

## Metodología de la Matriz Causal para el análisis del cambio estructural: una aplicación para la economía andaluza

Manuel Alejandro Cardenete \* y Manuel Ordóñez \*\*

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es analizar el cambio que se ha producido en la estructura económica de Andalucía entre los años 2000 y 2005, mediante el uso de las matrices de contabilidad social. De los diversos métodos existentes, el enfoque de la matriz causal ha sido el empleado para analizar dicho cambio. El estudio se ha realizado con una matriz con 26 sectores productivos en las que se ha endogenizado las cuentas de trabajo, capital y consumo. Los resultados obtenidos muestran que los cambios varían de unos sectores a otros y que la causa de los mismos puede ser debida a la influencia del propio sector, del resto de los sectores o de ambos.

**Clasificación JEL:** D57, D58, C67.

**Palabras clave:** matriz de contabilidad social, matriz causal, multiplicadores de producción.

### Causal matrix approach to structural change analysis: an application to Andalusian economy

**ABSTRACT:** The goal of this paper is to study the structural change in the Andalusian economy during the period 2000-2005 using social accounting matrices. Although there are several methods, the causative matrix approach has been used to analyze the above mentioned change. The study has been done using a matrix with 26 productive sectors and three endogenous accounts, labor income, capital income and private consumption. The results show that changes vary from one to another sector and cause of these may be due to influence of own sector, of rest of the sectors or of both.

**JEL Classification:** D57, D58, C67.

**Keywords:** social accounting matrix, causative matrix, output multipliers.

---

El primer autor agradece la financiación recibida de los proyectos MICINN-ECO2009-11857 y SGR2009-5781 y SEJ479. Las opiniones, posturas y puntos de vista son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los de la Comisión Europea.

\* European Commission (JRC-IPTS) y Universidad Pablo de Olavide.

\*\* Universidad de Sevilla.

*Recibido: 8 de marzo de 2010 / Aceptado: 31 de enero de 2011.*

## 1. Introducción

El uso de las Matrices de Contabilidad Social (*Social Accounting Matrix* o SAM), iniciado por Stone y Brown (1962), se ha extendido a una amplia variedad de campos. Uno de ellos ha sido el análisis del cambio estructural. Dado que en una SAM está recogida toda la información económica y social de una región, los cambios existentes entre dos matrices a lo largo del tiempo nos indican los cambios que se han producido en su estructura económica. Sin embargo, no existe un consenso amplio sobre cómo hay que medir e interpretar esos cambios. Entre los distintos métodos para medirlos nos encontramos el método biproporcional considerado por Mesnard (1990) o el enfoque de la matriz causal donde la metodología e interpretación se pueden ver en Rogerson y Plane (1984) y Jackson *et al.* (1990), aunque usado con anterioridad por Lipstein (1968) en el campo del marketing. Este método podría considerarse un enfoque alternativo a la detección de sectores claves propuesto por Rasmussen (1956) o al método de extracción de Dietzenbacher, van der Linden y Steenge (1993).

En el presente trabajo se ha empleado el segundo de los métodos considerados para analizar el cambio estructural que ha tenido lugar en la economía andaluza entre los años 2000 y 2005. Para ello se han utilizado los multiplicadores extendidos obtenidos a partir de la SAM, dado que éstos, a diferencia de los multiplicadores simples obtenidos a partir del modelo de Leontief, no sólo reflejan las relaciones existentes entre los sectores productivos de la economía, sino también las interacciones entre ellos y otros agentes económicos, recogiendo dicha información al endogenizar las cuentas de los agentes implicados. Esta matriz instrumental permite observar no sólo los efectos directos e indirectos que la demanda final ejerce sobre los multiplicadores de output, sino también los efectos inducidos.

La información estadística que ha sido utilizada son las Matrices de Contabilidad Social de Andalucía para los años 2000 (SAMAND00) y 2005 (SAMAND05) de Cardenete, Fuentes y Polo (2010) y Cardenete y Fuentes (2009), respectivamente, y el marco *input-output* de Andalucía para los años 2000 y 2005 elaborado por el Instituto de Estadística de Andalucía.

El trabajo ha sido estructurado como sigue. En el apartado 2 se refleja el modelo que ha sido utilizado; en el apartado 3 se muestran los resultados obtenidos con la endogenización de las cuentas de trabajo, capital y consumo; y, por último, el apartado 4 está dedicado a las conclusiones.

## 2. La metodología

El enfoque de la matriz causal se encuentra descrito en Jackson *et al.* (1990). Se trata de encontrar una matriz  $C$  que transforme una matriz de transición en otra. Esta matriz podría ser la matriz de coeficientes técnicos o la matriz inversa de Leon-

tief. El uso de la matriz de coeficientes técnicos puede dar lugar a la aparición de matrices singulares, con lo que se tendría una matriz no invertible. Éste es el caso de la SAM, donde los elementos de las columnas trabajo y capital son nulos salvo uno. El uso de la matriz inversa de Leontief y su estandarización corrige este inconveniente, dando lugar a una matriz no singular necesaria para el cálculo de la matriz causal.

Sean  $A^t$  y  $A^{t+1}$  las matrices inversas de Leontief para los dos periodos de tiempo considerados para evaluar el cambio estructural. Si se divide cada uno de sus elementos por el total de su columna respectiva, se obtiene así el impacto proporcional de la demanda final de cada sector sobre la producción de cada uno de los sectores. Usando el álgebra de matrices:

$$B^{t+1} = A^{t+1} \cdot M^{t+1} \quad \text{y} \quad B^t = A^t \cdot M^t \quad (1)$$

donde  $M$  es una matriz diagonal en la que sus elementos  $m_{jj}$  son iguales a la suma de los elementos de la columna  $j$  de la matriz  $A$ . La matriz inversa de Leontief estandarizada queda representada por  $B$ .

La transformación de  $B^t$  en  $B^{t+1}$  vendría dada por la siguiente expresión:

$$B^{t+1} = C \cdot B^t \quad (2)$$

Este modelo puede especificarse como:

$$b_{ij}^{t+1} = \sum_k c_{ik} b_{kj}^t \quad (3)$$

donde cada elemento de  $B^{t+1}$  es una combinación lineal de los elementos de  $B^t$ .

La matriz  $C$  puede calcularse, por tanto, como:

$$C = B^{t+1} \cdot (B^t)^{-1} \quad (4)$$

siendo  $C$  la matriz causal por la izquierda que explica el cambio entre las dos matrices  $B^t$  y  $B^{t+1}$ . Si no ha tenido lugar cambio estructural alguno, las dos matrices serán iguales y, por tanto, esta matriz debe compararse con la matriz identidad. Cuanto mayor sea la variación de los elementos de  $C$  respecto de la matriz identidad, mayores serán los cambios estructurales acaecidos en la economía entre los dos periodos de tiempo considerados. El elemento  $c_{ik}$  refleja la influencia del sector  $k$  sobre  $i$  a través de los impactos que dicho elemento ejerce sobre los multiplicadores de producción del sector  $j$ . Un valor de  $c_{ik}$  positivo (negativo) implica un aumento (disminución) de la contribución del sector  $k$  sobre los multiplicadores de output del sector  $j$ . Los elementos de esta matriz instrumental nos permiten observar los efectos directos que la demanda final de los sectores ejerce sobre los multiplicadores de output, así como los indirectos.

La suma de los elementos de cada fila de **C** ha de ser comparada con 1. Un valor mayor que la unidad implicaría que el sector considerado ha visto incrementada su contribución como suministrador de inputs; un valor menor que la unidad reflejaría su pérdida de importancia relativa en este papel de suministrador.

### 3. Análisis empírico

El método de la matriz causal ha sido aplicado para conocer los cambios estructurales acontecidos en la economía andaluza entre los años 2000 y 2005. Para ello han sido empleadas las SAMAND00 y SAMAND05. Se trata de dos matrices de 36 x 36, donde se muestran los 26 sectores productivos en que se ha dividido la economía andaluza, dos factores productivos (trabajo y capital), el consumo de las familias y del sector público, la formación bruta de capital correspondiente a las empresas, el sector exterior y cuatro cuentas más, las cotizaciones sociales que pagan los empleadores y las que pagan los empleados, los impuestos indirectos netos de subvenciones y el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF).

Tras obtener la matriz causal por la izquierda, en la tabla 1 se muestran los resultados distribuidos en tres columnas: la primera refleja el elemento diagonal de cada una de las filas de la matriz causal; la segunda muestra la suma de los elementos no pertenecientes a la diagonal principal de cada fila, y en la tercera aparece la suma total de los elementos de cada fila.

**Tabla 1.** Cuadro-resumen de la matriz causal

<i>Sectores</i>	<i>Elemento diagonal</i>	<i>Suma resto elementos de la fila</i>	<i>Suma fila</i>
21. Construcción	1,071	0,185	1,256
22. Comercio	1,003	0,224	1,227
24. Otros servicios	0,976	0,211	1,187
5. Resto extractivas	1,134	0,036	1,170
17. Vehículos	1,131	-0,017	1,114
14. Metalurgia	1,271	-0,165	1,106
10. Alimentación	1,097	0,003	1,100
6. Refino de petróleo	1,097	-0,004	1,093
15. Elaborados metálicos	1,025	0,057	1,082
9. Agua	1,072	0,007	1,079
8. Gas	0,926	0,113	1,039
2. Ganadería	1,047	-0,009	1,037
18. Materiales de construcción	1,068	-0,032	1,036

Sectores	Elemento diagonal	Suma resto elementos de la fila	Suma fila
11. Textil y piel	1,043	-0,022	1,022
20. Otras manufacturas	0,968	0,047	1,014
13. Químicas	1,093	-0,080	1,013
3. Pesca	0,994	-0,002	0,992
25. Servicios destinados a la venta	1,107	-0,142	0,964
26. Servicios no destinados a la venta	0,932	-0,001	0,931
12. Elaborados de madera	0,963	-0,048	0,914
16. Maquinaria	0,999	-0,102	0,897
1. Agricultura	0,998	-0,103	0,895
7. Electricidad	0,898	-0,020	0,878
23. Transporte y Comunicaciones	0,954	-0,126	0,827
19. Elementos de transporte	0,760	-0,006	0,754
4. Extracción de productos energéticos	1,202	-0,503	0,698

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMAND00 y SAMAND05.

Si nos fijamos en la última de las columnas, los sectores están ordenados en sentido decreciente. Todo valor mayor que la unidad significa que dicho sector ha pasado, en este periodo de tiempo, a tener una mayor importancia como suministrador de inputs al conjunto de los sectores; un valor menor que la unidad nos indica una pérdida de importancia en dicho aspecto. Como podemos apreciar, los sectores que han ganado importancia como suministradores de inputs, destacando sobre el resto, son el sector de la construcción (21), el del comercio (22) y otros servicios (23)<sup>1</sup>. Sin embargo, podemos ver que existen diferencias entre estos sectores al observar la primera y segunda columna. La primera de ellas refleja el impacto que la demanda final del sector tiene sobre el propio sector; la segunda de las columnas, formada por la suma de los elementos de cada fila de la matriz causal fuera de la diagonal principal, refleja la importancia que el resto de los sectores tienen en el fomento del sector considerado. Así, por ejemplo, los impactos de la demanda final de la construcción ejerce un impacto positivo en el conjunto de los multiplicadores de *output*, tanto del resto de sectores como del propio sector. Una gran parte de los impactos que la demanda final de la construcción tiene sobre el conjunto de los sectores son cada vez más interiorizados en el propio sector, como indica el elemento diagonal correspondiente (1,071). Sin embargo, la mayor importancia de otros servicios como suministrador de inputs se debe al efecto que tiene la demanda final del resto de sectores, ya que el efecto de éste sobre él mismo ha disminuido, como se refleja en el elemento de la diagonal menor que la unidad (0,976).

<sup>1</sup> El sector otros servicios incluye, entre otros, la intermediación financiera y los seguros y planes de pensiones.

Si analizamos los elementos de la matriz causal correspondiente al sector de la construcción, vemos que de los 29 elementos, 19 son positivos<sup>2</sup>. De los elementos restantes, tan sólo es significativo el sector agrícola, cuyo impacto en el sector de la construcción ha sido negativo. Esto es, es la demanda final de estos 19 sectores la que contribuye a que el sector de la construcción sea el que se ha convertido en el que más importancia tiene como suministrador de *input* en la economía andaluza. De éstos, es la propia construcción, elementos de transporte y elaborados metálicos quienes inciden de manera más determinante en la importancia creciente del sector.

En el otro extremo nos encontramos con aquellos sectores que han visto disminuir su contribución como suministradores de *inputs*. Es el caso de la extracción de productos energéticos (4), los elementos de transporte (19) y el transporte y las comunicaciones (23). En todos los casos se puede observar la disminución del impacto que dichos sectores tienen sobre los multiplicadores de producción del resto de los sectores, indicada por los valores negativos de la segunda columna. También en ellos, salvo la extracción de productos energéticos, el valor del elemento diagonal es menor que uno, indicando una menor importancia del mismo sobre los multiplicadores de output del propio sector. El caso del sector extractivo, los impactos de la demanda final sobre el resto de los sectores son menores, pero su importancia en el mismo sector no ha disminuido, sino que se ha incrementado (1,202).

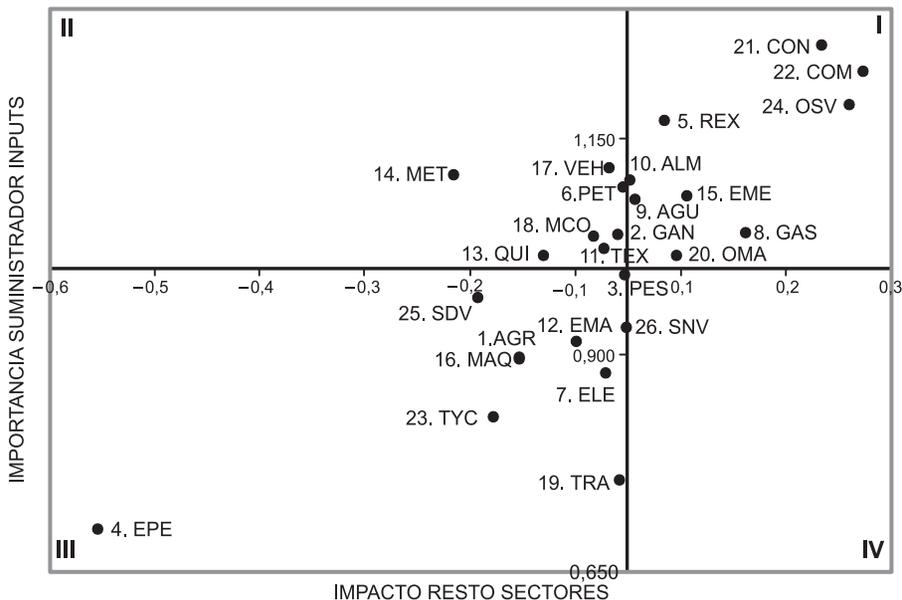
Si miramos los elementos de la matriz causal correspondientes a la fila del sector extractivo vemos que la importante disminución se debe a la menor importancia que la demanda final del sector de refino de petróleo y del sector gasístico tiene sobre el sector extractivo.

Los cambios estructurales que han tenido lugar en la economía andaluza puestos de relieve por el análisis de la matriz causal se pueden ver de una forma gráfica en la figura 1. En ella se representan los sectores económicos atendiendo a dos variables: el eje de abscisas tiene en cuenta los impactos que la demanda final de cada uno de los sectores tienen sobre el propio sector; y en el eje de ordenadas se representa la importancia que dicho sector ha pasado a tener como suministrador de *inputs*. Aunque en función de los valores que toman nos podemos encontrar con cuatro grupos, los sectores económicos se concentran en dos: el **grupo I**, donde los sectores tienen una importancia mayor como suministradores de *inputs* y, además, los impactos que provoca la demanda final de estos sectores se interiorizan más dentro del propio sector, como es el caso del comercio (22), la construcción (21), resto de extractivas (5), metalurgia (14), vehículos (17), etc., y el **grupo III**, que tiene un comportamiento contrario al anterior, esto es, el sector tiene una importancia cada vez menor como suministrador de *inputs* y los impactos de la demanda interna de dichos sectores tienen una influencia menor dentro del propio sector, como ocurre en el sector de elementos de transporte (19), servicios no destinados a la venta (26), eléctrico (7) y transportes y comunicaciones (23). El **grupo II** nos indica aquellos sectores que aun teniendo una mayor importancia como suministradores de *inputs*, el impacto de la demanda final del sector sobre el mismo se ha visto disminuido, como es el caso de los secto-

<sup>2</sup> Nota de los autores: Si se desea obtener las matrices causales se pueden solicitar, vía e-mail.



**Figura 2.** Tipos de cambios estructurales en relación con el impacto que provoca la demanda final del resto de sectores



Fuente: Elaboración propia.

Existe un grupo de sectores, como es el caso de la Pesca (3), donde no se han producido cambios significativos, como lo indica su proximidad a la intersección de los ejes en ambas figuras.

#### 4. Conclusiones

Aunque no existe un consenso amplio sobre cómo hay que medir e interpretar esos cambios, el método de la matriz causal parece ser un instrumento adecuado, a la vez que sencillo, para esta finalidad. La comparación de ésta con la matriz identidad nos permite determinar los sectores que han ganado o perdido importancia como suministradores de inputs.

En el caso de la economía andaluza entre los años 2000 y 2005, los sectores económicos que han ganado importancia, de manera destacada, como ha sido la construcción, el comercio, otros servicios y resto de extractivas. En el lado opuesto nos encontramos con la extracción de productos energéticos, elementos de transporte, transporte y comunicaciones, electricidad o agricultura, que han visto cómo su importancia como suministradores de *inputs* ha disminuido.

## Bibliografía

- Cardenete, M. A., y Fuentes, P. (2009): «Una estimación de la matriz de contabilidad social de Andalucía de 2005 a precios de adquisición», *Comunicación 3.<sup>as</sup> Jornadas Españolas de Análisis Input-Output*, Albacete, 30 de septiembre-2 octubre.
- Cardenete, M. A.; Fuentes, P., y Polo, C. (2010): «Análisis de sectores clave a partir de la matriz de contabilidad social de Andalucía para el año 2000», *Revista de Estudios Regionales*, 88, 15-44.
- De Mesnard, L. (1990): «Biproportional Method for Analysing Interindustry Dynamics: the Case of France», *Economic Systems Research*, 2 (3), 271-293.
- Dietzenbacher, E.; Van der Linden, J. A., y Steenge, A. (1993): «The Regional Extraction Method: EC Input-Output Comparisons», *Economic Systems Research*, 5, 185-206.
- Jackson, R. W., Rogerson, P.; Plane, D., y Huallachain, B. O. (1990): «A Causative Matrix Approach to Interpreting Structural Change», *Economic Systems Research*, 2 (3), 259-269.
- Lipstein, B. (1968): «Test marketing: a perturbation in the market place», *Management Science*, 14 (8), 437-448.
- Rasmussen, P. (1956): «Studies in Inter-Sectorial relations», Einar Harks, Copenhagen.
- Rogerson, P., y Plane, D. (1984): «Modeling temporal change in flow matrices», *Papers of the Regional Science Association*, 54, 147-164.
- Stone, R. (1962): *A social accounting matrix for 1960. A programme for growth*, Chapman and Hall, London.