por ciento de todas las celdas importantes muestran un volumen de insumos intermedios por arriba de los 10 millones de pesos, mientras que alrededor de 85 por ciento corresponden a insumos intermedios por arriba del millón de pesos.

Cuadro 6. Coeficientes importantes y no importantes de la tabla de transacciones de Nuevo León, en función del grado de sensibilidad y del volumen de transacciones

*Intervalo de sensibilidad**	*Volumen de transacciones (millones de pesos)**								
	< .1	*.1 - 1*	*1 - 10*	*10 - 20*	*20 - 50*	*50 - 100*	*100 - 1000*	*> 1000*	*Total*
0 – 10	–	1	17	16	25	15	4	1	79
10 – 20	–	3	44	10	8	6	–	–	71
20 – 30	–	4	38	6	1	–	–	–	49
30 – 40	–	4	53	2	3	–	–	–	62
40 – 50	–	5	23	1	2	–	–	–	31
50 – 60	2	5	26	2	–	–	–	–	35
60 – 70	1	7	29	3	–	–	–	–	40
70 – 80	2	14	11	2	–	–	–	–	29
80 – 90	–	10	21	2	–	–	–	–	33
90 – 100	1	11	16	3	–	–	–	–	31
De 0 – 100	6	64	278	47	39	21	4	1	460
De 100 – 1000	132	488	172	–	–	–	–	–	792
Arriba de 1000	485	123	1	–	–	–	–	–	609
Arriba de 100	617	611	173	–	–	–	–	–	1 401
Mayores a 0	623	675	451	47	39	21	4	1	1 861

Fuente: Compilaciones propias basadas en la tabla insumo-producto de Nuevo León.
* Incluyen el límite inferior.

Sobresale el hecho de que dentro de los coeficientes con insumos intermedios menores a los cien mil pesos (un total de 623, entre importantes y no importantes) existen seis con sensibilidades importantes menores a 100 por ciento, lo cual expresa que, no obstante su bajo volumen de transacciones, son jerarquizados dentro de los coeficientes importantes de la economía.

Dentro de este grupo destaca la presencia de las labores propias de la silvicultura, la caza y la pesca,[10] debido a que cuatro de los seis coeficientes importantes constituyen las ventas de este sector a otros sectores. Dichas transacciones son las ventas a las ocupaciones de molienda de maíz, cuero y calzado, productos farmacéuticos y productos de hule. El resto de los coeficientes constituyen los insumos intrasectoriales dentro del sector fertilizantes y los suministros de insumos al sector de servicios médicos por parte de las actividades de beneficio y molienda de café.

La mayor concentración de insumos intermedios importantes se localiza en tres de los grupos de transacciones mostrados en el cuadro 6. Éstos corresponden a los grupos de significancia 0.1–1, 1–10 y 10–20, dentro de los cuales destacan los insumos intermedios con transacciones entre 1 millón y 10 millones de pesos con un total de 278 de los coeficientes importantes.

Asimismo, de las celdas importantes con insumos intermedios arriba de los 10 millones de pesos (en total 112), cerca de 76 por ciento se localizan mayormente concentrados en los primeros dos intervalos desensibilidad, es decir, experimentan sensibilidades que van de 0 a 20 por ciento.

El cuadro 6 revela también que hay 20 coeficientes extremadamente importantes, con sensibilidades menores a 10 por ciento, cuyo volumen de transacciones sobrepasa los 50 millones de pesos.

El cuadro 7 proporciona información sobre las compra-ventas de estos 20 coeficientes, en orden de importancia.

También se aprecia que la mayor parte de los coeficientes no importantes corresponden a insumos intermedios menores a los cien mil pesos, lo cual representa poco más de 44 por ciento. Mientras que del total de coeficientes no importantes, cerca de 88 por ciento corresponden a transacciones menores al millón de pesos.

En general, de los 1 861 coeficientes que constituyen la demanda intermedia de la economía, alrededor de 94 por ciento corresponden a

[10] En la matriz insumo-producto de Nuevo León, silvicultura, caza y pesca se agregaron en una sola rama.

Cuadro 7. Transacciones más importantes, por volumen de insumos

Posic.	*Compras del sector*	*Al sector*
1	Industrias básicas de hierro y acero	Industrias básicas de hierro y acero
2	Servicios financieros	Servicios financieros
3	Construcción	Industrias básicas de hierro y acero
4	Comercio	Servicios profesionales
5	Papel y cartón	Papel y cartón
6	Construcción	Prod. a base de min. no metálicos
7	Carnes y lácteos	Ganadería
8	Transporte	Petróleo y derivados
9	Prod. a base de min. no metálicos	Prod. a base de min. no metálicos
10	Construcción	Cemento hidráulico
11	Act. Inmob. y de alquiler	Otros servicios
12	Vidrio y productos de vidrio	Vidrio y productos de vidrio
13	Construcción	Minería
14	Tabaco	Tabaco
15	Otros productos químicos	Otros productos químicos
16	Comercio	Servicios financieros
17	Otros servicios	Otros servicios
18	Transporte	Servicios profesionales
19	Petróleo y derivados	Petróleo y derivados
20	Carrocerías, motores, partes y accesorios para vehículos automotores	Industrias básicas de hierro y acero

Fuente: Compilaciones propias basadas en datos del cuadro 6 y de la matriz de transacciones de Nuevo León.

insumos intermedios menores a los 10 millones de pesos, mientras que sólo 6 por ciento, aproximadamente, corresponden a transacciones intermedias superiores a los 10 millones de pesos. De este total, únicamente 3.28 por ciento de los coeficientes satisface además el requisito de ser extremadamente importante, al tener sensibilidades menores a 10 por ciento.

En el tamaño de clase 1–10 se ubica la mayor cantidad de coeficientes importantes con 278, representando poco más de 60 por ciento. Las celdas con transacciones en el rango de los 100 mil a 1 millón de pesos constituyen el segundo tamaño de clase con 64 de los coeficientes importantes, mientras que en el rango de 10 a 20 millones se localizan 47. Estos tres tamaños de clase contienen a 84.5 por ciento de los coeficientes importantes.

VII.4. Columnas importantes

El cuadro 8 resume la evaluación de las 20 columnas más importantes, valoradas de acuerdo con la discusión presentada en la sección VI. En estos sectores se encuentran 219 coeficientes clasificados como importantes, lo que representa poco más de 47 por ciento del total. La clasificación también incluye 77 por ciento de los insumos intermedios.

En general se aprecian dos clases de actividades: las manufacturas y las del sector servicios. Las actividades de la manufactura contienen 119 coeficientes importantes en sus columnas de insumos, mientras que las de servicios albergan a los 100 coeficientes restantes. En cuanto a volumen de insumos, 45 por ciento es concentrado por las actividades de manufactura, mientras que 32 por ciento se ubica en los servicios.

Un análisis más detallado revela que dentro de la clasificación de industrias se encuentran grupos industriales cuya producción está orientada más hacia la exportación, con productos competitivos en los mercados internacionales, como son los correspondientes a las ramas del acero, papel y cartón, vidrio y productos de vidrio, entre otros.

Por otro lado, la clasificación de algunas ramas como los servicios profesionales evidencian una gran participación e influencia en los grupos industriales de las instituciones de educación superior, además de la presencia de investigación y desarrollo en las industrias innovadoras de la región. Igualmente, el destacado lugar de los servicios financieros junto a importantes ramas de la industria señala la presencia de fuertes lazos de integración entre las industrias de la región con el sector financiero local y el nacional. Presumiblemente los grupos industriales más importantes han fomentado una creciente integración productiva.

VIII. Conclusiones

Las simulaciones de error en los elementos de la matriz técnica A para definir y evaluar la significancia e importancia de un coeficiente insumo-producto, ha sido el tema de la presente investigación. En términos de la metodología aplicada, el debate teórico presentado hace énfasis en la derivación y el análisis de los diferentes conceptos para considerar la importancia y significado de un componente de la matriz insumo-producto, así como también la de una columna de insumos.

Los resultados obtenidos en términos del trabajo empírico desa-

Cuadro 8. Columnas más importantes

Actividad económica	*Posición*	*Coeficientes importantes (monto)*	*Volumen de insumos en la columna (%)*
35. Industrias básicas de hierro y acero	1	6	15.9
54. Servicios financieros	2	12	11.1
48. Construcción	3	29	11.9
50. Comercio	4	20	8.1
5. Carnes y lácteos	5	9	3.2
52. Transporte	6	16	4.2
60. Otros servicios	7	23	4.3
21. Papel y cartón	8	7	1.9
34. Productos a base de minerales no metálicos	9	10	1.9
55. Actividades inmobiliarias y de alquiler	10	7	1.5
32. Vidrio y productos de vidrio	11	3	1.2
15. Tabaco	12	4	0.9
29. Otros productos químicos	13	6	1.4
51. Restaurantes y hoteles	14	14	2.1
46. Carrocerías, motores, partes y accesorios para vehículos automotores	15	11	1.5
23. Petróleos y derivados	16	5	1.0
56. Servicios profesionales	17	8	1.2
26. Resinas sintéticas y fibras químicas	18	8	1.0
45. Vehículos automotores	19	15	1.6
8. Molienda de maíz	20	6	0.9

Fuente: Compilaciones propias basadas en datos de la matriz insumo-producto de Nuevo León y de cuadros anteriores.

rrollado han sido reflejados en la matriz de transacciones a partir de todos aquellos coeficientes mayores a cero en una distribución de coeficientes importantes y no importantes. También se ha concretado un análisis de la distribución de coeficientes importantes en función del grado de sensibilidad del coeficiente, en términos del tamaño del coeficiente y del volumen de transacciones. Un análisis semejante se llevó a cabo sobre los coeficientes no importantes.

Por otro lado, se realizó un análisis de la distribución de columnas importantes, especificando la cantidad de coeficientes importantes en cada columna y el volumen de insumos respecto al total por columna.

La evaluación muestra que aplicando un porcentaje límite de error $\rho = 0.09$ por ciento se garantiza que los coeficientes importantes constituyan al menos 90 por ciento de las transacciones internas, mismos que representan 25 por ciento de los coeficientes mayores a cero, mientras que el 75 por ciento restante constituye menos de 10 por ciento de las transacciones. El método empleado permite, entonces, clasificar los coeficientes de acuerdo con su importancia sobre el vector de valores brutos de la producción y separar a los de mayor influencia.

Las columnas que resultaron más importantes muestran una mayor interrelación con los coeficientes de insumo más importantes, ya que cerca de 77 por ciento (véase el cuadro 8) de los insumos totales están representados en un tercio de las actividades económicas. El mismo análisis es consistente en las relaciones entre insumos pequeños y celdas no importantes.

Los resultados sobre coeficientes importantes y no importantes pueden usarse en la compilación, actualización y pronóstico de tablas de insumo-producto, así como también en la integración de dichas tablas a sistemas econométricos. También puede ser objeto de posteriores investigaciones la discusión en un tono "formal" del tamaño de los errores, aunque en el presente ensayo hemos admitido que debe ser aquel que permita contener al menos 90 por ciento de las transacciones internas.

Por otra parte, aunque el trabajo sólo discute aspectos relacionados con la importancia de columnas, también es posible ampliar el análisis a filas importantes, combinándolo con los resultados ya presentados en este trabajo. Es igualmente provechoso extender el análisis de la importancia de una columna al de la sensibilidad, cuestión que tampoco se abordó en esta parte del trabajo.

Finalmente, otra idea derivada del análisis que puede ser objeto de posteriores investigaciones es el posible efecto inducido sobre los resultados empíricos en términos del ya introducido debate de sobrestimación o subestimación de los errores.

Referencias bibliográficas

Behar, Jaime (1988), *Trade and Employment in Mexico*, Estocolmo, Swedish Institute For Social Research.

Casler, Stephen D. y Darren Hadlock (1997), "Contributions to Change in the Input-Output Model: The Search for Inverse Important Coefficients", *Journal of Regional Science*, vol. 37, núm. 2, pp. 175-193.

Cochrane, Steven G. (1990), "Input-Output Linkages in a Frontier Region of Indonesia", *International Regional Science Review*, vol. 13, núms. 1 y 2, pp. 183-203.

Dewhurst, John H., Ll. Geoffrey, J.D. Hewings y Rodney C. Jensen (1991), *Regional Input-Output Modelling. New Development and Interpretations*, Gran Bretaña, Avebury.

Germán Soto, Vicente (1998), *El insumo-producto, diseño y uso en los análisis de economía regional: caso Nuevo León*, tesis de maestría en economía regional, Saltillo, Universidad Autónoma de Coahuila.

Park, Se-Hark, Malek Mohtadi y Atif Kubursi (1981), "Errors in Regional Nonsurvey Input-Output Models: Analytical and Simulation Results", *Journal of Regional Science*, vol. 21, núm 3, pp. 321-339.

Schintke, Joachim y Reiner Stäglin (1988), "Important Input Coefficients in Market Transaction Tables and Production Flow Tables", en Maurizio Ciaschini, *Input-Output Analysis. Current Developments*, Nueva York, Chapman and Hall.

Simon, Carl P. y Lawrence Blume (1994), *Mathematics for Economists*, Nueva York, W.W. Norton.

St. Louis, Larry V. (1989), "Empirical Tests of Some Semi-Survey Update Procedures Applied to Rectangular Input-Output Tables", *Journal of Regional Science*, vol. 29, núm. 3, pp. 373-385.