

ESTIMACIÓN DE TABLAS INPUT-OUTPUT: UN ENFOQUE ESPACIAL-TEMPORAL

Ramos Carvajal, Carmen

Presno Casquero, M^a José

Pérez Suárez, Rigoberto

Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Oviedo

RESUMEN

El análisis input-output es una importante herramienta en los estudios regionales, ya que proporciona información tanto sobre las relaciones entre los distintos sectores económicos como sobre la demanda de los mismos. Sin embargo, su utilización se encuentra algo restringida dada la discontinuidad en la publicación de las tablas input-output (TIO), así como su desfase temporal. Por ello resulta muy interesante abordar una doble tarea: por un lado la estimación de las tablas correspondientes a los períodos intermedios a la publicación de dos matrices y, por otro, la más ambiciosa de predecir tablas referidas a momentos futuros. Existen distintos métodos de ajuste de coeficientes técnicos, entre los que podemos señalar los procedimientos de programación matemática y los iterativos. Uno de los objetivos de este trabajo será analizar cuál de estos dos métodos es más adecuado, es decir, proporciona estimaciones que presentan menores diferencias con los valores reales. Para la aplicación de ambas técnicas de ajuste es posible utilizar tanto información referida a otros períodos de tiempo como a otras unidades espaciales. Consideramos ambas fuentes de información (temporal y espacial) como complementarias y pensamos que la utilización conjunta de las mismas puede conducirnos a mejorar nuestras estimaciones, por ello la parte final de nuestro trabajo consistirá en incorporar ambos tipos de información para intentar obtener unas estimaciones más fiables.

1- INTRODUCCIÓN

A pesar del auge que han cobrado los estudios económicos regionales en las últimas décadas, la información estadística sobre la que se basan aún presenta importantes deficiencias.

Una herramienta de un amplio potencial en el análisis económico es el enfoque input-output, sin embargo, su utilización se encuentra restringida dada la discontinuidad en la publicación de las tablas, así como su desfase temporal. Por ello, creemos que para una aplicación efectiva y con cierto rigor de este tipo de análisis un paso previo deberá ser la estimación de una serie de tablas input-output (TIO).

Se pueden señalar dos grandes tendencias¹ en el ajuste de los coeficientes de una matriz: el enfoque de programación matemática y el de los métodos iterativos. Comenzaremos por estudiar cuál de ambos tipos de técnicas proporciona unos resultados más ajustados a la realidad, para lo cual utilizaremos distintas medidas que permitan cuantificar el error cometido con la estimación.

La literatura referente a la estimación o ajuste de coeficientes se presenta dividida en dos tendencias: por un lado aquellos trabajos que utilizan información espacial; es decir, que para estimar una TIO regional utilizan, al menos en parte, datos nacionales y por otro aquellos que utilizan información temporal, esto es, para efectuar la estimación utilizan una tabla regional, referida a un período anterior a la que se pretende conocer.

La tesis que pretendemos contrastar en este trabajo es que la utilización conjunta de información espacial y temporal ayudará a la mejora de las estimaciones de los coeficientes.

2-TÉCNICAS DE AJUSTE DE COEFICIENTES

Comenzaremos este apartado presentando algunas de las características de los métodos de ajuste de coeficientes input-output de una economía regional.

A) MÉTODOS ITERATIVOS. Para la aplicación de esta técnica se parte del conocimiento de una matriz considerada como punto de inicio para realizar las iteraciones; dicha matriz puede ser una tabla regional referida a un período anterior al que deseemos realizar la estimación o bien la tabla nacional correspondiente al mismo año en el que se quiera efectuar la predicción. Además, también debemos disponer de información complementaria referente a la región. A partir de esta información se realizarán sucesivas iteraciones hasta conseguir aproximarnos al verdadero valor de la tabla, fijado un cierto margen de error.

Utilizaremos en este trabajo una de las técnicas iterativas más conocidas: el método RAS. Dicha técnica plantea un ajuste biproporcional, ya que efectúa una doble corrección por filas y columnas.

Para aplicar el método RAS, y siguiendo a Pulido (1993), se precisa la siguiente información:

¹ Nos referimos aquí a los métodos de ajuste “clásicos” excluyendo, a sabiendas, la aportación de Pérez García (1997) que propone como técnica de ajuste alternativa: la utilización de un sistema de ecuaciones simultáneas.

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_n \end{bmatrix} \text{ con } u_i = \sum_{j=1}^n z_{ij}; \quad v = [v_1 \quad \dots \quad v_n] \text{ con } v_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} \text{ y } w = [w_1 \quad \dots \quad w_n]$$

es decir, u_i es el output total, v_i es el input total y w_i representa la producción de cada sector.

El método RAS se efectúa a partir de las siguientes etapas:

$$u^1 = [A(0)\hat{w}(1)]i$$

$A(0)$ es la matriz original de coeficientes y $\hat{w}(1)$ es el vector de producción diagonalizado, i es un vector formado por unos.

Se establece la primera matriz diagonal r^1 con los coeficientes corrientes por filas como

$$r^1 = [\hat{u}(1)][\hat{u}^1]^{-1}$$

donde $\hat{u}(1)$ es el vector diagonalizado que recoge la suma de coeficientes por filas. La matriz de coeficientes corregida $A^1 = r^1 A(0)$ cumplirá la restricción impuesta por filas:

$$A^1 \hat{w}(1)i = [r^1 A(0)\hat{w}(1)]i = u(1)$$

Calcularemos la primera estimación del total de consumos intermedios por columnas v^1 , con la matriz ajustada A^1

$$v^1 = i' [A^1 \hat{w}(1)]$$

Se establece una primera matriz diagonal de coeficientes correctores por columnas s^1 ,

$$s^1 = [\hat{v}(1)][\hat{v}^1]^{-1}$$

donde $\hat{v}(1)$ representa el vector diagonalizado de sumas por columnas. A partir de la expresión anterior se obtiene la matriz de coeficientes corregida $A^2 = A^1 s^1$. Dicha matriz cumplirá ahora la restricción por columnas siguiente:

$$i' [A^2 \hat{w}(1)] = v(1)$$

Calcularemos, del mismo modo, las nuevas matrices corregidas, realizándose las siguientes iteraciones por filas

$$u^2 = [A^2 \hat{w}(1)]i, \dots, u^h = [A^{2h-2} \hat{w}(1)]i$$

Se establecen los siguientes vectores de coeficientes correctores:

$$r^2 = [\hat{u}(1)] [\hat{u}^2]^{-1}, \dots, r^h = [\hat{u}(1)] [\hat{u}^h]^{-1}$$

obteniéndose, entonces, las siguientes matrices corregidas

$$A^3 = r^2 A^2 = r^2 r^1 A(0) s^{-1}$$

$$A^{2h-1} = r^h A^{2h-2} = r^h r^{h-1} \dots r^1 A(0) s^{-1} \dots s^{h-1}$$

Del mismo modo se efectúan las correcciones por columnas, estimándose los nuevos input totales

$$v^2 = i' [A^3 \hat{w}(1)] \dots, v^h = i' [A^{2h-1} \hat{w}(1)]$$

Posteriormente se obtienen los coeficientes correctores por columnas

$$s^2 = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^2]^{-1}, \dots, s^h = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^h]^{-1}$$

Las matrices ajustadas por columnas se obtendrán del siguiente modo:

$$A^4 = A^3 s^2 = r^2 r^1 A(0) s^{-1} s^2$$

$$A^{2h} = A^{2h-1} s^h = r^h r^{h-1} \dots r^1 A(0) s^{-1} \dots s^{h-1} s^h$$

El proceso concluye cuando la matriz ajustada

$$A^*(1) = \prod r^i A(0) \prod s^i$$

verifica con el suficiente grado de exactitud las restricciones por filas y columnas siguientes:

$$u(1) = [A^*(1) \hat{w}(1)] i$$

$$v(1) = i' [A^*(1) \hat{w}(1)]$$

La metodología subyacente a esta técnica puede interpretarse en términos de los efectos sustitución y fabricación. El primero de ellos se refiere al reemplazamiento de una mercancía por otros inputs intermedios; este efecto opera a través del ajuste por filas de la matriz. La rectificación por columnas representa el efecto fabricación que recoge el cambio en la tecnología de producción de cada sector. Las correcciones por filas y columnas que se llevan a cabo con este método pueden interpretarse en términos de minimización de la “distancia”²

$$D = \sum_i \sum_j a_{ij}^* \ln \left(\frac{a_{ij}^*}{a_{ij}} \right)$$

² Estamos usando el concepto de distancia en un sentido amplio, ya que esta expresión no verifica las propiedades de una medida de distancia propiamente dicha. Una reflexión sobre este aspecto se puede ver en Bacharach (1970).

donde a_{ij}^* representa los elementos de la matriz estimada y a_{ij} los coeficientes de la matriz inicial.

B) MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA. Estas técnicas pretenden minimizar las diferencias existentes entre una matriz conocida (bien de la tabla de un momento anterior al que se quiere estimar o bien de la referente al conjunto nacional) y la que se quiere obtener. Dichas diferencias constituyen la función objetivo que estará sometida a un conjunto de condiciones que debe verificar la TIO regional estimada.

A continuación y, sin pretender ser exhaustivos³, señalaremos algunas de las funciones objetivo, con nombre propio, que más habitualmente se suelen considerar.

❖ La distancia euclídea

$$\sum_i \sum_j (a_{ij}^* - a_{ij})^2$$

donde el término a_{ij}^* representa el coeficiente de la matriz que se pretende estimar y a_{ij} el de la matriz de partida.

Sujeta a las restricciones

$$\begin{aligned} \sum_j a_{ij}^* X_j &= u \\ \sum_i a_{ij}^* X_j &= v \\ a_{ij}^* &\geq 0 \end{aligned}$$

es decir, el producto de los coeficientes de la matriz que se desea estimar por la producción del sector correspondiente, ha de ser igual a los vectores (por filas y columnas) de sumas de consumos intermedios regionales. Esto significa que se debe disponer de información tanto sobre el output total por sectores como de las sumas por filas y columnas de los consumos intermedios de la tabla que se pretende obtener.

❖ La distancia euclídea ponderada

$$\sum_i \sum_j \left(\frac{a_{ij}^* - a_{ij}}{a_{ij}} \right)^2$$

considera las diferencias entre la matriz que se toma como punto de partida y la que se quiere estimar en términos relativos respecto al valor de cada coeficiente conocido, esto es, las diferencias entre los coeficientes input-output tendrán distinta importancia según cuál sea el valor de los mismos, se ponderan tales diferencias de acuerdo al “peso” del término correspondiente. Esta función objetivo se planteará sujeta a las mismas restricciones que se han explicitado en el caso anterior.

³ Un desarrollo más completo de las posibles técnicas de ajuste de coeficientes encuadradas dentro de los métodos de programación matemática se puede ver en Bacharach (ob. cit.) y en Barriga Rincón (1992).

❖ Otra función objetivo que se puede considerar es la que se deriva del test de la Chi-Cuadrado, cuya expresión es la que sigue

$$\sum_i \sum_j \frac{(a_{ij}^* - a_{ij})^2}{a_{ij}}$$

Dicha función también está expresada en términos relativos y estará sujeta a las restricciones habituales que ya se han comentado en los casos anteriores.

C- ALGUNAS OBSERVACIONES GENERALES SOBRE LAS FUNCIONES OBJETIVO UTILIZADAS. En principio, parece que resultará más conveniente el uso de una función objetivo expresada en términos relativos, ya que de esta forma permite valorar las diferencias en relación a la magnitud de los coeficientes. Esto nos llevaría a considerar como más adecuada la técnica RAS, dentro de las iterativas, ya que como hemos señalado proporciona los mismos resultados que si se minimizase la expresión siguiente

$$D = \sum_i \sum_j a_{ij}^* \ln \left(\frac{a_{ij}^*}{a_{ij}} \right)$$

Por lo que se refiere a las técnicas de programación matemática parecen más adecuadas la distancia euclídea ponderada y la que se basa en la distribución Chi-cuadrado por análogos motivos.

Sin embargo, las funciones relativas plantean problemas cuando el coeficiente de la matriz de partida es nulo, ya que en este caso dichas expresiones no estarían definidas.

Una vez realizadas estas consideraciones previas, el paso siguiente consistirá en contrastar empíricamente cuál de los métodos anteriormente señalados permite obtener unos resultados más próximos a la realidad.

4- EVALUACIÓN DE LAS ESTIMACIONES

Para evaluar empíricamente cuál de las técnicas anteriores proporcionan unos resultados más adecuados comenzaremos por utilizar algunas de las medidas más habitualmente empleadas⁴, como son la media de las diferencias absolutas, el índice de Theil, la medida Chi-cuadrado o el error cuadrático medio. No pretendemos, en modo alguno, abarcar todas las posibles medidas de error sino sólo recoger algunas diferentes posibilidades: medidas que se basan en las diferencias en términos absolutos, medidas logarítmicas y cuadráticas. Por último,

⁴ Véase el documento de Cabrer, Contreras y Sancho (1991) o Buendía Azorín (1993), por señalar a algunos de los autores que utilizan estas medidas y que trabajan en temas de economía regional en nuestro país.

propondremos otra medida que además, de permitirnos analizar las divergencias de la estimación, proporciona información sobre la estructura de los sectores productivos.

A) MEDIDAS DEL ERROR DE ESTIMACIÓN. La expresión de las diferencias absolutas para cada uno de los términos de la matriz es la siguiente:

$$d_{ij} = \frac{|a_{ij} - a_{ij}^*|}{a_{ij}}$$

siendo a_{ij}^* los coeficientes técnicos que se pretenden estimar y a_{ij} los reales.

La desviación media se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\bar{d} = \frac{\sum_i \sum_j d_{ij}}{m}$$

donde m representa el número de coeficientes considerados.

El cálculo de las diferencias mediante el índice de Theil se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$I = \sum_i \sum_j \left| a_{ij}^* \log_2 \frac{a_{ij}^*}{a_{ij}} \right|$$

La expresión del índice Chi-cuadrado para el cálculo de las divergencias entre la tabla real y la estimada es

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{[a_{ij} - a_{ij}^*]^2}{a_{ij}}$$

Por último nos referiremos al error cuadrático medio, que puede ser definido como la media de las diferencias cuadráticas:

$$\bar{e} = \frac{\sum_i \sum_j (a_{ij} - a_{ij}^*)^2}{m}$$

Las medidas anteriormente propuestas permiten analizar las diferencias entre los coeficientes, pero no proporcionan información sobre la estructura de la economía estudiada ni, por lo tanto, de las divergencias en dicha estructura entre las tablas real y la estimada. Por ello, nos ha parecido más adecuado proponer una herramienta que permita tal comparación. La medida de distancia basada en el índice cuadrático de concentración se puede definir de la siguiente forma (Ramos, 1997):

$$D(X, Y) = 0.5 \left[2 \left(1 - \sum_i a_{ij}^* a_{ij} \right) - (I^2(X) + I^2(Y)) \right]$$

donde X representará el vector de coeficientes técnicos observados e Y el de los estimados. $I^2(X)$ e $I^2(Y)$ es el índice cuadrático de concentración (Río y Pérez, 1987) de compras observadas y estimadas, respectivamente, cuya expresión es la siguiente

$$I^2(X)=1-\sum_i a_{ij}^2; I^2(Y)=1-\sum_i a_{ij}^{*2}$$

El índice cuadrático toma valores comprendidos entre 0 y 1; alcanzará el valor 0 cuando la concentración sea máxima y se aproxima a 1 cuando es mínima.

La medida de distancia propuesta recoge la estructura de los sectores a través de la medida de la concentración y la relación entre los coeficientes estimados y observados, por medio del sumando $\sum_i a_{ij}^* a_{ij}$. Esta medida, $D(X,Y)$, está también acotada entre 0 y 1; cuanto más se aproxime a la unidad mayor diferencia (distancia) existirá entre los valores observados y los estimados y viceversa.

Puede resultar conveniente sintetizar las distancias por sectores en un único valor: la distancia global de la tabla. Nos ha parecido adecuado construir dicha medida global como una media ponderada, ya que no todos los sectores tienen la misma importancia y el no considerar este factor podría empañar la comparación. Por ello, hemos establecido la ponderación de manera que recoja la importancia de cada rama, definiendo la medida global como la media ponderada de las distancias entre los distintos sectores en comparación.

$$\bar{D}(X,Y)=\frac{\sum_i D_i w_i}{\sum_i w_i}$$

Siendo w_i la ponderación asignada a cada sector y D_i la distancia entre los distintos sectores.

Pulido (ob. cit.) propone ciertos índices que nos permiten analizar la importancia de cada sector. Dichas medidas se basan en detectar los denominados sectores importantes⁵ de una economía con la fórmula siguiente:

$$r_{ij}=\frac{p}{w_{ij}(p)}=\frac{p}{a_{ij}\left(p\frac{b_{ji}}{100}+b_{ii}\frac{x_j}{x_i}\right)}$$

la importancia del coeficiente se hace depender del porcentaje máximo de error absoluto (p) que provocará sobre la producción de cualquier sector; x_j es la producción del sector j, a_{ij} es el coeficiente técnico, b_{ij} son los coeficientes de la matriz inversa de Leontief.

⁵ Una aplicación de estos indicadores a la economía extremeña puede verse en de la Macorra y Cano y Fernández Núñez (1994).

Cuanto mayor sea w_{ij} (medida de la importancia de cada coeficiente) y, por lo tanto, cuanto menor sea r_{ij} , más importante será el coeficiente. Pulido establece la siguiente clasificación a partir de los valores de r_{ij} fijado el valor de p en 0.01:

Tabla N° 1. Clasificación de los sectores según su importancia

Variación Porcentual	Clasificación coeficientes
$r_{ij} \leq 10$	Coef. Muy Importantes
$r_{ij} \leq 100$	Coef. Importantes
$r_{ij} > 100$	Coef. No Importantes
$r_{ij} \geq 1000$	Coef. Insignificantes

Se definen como sectores más importantes aquellos que tienen un mayor número de coeficientes importantes en filas o columnas. Por lo tanto, y a partir de lo anteriormente expuesto, vamos a utilizar como ponderaciones el número de coeficientes importantes de cada sector.

B)TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN. Antes de proceder a la estimación de la TIO de Asturias de 1990, es necesario efectuar algunos comentarios previos sobre el tratamiento que se ha dado a la información.

Habitualmente la estimación de los coeficientes input-output se realiza a partir de dos enfoques bien diferenciados, el enfoque espacial y el temporal. El primero de ellos postula que las relaciones técnicas nacionales son, en general, válidas a nivel regional y por ello pueden tomarse como punto de partida para realizar la estimación. Esto es, se puede entender la región como un “satélite” de la nación, por lo que existirá una fuerte relación de interdependencia entre las estructuras productivas de ambas. Si aplicamos este tipo de enfoque tomaríamos como punto de partida la TIO de España de 1990 para estimar la de Asturias⁶ del mismo año.

La TIO de España de 1990 está desagregada en 57 sectores, mientras que la de Asturias de ese año lo está a 50, por lo tanto debemos homogeneizarlas agregando al mismo número de sectores.

Por otra parte, las estructuras productivas de una región dependen de su comportamiento en el pasado, por ello también consideramos interesante la utilización de un enfoque temporal. En este caso la tabla que tomaremos como punto de partida es la de Asturias de 1985 que se encuentra desagregada en 48 sectores.

⁶ Utilizamos la tabla de España de 1990 por no encontrarse publicada hasta la fecha otra posterior, aunque si lo está la de Asturias de 1995.

Hemos realizado una agregación a 9 ramas de las tres tablas (TIO de Asturias y de España de 1990 y de Asturias de 1985) según la clasificación Hermes, dado que este nivel de agregación es utilizado en numerosos trabajos, con lo cual nos permitirá efectuar comparaciones; además de la ventaja operativa que supone trabajar a un alto nivel de agregación.

En la tabla adjunta se presentan los nueve sectores de la clasificación Hermes, así como la agregación de la tabla nacional y de la regional, según los sectores de la Contabilidad Nacional y Regional respectivamente.

Tabla Nº 2. Equivalencias en la agregación

Sectores Hermes	Sectores Contabilidad Regional (TIOA- 85)	Sectores Contabilidad Nacional (TIOE- 90)	Sectores Contabilidad Regional (TIOA- 90)
Agricultura (A)	1-2	1	1-2
Energía (E)	3-4-5-6-7	2-3-4-5-6-7-8-9-10	3-4-5-6-7
Productos manufacturados: intermedios (Q)	8-9-10-11-12-13- 14-15	11-12-13-14-15-16- 17-18	8-9-10-11-12-13- 14-15
Productos manufacturados: equipo (K)	16-17-18-19-20-21- 22	19-20-21-22-23-24	16-17-18-19-20-21- 22
Productos manufacturados: consumo (C)	23-24-25-26-27-28- 29-30-31-32-33-34	25-26-27-28-29-30- 31-32-33-34-35-36	23-24-25-26-27-28- 29-30-31-32-33-34
Construcción (B)	35	37	35
Transportes y comunicaciones (Z)	39-40	41-42-43-44-45-46	39-40
Otros servicios destinados a la venta (L)	36-37-38-41-42-43- 44-45-46	38-39-40; 47-48- 49-50-51-52	36-37-38-41-42-43- 44-45-46
Otros servicios no destinados a la venta (G)	47-48	53-54-55-56-57	47-48-49-50

En la primera columna aparece la agregación a nueve sectores de la clasificación Hermes; en la segunda, tercera y cuarta cómo se agregan las ramas de la TIOA de 1985, de la tabla de España de 1990 y de la de Asturias del mismo año, respectivamente, para adecuarse a la citada clasificación y que hemos utilizado para la realización de las estimaciones.

Como hemos señalado, se intentará estimar la TIO de Asturias de 1990, a partir de la de 1985 y para ello es preciso deflactar previamente las magnitudes que aparecen en las matrices.

Dado que nos estamos refiriendo a dos momentos del tiempo y las compras y/o ventas entre sectores están expresadas en unidades monetarias, y no en unidades técnicas, es preciso deflatar convenientemente dichas magnitudes (Barriga, ob. cit. y Pulido, ob. cit.). Consideremos la estructura de la producción en el año inicial en términos de valor

$$a_{ij}^{*0} = \frac{z_{ij}^0}{z_j^0} = \frac{x_{ij}^0 p_i^0}{X_j^0 p_j^0} = \frac{p_i^0}{p_j^0} a_{ij}^0$$

a_{ij}^{*0} representa el coeficiente en el período inicial y en términos de valor, p_i^0 y p_j^0 representan los precios de los bienes y servicios en el momento inicial, x_{ij}^0 representa el flujo de bienes y servicios entre los sectores i y j , y X_j es el input total del sector j .

Al nuevo período le corresponderán unos coeficientes que en términos de valor son:

$$a_{ij}^{*1} = \frac{z_{ij}^1}{z_j^1} = \frac{x_{ij}^1 p_i^1}{X_j^1 p_j^1} = \frac{p_i^1}{p_j^1} a_{ij}^1$$

con coeficientes, precios y flujos de bienes y servicios referidos al período final.

Por lo tanto, parece conveniente comparar los coeficientes en precios constantes, ya que de otro modo la variación en los coeficientes podría deberse simplemente a cambios en precios y no de la estructura productiva.

Como deflatores se han utilizado⁷, en lo que se refiere a consumos intermedios, para el sector Agrícola el índice de precios percibidos por los agricultores, para el sector Construcción el deflactor de inversión en construcción residencial, para los sectores Transportes y comunicaciones, Servicios destinados a la venta y Servicios no destinados a la venta, los deflatores VAB a precios de mercado correspondientes, para los sectores Energía, Productos Manufacturados Intermedios, Productos Manufacturados para el Consumo y Bienes de Capital, los índices de Precios Industriales correspondientes. En lo que respecta a los VAB hemos utilizado los deflatores implícitos correspondientes.

C) RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN: ENFOQUE ESPACIAL. Hemos comenzado aplicando el método RAS a la TIO de España de 1990; los vectores de sumas de consumos intermedios por filas (u) y columnas (v) y la producción (w) son los correspondientes a Asturias en el año 1990. El criterio de convergencia empleado es el propuesto por Pedreño y Muñoz (1986):

$$\left| \frac{u(1) - u^K}{u(1)} \right| < \hat{a}, \forall i \text{ y } \left| \frac{v(1) - v^K}{v(1)} \right| < \hat{a}, \forall j$$

⁷ Los índices utilizados se refieren a todo el territorio nacional, por no disponer de todos ellos para Asturias.

donde u^k y v^k son los vectores estimados en la última iteración. A ε le hemos asignado un valor del orden de 10^{-11} ; esto es, las diferencias relativas entre los vectores estimados y los reales, consideradas en valores absolutos, han de ser menores que este valor arbitrario y suficientemente pequeño. Para efectuar esta convergencia han sido precisos 28 ciclos de iteraciones.

También se ha estimado la tabla regional a partir de las técnicas de programación matemática. Hemos utilizado como tabla inicial la de España de 1990, a partir de la cual se han construido las tres funciones objetivo anteriormente señaladas; por otra parte, hemos incorporado la información referente a Asturias en las restricciones.

Cuando intentamos estimar los coeficientes a partir de las técnicas de programación matemática nos encontramos con ciertos problemas, uno de ellos es la expresión de las funciones objetivo cuando alguno de los coeficientes de la matriz que tomamos como punto de partida es nulo. El tratamiento que le hemos dado ha consistido en anular el término correspondiente de la función objetivo, sin embargo, en algunas ocasiones esto planteaba ciertas distorsiones⁸, ya que si el óptimo obtenido presenta un valor elevado puede generar una fuerte diferencia cuando lo comparamos con el valor real, debido a que este, en general, suele ser un término de pequeña cuantía. Esto no ocurre en el método RAS, el cual presenta como característica la conservación de los ceros de la matriz de partida en la matriz estimada.

Hemos resuelto este problema introduciendo algunas restricciones adicionales en el programa: se obliga a tomar el valor cero a aquellos coeficientes estimados que proceden de los nulos de la matriz inicial, esto es, estamos siguiendo un planteamiento análogo al efectuado por el RAS que conserva los ceros de la matriz de partida.

Una vez efectuadas estas consideraciones previas hemos estimado la tabla de Asturias a partir de la de España de 1990. A partir de estos datos hemos resuelto los tres programas utilizando las técnicas de programación cuadrática. Cada programa está constituido por una función objetivo de 81 sumandos, uno por cada coeficiente técnico que se desea estimar, sujeto a 18 restricciones de igualdad⁹ y 80 de no negatividad. El programa informático que se ha utilizado es el MATLAB 5.1.

A continuación han sido calculadas las diferencias entre los valores observados y estimados a través de todas las medidas anteriormente reseñadas.

⁸ Hemos realizado diferentes simulaciones anulando coeficientes en las matrices iniciales y aplicando los dos métodos de programación matemática con función objetivo en términos relativos señalados, obteniendo, en algunos casos, unas diferencias tan fuertes en ese dato que el método quedaba prácticamente inhabilitado.

⁹ Los programas constarían de 17 restricciones igualdad obtenidas a partir de las sumas de los consumos intermedios por filas y columnas, ya que una resulta redundante. Sin embargo, hemos debido añadir otra restricción al presentar un coeficiente nulo la TIO de España de 1990, por ello sólo hay 80 de no negatividad.

Para el cálculo de la media de la distancia que recoge la estructura del mercado, ha sido preciso previamente obtener los coeficientes importantes de la economía asturiana. Los resultados se recogen en la tabla que se presenta a continuación

Tabla N° 3. Número de coeficientes importantes

	A	E	Q	K	C	B	Z	L	G
0-10	1	1	3	2	2	2	0	3	0
10-100	3	6	4	4	5	4	6	6	8
100-1000	4	2	2	2	2	1	1	0	1
+ 1000	1	0	0	1	0	2	2	0	0

Los sectores que presentan un mayor número de coeficientes “muy importantes” son Bienes Manufacturados intermedios y Transportes y comunicaciones; por el contrario el que menos coeficientes “muy importantes” presentan es el de Otros servicios no destinados a la venta. Por otra parte conviene reseñar que los sectores Energía, Productos manufacturados intermedios, Productos manufacturados para el consumo, Otros servicios destinados y no destinados a la venta no presentan “coeficientes insignificantes”.

Las diferencias obtenidas entre los coeficientes reales y los estimados son las siguientes:

Tabla N° 4. Evaluación de las estimaciones

	Media de las diferencias absolutas	Indice de Theil	Chi-cuadrado	Error cuadrático medio	$\bar{D}(X, Y)$
RAS	0.516484	1.484622	0.592664	0.000380	0.001604
Distancia euclídea	0.538361	1.727898	0.752276	0.000859	0.001825
Distancia euclídea ponderada	0.476969	1.477453	0.595911	0.000467	0.001952
Chi-cuadrado	0.494787	1.768291	0.778027	0.00088	0.003608

Como se aprecia en la tabla anterior no existe un método que claramente se muestre como mejor que los demás, ya que según consideremos una técnica de comparación u otra obtenemos diferentes resultados. Se aprecia, sin embargo, que la distancia euclídea ponderada y el método RAS proporcionan resultados muy similares, mostrándose como más adecuado el primero de ambos.

D- RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN: ENFOQUE TEMPORAL. Se ha repetido el procedimiento anterior utilizando un enfoque temporal, esto es, partiendo de la matriz de Asturias de 1985.

Al aplicar el método RAS hemos realizado 38 ciclos de iteraciones consiguiendo unas diferencias relativas del orden de 10^{-11} y 10^{-12} , es decir, la convergencia ha sido más rápida con el ajuste espacial que con el temporal.

En la estimación de los coeficientes a través de las técnicas de programación matemática, nos hemos encontrado con que la matriz de partida presenta seis coeficientes nulos, con lo cual el programa contará con seis restricciones de igualdad que se añadirán a las que se derivan de las sumas marginales de los consumos intermedios.

Posteriormente hemos cuantificado el error de estimación cometido, obteniendo los resultados siguientes

Tabla N° 5. Evaluación de las estimaciones

	Media de las diferencias absolutas	Indice de Theil	Chi-cuadrado	Error cuadrático medio	$\bar{D}(X, Y)$
RAS	0.296469	0.843962	0.2042794	0.0001625	0.000770
Distancia euclídea	0.771762	1.203010	0.524970	0.000379	0.001826
Distancia euclídea ponderada	0.276326	0.743181	0.175770	0.0001331	0.001003
Chi-cuadrado	0.285739	0.7934052	0.218613	0.000145	0.000730

Observando la tabla se desprende que la distancia euclídea ponderada es la que proporciona los resultados más cercanos a la realidad, después la técnica RAS y la función objetivo que se basa en la distribución Chi-cuadrado, por último y como cabía esperar, ya que se trata de una medida absoluta, la distancia euclídea.

E) CONCLUSIONES DE LA ESTIMACIÓN. Como se puede apreciar en general el enfoque temporal proporciona unos resultados más adecuados que el espacial. Esto parece lógico ya que es menos probable un cambio en la estructura de una región en un período breve de tiempo (cinco años) que la traslación de la estructura nacional a la regional, aunque exista interdependencia entre ambas.

Por lo que se refiere a las técnicas de estimación que hemos empleado parecen más adecuados el método RAS y dentro de los de programación matemática el de la distancia euclídea ponderada.

5- ENFOQUE TEMPORAL- ESPACIAL

Como ya hemos señalado, el objetivo de este trabajo es comprobar si un enfoque conjunto temporal-espacial permite mejorar la calidad de las estimaciones. Parece conveniente aprovechar la información que proviene de ambos enfoques, tanto la que recoge la evolución de la propia región como la que se deriva del comportamiento de la nación. Por tanto no debemos obviar ninguna de estas dos fuentes de información que son complementarias y pensamos que pueden enriquecer nuestros estudios.

Para combinar ambos tipos de información hemos optado por una media ponderada donde se han otorgado diferentes pesos a cada sector:

$$TIO(t) * \hat{w}(t) + TIO(e) * \hat{w}(e)$$

donde $TIO(t)$ es la tabla estimada con enfoque temporal, $\hat{w}(t)$ es la matriz diagonal de las ponderaciones temporales de cada sector, $TIO(e)$ representa la tabla estimada según el enfoque espacial y $\hat{w}(e)$ la matriz diagonal cuyos elementos son las ponderaciones espaciales de los sectores.

Una primera aproximación a las ponderaciones correctoras podría ser una medida de lo adecuados que resultan ambos enfoques, esto es, de la capacidad explicativa de las tablas estimadas; para ello, hemos utilizado como *proxy* los VAB sectoriales nacionales y regionales.

En lo que se refiere al enfoque espacial hemos realizado las regresiones (una para cada sector) en las que se ha tomado como variable explicativa el VAB a precios constantes de cada sector nacional para explicar el VAB de las ramas de Asturias, en el período 1986-96. Hemos calculado el coeficiente de determinación en cada una de ellas.

Para obtener las ponderaciones que corregirán la tabla estimada según el enfoque temporal, se han realizado las regresiones entre el VAB de Asturias y el retardado un período; obteniendo, a partir, de ellas, los coeficientes de determinación correspondientes.

Se han utilizado los coeficientes de determinación normalizados como ponderaciones, esto es, asignaremos los “pesos” de acuerdo a la capacidad explicativa de los VAB de España y de Asturias retardado.

En la tabla siguiente se recogen las ponderaciones espaciales y temporales utilizadas.

Tabla N°6. Ponderaciones temporales y espaciales.

	A	E	Q	K	C	B	Z	L	G
W_t	0.847	0.566	0.369	0.59	0.67	0.59	0.52	0.52	0.51
W_e	0.152	0.434	0.631	0.41	0.33	0.41	0.48	0.48	0.49

A partir de estas ponderaciones hemos corregido las estimaciones de cada sector y hemos vuelto a calcular las diferencias entre los coeficientes estimados y los reales. Los resultados obtenidos para aquellas técnicas de ajuste que proporcionan una estimación más adecuada (método RAS y distancia euclídea ponderada) han sido los siguientes:

Tabla N° 7. Evaluación de las estimaciones corregidas

	Media de las diferencias absolutas	Indice de Theil	Chi-cuadrado	Error cuadrático medio	$\bar{D}(X, Y)$
RAS	0.262330	0.826173	0.1484155	0.000146	0.00070
Distancia euclídea ponderada	0.258553	0.712878	0.143909	0.000131	0.00064

En la tabla anterior se puede apreciar que los errores de estimación han disminuido al incorporar la información temporal y espacial conjuntamente, esto es, ha mejorado la calidad de las estimaciones realizadas. Se aprecia que la medida más adecuada es la distancia euclídea ponderada.

Como hemos señalado, la medida de distancia propuesta basada en el índice cuadrático de concentración permite analizar si la estructura económica en la TIO real se mantiene en la estimada o si por el contrario ha variado. Para comprobar este punto hemos estudiado la concentración sectorial de las matrices observada y estimada. Los resultados son los siguientes:

Tabla N° 8. Concentración sectorial

	Valores reales	Método RAS	Distancia euclídea ponderada
A	0.903594	0.93360	0.934533
E	0.815869	0.789703	0.787149
Q	0.861078	0.863380	0.862462
K	0.915463	0.921120	0.923817
C	0.859128	0.862896	0.857364
B	0.936114	0.942150	0.939485
Z	0.972615	0.971264	0.972290
L	0.951572	0.947073	0.944148
G	0.987312	0.994152	0.994501

Teniendo en cuenta que el índice cuadrático toma valores cercanos a uno cuando la concentración es mínima, observamos que, en general, no existe una concentración elevada en ningún sector; siendo Energía y Productos manufacturados de consumo los que presentan un mayor nivel. Puede apreciarse, además, que la concentración en los sectores reales y estimados es bastante similar, esto es, no parece que el método de corrección propuesto haya distorsionado la estructura del mercado.

6- CONCLUSIONES

En este trabajo hemos estimado la TIO de Asturias de 1990 utilizando distintos métodos de ajuste: la técnica iterativa RAS y los de programación matemática, utilizando distintas funciones objetivo: distancia euclídea, euclídea ponderada y la que se deriva del test Chi-cuadrado.

Hemos cuantificado el error de estimación a través de dos tipos de medidas: las que no proporcionan información sobre la estructura productiva de la región en estudio (media de las desviaciones absolutas, índice de Theil y el error cuadrático medio) y las que sí proporcionan este tipo de información (distancia basada en el índice cuadrático de concentración).

Los métodos de estimación que han resultado más adecuados, ya que proporcionan unas estimaciones más próximas a la realidad, son: el método RAS dentro de los iterativos y la distancia euclídea ponderada dentro de los incluidos en la programación matemática.

Para intentar mejorar la calidad de nuestras estimaciones hemos utilizado tanto información temporal como espacial debidamente ponderada, proponiendo como tabla de Asturias la corregida mediante la fórmula siguiente:

$$TIO(t) * \hat{w}(t) + TIO(e) * \hat{w}(e)$$

Las ponderaciones han sido obtenidas a partir de la capacidad explicativa de las tablas estimadas según los enfoques temporal y espacial, esto es, utilizando los coeficientes de determinación normalizados resultantes de las regresiones entre los VAB de España y los VAB de Asturias retardados con respecto al VAB regional.

Hemos calculado la matriz así corregida y posteriormente se han obtenido las divergencias entre los valores reales y los estimados; dichas divergencias han disminuido con respecto a las observadas si se considera sólo información temporal o espacial. Por último hemos comprobado que la corrección propuesta no ha alterado de manera significativa la concentración sectorial que se desprende de la tabla real.

7- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHARACH, M. *Biproportional matrices and input-output change*. Cambridge University Press, 1970.
- BARRIGA RINCÓN, L. *Dinamicidad de las tablas de coeficientes técnicos en el análisis input-output: Análisis en base a una serie de 25 años*. Tesis doctoral presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, 1992.
- BUENDÍA AZORÍN, J.D. *La estimación de las tablas input-output de la región de Murcia en 1987*. Tesis doctoral presentada en la Universidad de Murcia, 1993.
- CABRER, B., D. CONTRERAS y A. SANCHE. *Selection and validation methods for the estimation of an input-output regional table*. Documento de trabajo. Departamento de Análisis Económico. Universidad de Valencia, 1991.
- CALLEALTA BARROSO, J. Un método alternativo para la reconciliación de datos en tablas input-output. *V Reunión Asepelt*, Gran Canaria, 1991.
- FERNÁNDEZ NUÑEZ, T. y de la MACORRA y CANO: Análisis de sensibilidad de coeficientes de la Tabla Input-Output extremeña para 1978. *VIII Reunión Anual de ASEPELT*. 1994.
- INE, *Contabilidad Nacional y Tabla Input-Output*, 1990.
- MILLER, R.E. y P. D. BLAIR. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Prentice-Hall, Nueva Jersey, 1985.
- PEDREÑO. A. Deducción de las tablas input-output: consideraciones críticas a través de la contrastación “survey-nonsurvey”. *Investigaciones Económicas*, Vol. X, Nº 3, pp. 579-99, 1986.
- PÉREZ GARCÍA, J. Especificación multiecuacional de tablas input output: aplicaciones en dinamización y predicción. *XI Reunión de Asepelt*, Bilbao, 1997.
- PULIDO, A. y E. FONTELA. *Análisis input-output. Modelos, datos y aplicaciones*. Editorial Pirámide, 1993.
- RAMOS, C. La distancia como medida de similitud en el análisis input-output. *XI Reunión ASEPELT*, Bilbao, 1997.
- RAMOS, C. y M.J. PRESNO. Estimación de la Tabla input-output de Asturias de 1990. *I Encuentro de Economía Aplicada*. Barcelona, 1998.
- RÍO, Mª J. y R. PÉREZ. Sobre la medición de la concentración industrial. *III Jornadas de Economía Industrial*, Madrid, 1987.
- RÍO, Mª J. y C. RAMOS. El concepto de distancia y algunas aplicaciones económicas. *Encuentro de Matemática Aplicada a la Empresa*, Zaragoza, 1987.
- RIVERO GARCÍA, M.F. *Análisis input-output del comercio interregional: una visión detallada por comunidades autónomas*. Tesina presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, 1994.

RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, P. *Modelos y tablas input-output regionales*. Tesis presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, 1993.

RUIZ PONCE, F. *Análisis comparativo de las distintas comunidades autónomas en base a las tablas input-output: un enfoque multivariante*. Tesis doctoral, Departamento de Economía Aplicada, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Valencia, 1995-96.

SADEI. *Cuentas Regionales de Asturias, 1990. Tabla Input-Output. Contabilidad Regional*. Oviedo, 1994.

SAIZ DE BUSTAMANTE, P. *Ajuste de las tablas input-output: Una aplicación a la economía española*. Memoria de licenciatura presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, 1983.

