

ANTONIO MORILLAS (\*)

## Una aplicación de la teoría de grafos al análisis estructural de la economía andaluza

---

### 1. INTRODUCCION

La aplicación de la teoría de grafos al análisis económico no es ciertamente una novedad al menos fuera de nuestro país, y tampoco lo es, en particular, su utilización en el análisis regional. En concreto, se ha constatado el gran interés que tal enfoque tiene para el análisis estructural de los modelos económicos (1).

Los estudios en este campo, en un primer momento cualitativos por basarse exclusivamente en *grafos orientados o digrafos*, se vieron fortalecidos gracias a la adaptación de los *grafos de transferencia* al estudio de los sistemas de intercambios, (realizada fundamentalmente en el Instituto de Matemáticas Económicas de Dijon (Francia), bajo la dirección de C. Ponsard (2). De esta forma se abría la posibilidad de complementar los cálculos cuantitativos con la visión *topológica* característica de la teoría de grafos.

El objeto de este trabajo es efectuar una aplicación de cierto aspecto de la mencionada teoría al análisis de la estructura productiva andaluza, poniendo de manifiesto la disposición interna de sus elementos (sectores productivos), destacando sus relaciones de casualidad y cuantificando mediante unos índices apropiados sus poderes de atracción relativos. Tratándose de un trabajo de

---

(\*) Profesor del Departamento de Estadística y Econometría. Universidad de Málaga.

(1) Véase, por ejemplo, Warfield (18), Gilli (4) y Rossier (15). Este tema, con aplicación al modelo de Leontief, ha sido objeto de la Tesis Doctoral del autor de este trabajo.

(2) Véase, Ponsard (14), por citar una colección de trabajos representativos.

carácter aplicado, puesto que se toma la teoría de grafos como herramienta de trabajo, se evitará en lo posible el lenguaje propio de tal teoría y la formalización rigurosa de los conceptos necesariamente utilizados (comenzando por la propia definición de grafo) que, por lo demás, pueden consultarse, por el lector no familiarizado con ellos, en cualquier manual sobre el tema (3).

## 2. PLANTEAMIENTO TEORICO

Podemos imaginar que el sistema productivo está compuesto por un conjunto de núcleos o polos (sectores) y un conjunto de relaciones que ligan esos núcleos formando el entramado productivo. Esta visión idealizada de la realidad económica puede asociarse al concepto de grafo lineal que no es sino, en forma simple, la representación mediante un conjunto de puntos y segmentos de las relaciones existentes entre los distintos elementos de un conjunto. En nuestro caso los sectores económicos formarán el conjunto de los polos y las relaciones entre los mismos serán los arcos del grafo.

Ciertos métodos que intentan poner en evidencia las relaciones productivas predominantes en una economía, así como su estructura jerarquizada, mediante la utilización directa, más o menos transformada, de la matriz interindustrial de una tabla input-output (TIO), como la triangulación (4), no tienen en cuenta las relaciones de tipo indirecto entre sectores ni cuantifican la relevancia concreta de cada sector respecto a los demás estableciendo una relación de orden total entre ellos (5).

C. Berge (3; p. 171) resuelve el problema de la identificación del "caudillo" o líder y nos hace ver cómo no siempre el elemento (sector) más influyente de forma directa es el *auténticamente dominante*.

---

(3) Véase, por ejemplo, Berge (3), Roy (16) y Harary (15).

(4) Véase, Aujac (1), Helmstäedter (6), Korte y Oberhofer (8), Simpson y Tsukui (17). Una consideración crítica de estos métodos así como su aplicación a las economías andaluza, vasca y española, para analizar un análisis comparativo de sus estructuras productivas puede verse en Morillas (11) y un resumen de los resultados en Morillas (12).

(5) Por esto han sido justamente llamados métodos de "minimización de errores". Véase, entre otros, Lantner (9; p. 164).

En la solución del problema del "caudillo" juega un papel fundamental el concepto de matriz asociada a un grafo, en el que no entraremos en este momento. En nuestro estudio, tal matriz la vamos a identificar con la matriz D de coeficientes de distribución de la producción regional de una tabla input-output (6). Trabajaremos, por tanto, con un grafo *valuado*.

Su elemento genérico,  $d_{ij}$ , representará, por tanto, las ventas directas del sector  $i$  al sector  $j$  en relación al output total del sector  $j$ , vista por fila. Las compras directas del sector  $j$  del bien producido por el sector  $i$  en proporción a la producción total de este sector, visto por columna.

Estos elementos son, por tanto, un índice de dependencia del sector  $i$  respecto a las compras de su producción efectuadas por el sector  $j$  (filas) o del sector  $j$  respecto a la producción ofrecida por el sector  $i$  (columnas) (7).

Así, pues, definimos la matriz asociada a nuestro grafo como (8),

$$D = \hat{x}^{-1}X \quad (1)$$

y su elemento genérico como,

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$$

(6) Como se sabe, el sistema de ecuaciones en base a la matriz D expresa las relaciones de *influencia relativa*, es decir,

$$\hat{x}^{-1}\Delta x = (I-D)^{-1}\hat{x}^{-1}\Delta y$$

que para dos sectores  $i, j$  será:

$$\frac{\Delta x_i}{x_i} = D_{ij} \frac{\Delta y_j}{x_j}$$

puediendo considerarse, por tanto, los elementos  $D_{ij}$  de  $(I-D)^{-1}$  como elasticidades.

(7) Lantner (10) habla de la influencia estratégica por la demanda o por la oferta, respectivamente.

(8) En lo sucesivo, las letras minúsculas representan vectores columna. El símbolo de transposición de un vector o matriz será  $'$ . Por otro lado,  $i$  y  $o$  designan, respectivamente, el vector unidad y el vector nulo. Las letras mayúsculas son matrices.  $\hat{x}$

siendo,

D: Matriz de coeficientes de distribución

x: Vector de outputs totales

X: Matriz de flujos interindustriales

Las relaciones indirectas que tienen en cuenta la interdependencia global de todos los polos de un grafo formulado matricialmente vienen dadas por las potencias sucesivas de su matriz asociada:  $D^2$  para caminos de longitud 2,  $D^3$  para caminos de longitud 3, ...  $D^n$  para caminos de longitud n, llamándose por ello *matriz de caminos* en el caso de que  $d_{ij}$  sólo pudiera tomar los valores 0 y 1 (existencia o no de un camino entre i y j).

Recordemos, por ejemplo, que el elemento genérico de  $D^2$ ,  $d_{ij}^{(2)} = \sum_k d_{ik} d_{kj}$ , nos dirá las ventas, en términos relativos, del sector i al sector j, por medio de los n sectores de la economía, a través de caminos de longitud 2. Por tanto, las relaciones directas e indirectas entre sectores, a través de caminos de longitud n, vendrán dadas por la matriz de medidas de atracción M, tal que (9):

$$M = D + D^2 + D^3 + \dots + D^n = \sum_{k=1}^n D^k \quad (2)$$

Tal como hemos definido D, la suma de sus filas son siempre positivas, siéndolo cada uno de sus elementos, e inferiores a la unidad, por lo que D es convergente y tiende a cero cuando n tiende a infinito.

Una forma de cálculo más cómoda es partir del desarrollo en serie de potencias de la inversa en la forma siguiente:

$$D + D^2 + D^3 + \dots = D(I + D + D^2 + \dots) \quad (3)$$

y, por tanto,

$$M = D(I - D)^{-1} \quad (4)$$

---

representa una matriz diagonal cuyos elementos no nulos son, en ese orden, los del vector x. Para representar escalares utilizaremos letras del alfabeto griego.

(9) Al venir dada la influencia directa a lo largo de un camino por el producto de las valoraciones de sus arcos, véase Lantner (9; p. 133-135), los elementos  $m_{ij}$  de M serán un índice de la interacción global existente entre los sectores i y j.

Puesto que  $D$  es, en definitiva, una matriz de medidas de atracción directa, la matriz  $M$  nos da los efectos directos e indirectos del tal atracción y sus elementos  $m_{ij}$  representan el total de efectos entre  $i$  y  $j$ , teniendo en cuenta todas las posibles relaciones intermedias con todos los demás sectores.

Por tanto, la suma por columnas de  $M$  ( $c = M'1$ ) será el vector ( $c$ ) de *índices sectoriales de atracción global por compras* y si sumamos por filas ( $v = M1$ ) obtendremos unos *índices sectoriales de atracción global por ventas* ( $v$ ).

Estos vectores permiten una jerarquización de los sectores productivos según su poder de atracción global por compras o por ventas.

Para establecer una jerarquía entre sectores y representar la estructura productiva evitando la existencia de circuitos en el grafo han de imponerse las siguientes condiciones (10):

1. Un sector será *independiente* (polo) si sus flujos de primer y segundo orden (primer y segundo máximo) están dirigidos hacia sectores con menor atracción global.

2. Se dice que un sector  $j$  está *subordinado* al sector  $i$  si el flujo máximo o el flujo secundario de  $j$  está dirigido hacia  $i$ , teniendo este sector  $i$  una atracción global superior a la de  $j$ .

3. Como consecuencia de las dos primeras condiciones, un sector no puede estar subordinado a otro de menor atracción global.

Para la obtención de la jerarquía sectorial en forma de grafo, por tanto, basta con realizar los siguientes pasos (para el grafo de los sectores vendedores) (11):

1. Ordenación de los sectores según sus índices de atracción global por compras ( $c$ ).

(10) Véase, Pizzorno (13) para un estudio similar sobre migraciones. Como se sabe tal objetivo podría obtenerse, aunque con otras connotaciones, mediante el cálculo del grafo reducido según sus componentes fuertemente conexas.

(11) Seguimos en este punto un sistema de representación similar al utilizado en Baranzini (2; p. 226).

2. Búsqueda de los flujos primario ( $m_{kiM}$ ) y secundario ( $m_{kiS}$ ) de las ventas de cada sector  $i$ .

3. Si los índices de atracción global de los sectores  $j_M$  y  $j_S$  son menores que los del sector  $i$ , entonces éste último es independiente (polo). Es decir,

$$\left. \begin{array}{l} C_i > C_{j_M} \\ C_i > C_{j_S} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{i es un polo}$$

4. Si  $m_{kj} = m_{ki}$  con  $c_i > c_k$ , entonces el sector  $k$  estará subordinado al  $i$  por sus ventas.

5. Si existe un sector  $k$  cuyo flujo secundario ( $m_{kjs} \geq \min m_{ijM}$ ) y siempre que se respeten los vínculos de subordinación, entonces  $k$  también está subordinado a  $j$  por sus ventas.

### 3. POLOS DE ATRACCION EN LA ECONOMIA ANDALUZA (12)

En las tablas 1 y 2 se recogen las jerarquías sectoriales por ventas y compras según los índices de atracción. Los sectores con mayor poder de atracción por sus ventas al resto de la economía son los de "Minas y Canteras" y "Electricidad", sobre todo, seguidos de "Química básica", "Materiales de construcción" y "Agropecuaria". Es, pues, en estos cinco sectores donde descansa la economía regional y de donde se proveen, directa o indirectamente, los demás sectores productivos, de tal forma que su producción es absolutamente necesaria para el funcionamiento del sistema económico de la región.

(12) La desagregación efectuada en los sectores "Química básica" y "Agua, gas y electricidad" de la tabla original de la economía andaluza ha sido hecha por

Tabla 1  
 JERARQUIA DE SECTORES  
 SEGUN LA ATRACCION GLOBAL DE SUS VENTAS

Rango	Sector	Indice de atracción	Indice relativo de concentración sectorial
1	3. Minas y canteras	1,261	44
2	23. Electricidad	1,119	42
3	15. Química básica	0,849	72
4	17. Materiales de construcción	0,809	100
5	1. Agropecuario	0,618	41
6	14. Papel y edición	0,596	54
7	26. Transportes	0,582	37
8	24. Refino de petróleo	0,542	27
9	8. Harineras y piensos	0,446	73
10	16. Otras químicas	0,344	24
11	13. Madera y corcho	0,330	53
12	27. Servicios	0,297	29
13	22. Gas	0,241	64
14	9. Azucareras	0,218	54
15	18. Metálicas básicas	0,172	62
16	4. Cárnicas	0,168	75
17	19. Transformados metálicos	0,167	40
18	11. Alcoholes y bebidas	0,166	94
19	2. Pesca	0,145	72
20	5. Lácteos	0,140	66
21	21. Otras manufacturas	0,117	67
22	10. Otras alimentarias	0,088	77
23	12. Textiles y calzado	0,074	51
24	25. Construcción	0,071	58
25	7. Aceites y grasas	0,037	46
26	6. Conserveras	0,020	74
27	20. Maquinaria	0,012	49
	Media	0,357	
	Coefficiente de variación	92,8%	

(\*) Coeficiente de variación mayor = 100. El coeficiente de variación por filas, como se sabe, nos mide la dispersión de las ventas de un sector entre los restantes en unidades de la media de ventas en ese sector. Hemos expresado los coeficientes de variación como números índices con objeto de dar una idea precisa de la mayor o menor difusión de los efectos de un sector en el conjunto de la economía, siendo 100 el índice que nos dice cuál es el sector cuyos efectos están más localizados (concentrados) en determinados sectores.

La jerarquía según el índice de atracción global por las compras está mucho más polarizada, como indica su alto coeficiente de variación, en tres sectores concretos, cuyos índices destacan fuertemente sobre los demás. Se trata de los sectores "Servicios", "Agropecuario" y "Construcción". Ellos son, por tanto, los que tienen mayor capacidad global para transmitir los impulsos de su actividad productiva mediante las compras efectuadas al resto de la economía, si bien la construcción presenta un alto grado de concentración de sus efectos.

Conviene precisar que, lógicamente, los resultados obtenidos siempre dependerán del nivel de agregación y la división sectorial utilizados. Por ejemplo, el hecho de que los sectores agroalimentarios estén bastante detallados hace que pierda importancia relativa la industria alimentaria. Aún así, podemos observar en la tabla 2 cómo los sectores "Alcoholes y bebidas", "Aceites y grasas" "Harineras y piensos" y "Otras alimentarias" se encuentran entre los diez primeros sectores con mayor índice de atracción global por sus compras.

El grafo de los sectores vendedores (Gráfico 1) nos muestra la existencia de tres polos de atracción de primer orden (sectores independientes por sus ventas) que son el 27 (Servicios), 1 (Agropecuario), 7 (Aceite y grasas) y, ya de segundo orden, el 25 (Construcción).

Son sectores, por tanto, cuyas producciones se dirigen esencialmente a la demanda final (consumo y exportación los primeros, formación bruta de capital la construcción) y no sirven apenas como inputs de otros sectores.

No obstante, desde el punto de vista opuesto, podemos deducir que los sectores Servicios, Agropecuario y Construcción tienen un gran poder de atracción por sus compras, muy por encima de los demás sectores como vimos anteriormente en la tabla 2. La representación esquematizada de las relaciones de compras de estos sectores puede verse en el Gráfico 1.

Observamos en este Gráfico 1 que son cuatro los caminos fundamentales por donde se transmite la dependencia sectorial vía ventas:

1. El camino que tiene como sector polo (dominante) al sector "Servicios" (27) y como sectores subordinados a éste por sus ventas, los agroalimentarios.

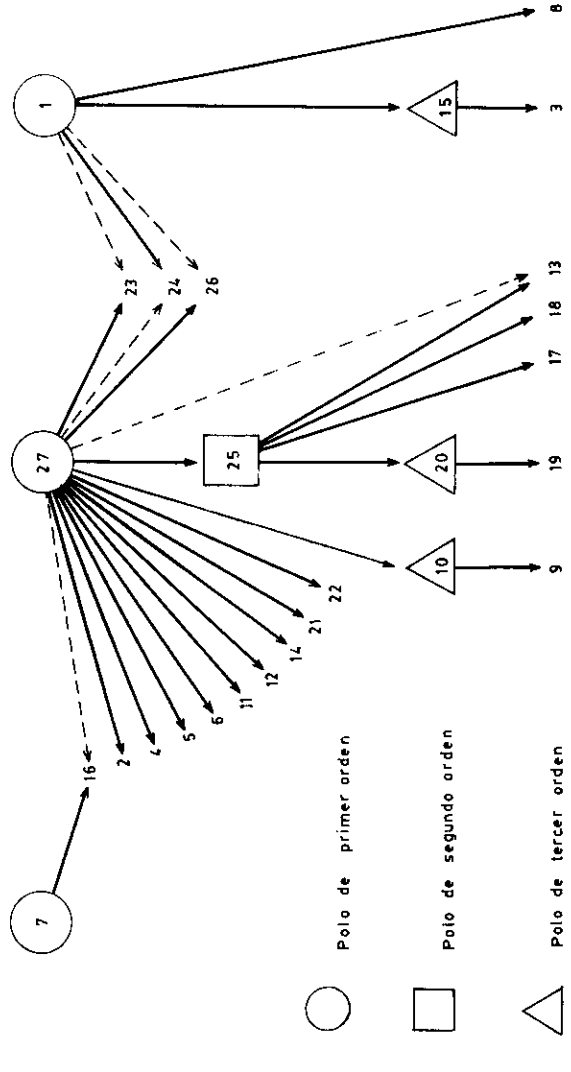


Tabla 2  
 JERARQUIA DE SECTORES  
 SEGUN LA ATRACCION GLOBAL DE SUS COMPRAS

Rango	Sector	Indice de atracción	Indice relativo de concentración sectorial
1	27. Servicios	1,899	31
2	1. Agropecuario	1,509	50
3	25. Construcción	1,288	70
4	15. Química Básica	0,598	78
5	11. Alcoholes y Bebidas	0,532	34
6	7. Aceites y grasas	0,514	45
7	8. Harineras y piensos	0,388	38
8	18. Metálicas Básicas	0,363	100
9	10. Otras alimentarias	0,291	39
10	20. Maquinaria	0,271	35
11	6. Conserveras	0,219	30
12	26. Transportes	0,189	55
13	17. Materiales de construcción	0,173	59
14	9. Azucareras	0,167	41
15	4. Cárnicas	0,164	52
16	12. Textiles y calzado	0,139	30
17	19. Transformados metálicos	0,136	38
18	3. Minas y canteras	0,132	65
19	2. Pesca	0,124	56
20	23. Electricidad	0,110	61
21	13. Madera y corcho	0,086	34
22	14. Papel y edición	0,086	34
23	24. Refino de petróleo	0,070	69
24	16. Otras químicas	0,064	38
25	5. Lácteas	0,052	40
26	22. Gas	0,045	90
27	21. Otras manufacturas	0,021	34
	Media	0,316	
	Coefficiente de variación	134,1%	

(\*) Coeficiente de variación mayor = 100

ANDALUCIA : Grato de los sectores vendedores y sus polos de atracción.



- Polo de primer orden
- Polo de segundo orden
- △ Polo de tercer orden
- 8 ← 1 : 8 está subordinado a 1, por sus ventas
- ↑ : Relación principal
- ⋯ : " secundaria

2. El camino formado por el sector Agropecuario (1) como polo comprador, la Química básica (15) como sector transformador y el sector vendedor Minas y canteras (3).

3. El formado por la Construcción (25), como sector polarizador de los sectores Maquinaria (20), Transformados metálicos (19), Metálicas básicas (18) y Materiales de Construcción (17).

4. Finalmente, existen unos caminos comunes para los dos principales polos (Servicios (27) y Agricultura (1) que acuden a los sectores energéticos (Electricidad (23) y Derivados del petróleo (24) y al Transporte (26) como inputs fundamentales de su estructura de costes.

El Gráfico 2 nos muestra el grafo de los sectores compradores. En él los sectores polos serán sectores independientes por sus compras y de gran poder de atracción por ventas. Esto quiere decir que para realizar su función productiva no necesitan de otros sectores regionales y, por tanto, sus componentes de costes más importantes serán el valor añadido o las importaciones.

Los polos dominantes por sus ventas son los sectores Minas y canteras (3), Electricidad (23) y Transportes (26).

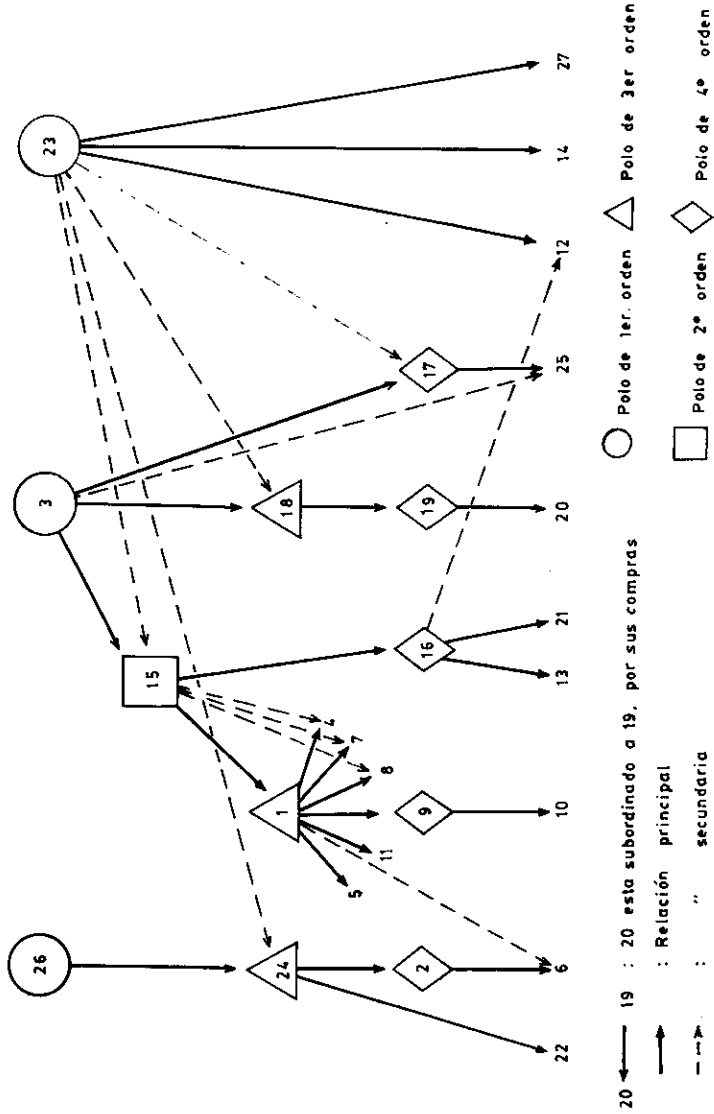
Este grafo de los sectores compradores tiene como camino (13) más importante, por el volumen de relaciones e importancia económica de los sectores que comprende el que teniendo como sector polarizador al de Minas y Canteras (3), contiene a la Química Básica (15) como polo de segundo orden, que a su vez polariza dos sectores de gran relevancia: la Agricultura (1) con su complejo agroalimentario (sectores 4 al 11) de sectores compradores y el sector "Otras químicas" (16) que satisface las compras de los sectores "Madera y corcho" (13) y "Otras manufacturas" (21).

Observemos que, efectivamente, el grafo nos muestra, como comentábamos en páginas anteriores, la gran transcendencia conjunta de los sectores agroalimentarios, pues son realmente los máximos compradores conjuntos del sector Agropecuario (1), formado con él y la química (15) lo que se ha venido en llamar el *complejo agroindustrial* (14).

(13) Podríamos hablar del *subgrafo* encabezado por el sector Minas y Canteras (3).

(14) En realidad no es muy precisa la definición que suele darse de este término. Véase, de Juan (7).

ANDALUCÍA : Grafo de los sectores compradores y sus polos de atracción.



Los otros dos sectores independientes por sus compras son Electricidad (23) y Transporte (26). Subrayemos la gran importancia estratégica como sector de base del sector 23 (Electricidad), pues, sus clientes, aunque utilizando de su producción como input secundario de sus estructuras de costes, son a su vez polos de atracción de orden inferior: Química básica (15), Derivados del petróleo (24), Metálicas básicas (18) y Materiales de construcción (17).

Por otra parte, podemos constatar algunas cadenas comunes, es decir, la existencia de interdependencias relevantes entre algunos sectores (15):

— Transformados metálicos (19) depende de Maquinaria (20) por sus ventas y, a su vez, éste depende de aquél por sus compras.

— Azucareras (9) depende de Otras alimentarias (10) por sus ventas y viceversa.

— Electricidad (23) depende de Servicios (27) por sus ventas y viceversa. Conviene subrayar en este punto cómo curiosamente el sector Servicios es el principal consumidor de Electricidad, siguiéndole en importancia la Agricultura. Esto es, sin duda, una expresión clara de la escasa actividad industrial de base existente en la región.

— Construcción (25) depende de Servicios (27) por sus ventas y viceversa.

— Harineras y piensos (8) depende del Agropecuario (1) por sus ventas y viceversa.

— Finalmente, el circuito más largo es el formado por Minas y canteras (3) dependiente por sus ventas de Química básica y éste, a su vez, del sector Agropecuario (1) y viceversa: la Agricultura depende por sus compras de la Química que a su vez está subordinada por sus compras a Minas y Canteras.

A modo de resumen, podemos decir que hay dos polos básicos por sus relaciones de ventas: Minas y canteras (3) y Electri-

(15) Evidentemente el lector versado en el tema comprenderá que estos circuitos pueden calcularse con mayor rigor como componentes fuertemente conexas.

ciudad (23), y tres sectores polos por la importancia de sus compras: Servicios (27), Agropecuario (1) y Construcción (25). Por otro lado, el circuito económico más relevante es el formado por la agricultura, industrias agroalimentarias y productos químicos con sus materias primas básicas.

Si además se introduce como factor a tener en cuenta la mayor o menor concentración de las relaciones de cada sector con los demás y estableciendo como criterios de selección un índice de atracción y un índice de difusión (inverso del índice relativo de concentración sectorial) de sus efectos superiores a sus respectivos valores medios, los sectores que cumplen tales requisitos son los expuestos en la tabla 3.

Tabla 3  
SECTORES CON INDICES DE ATRACCION Y DE  
DIFUSION SUPERIORES A LA MEDIA.

Via ventas	Vía compras
Minas y canteras	Servicios
Electricidad	Agropecuario
Agropecuario	Alcoholes y bebidas
Transportes	Aceites y grasas
Refino de petróleo	Harinas y piensos

Conviene hacer notar la desaparición como sector relevante de la Construcción al establecer los criterios de selección apuntados. Lógicamente, el motivo, por el lado de las ventas, se debe al carácter de este sector cuya producción va en gran medida destinada a la demanda final (formación bruta de capital) y, por el lado de las compras, a la elevada concentración de sus relaciones en los sectores de "Materiales de construcción" y "Minas y canteras".

Los sectores recogidos en la tabla 3 son, en definitiva, los más interesantes si se pretende incidir no sólo en el volumen de la producción regional, sino también, en conseguir una *difusión global* de las acciones más generalizada. Naturalmente, *siempre que la estructura actual de la producción se considere idónea*, cuestión en la que no procede entrar aquí.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Aujac, H.: "La hierarchie des industries dans un tableau des échanges interindustriels". *Revue Economique*, n° 2, 1960, pp. 169-238.
- (2) Baranzini, E.: "*L'analyse des modèles d'entrées-sorties en économie. Problèmes de méthodes et pratiques opératoires*". Ed. Peter Lang, Berne, 1978.
- (3) Berge, C.: "*Teoría de las redes y sus aplicaciones*". C.E.C.S.A., 1962.
- (4) Gilli, M.: "*Etude et analyse des structures causales dans les modèles économiques*". Ed. Peter Lang, Berne, 1979.
- (5) Harary, R.-Norman, R.Z. Cartwright, D.: "*Structural models. An introduction to the theory of directed graphs*". Wiley, New York, 1966.
- (6) Helmstäedter, E.: "The hierarchical structure of interindustry transactions", en *International comparisons of interindustry data*, New York, United Nations, 1969, pp. 231-244.
- (7) de Juan Fenollar, R.: "Las relaciones agricultura/industria: la agroindustria en España", *Boletín de Estudios Económicos*, n° 102, Dic. 1977, pp. 835-852.
- (8) Korte, B. y Oberhofer, W.: "Triangularizing input-output matrices and the structure of production", *European Economic Review*, vol. 2, n° 4, 1971, pp. 493-522.
- (9) Lantner, R.: "*Théorie de la dominance économique*". Dunod, París, 1974.
- (10) Lantner, R.: "A propos de phénomènes de pouvoir: une analyse de la structure des relations entre groupes industriels". *Economie Appliquée*, n° 2, 1976, pp. 297-317.
- (11) Morillas, A.: "*Dependencia sectorial, especialización y desarticulación regional: un estudio comparativo*". Tesis de Licenciatura, Junio de 1978.
- (12) Morillas, A.: "Análisis de la especialización y desarticulación de una economía regional mediante la triangulación de la matriz interindustrial. Un estudio comparativo del caso andaluz", *Estudio de Economías e Historia*, n° 1, 1981, pp. 83-126.
- (13) Pizzorno, A.: "Una applicazione della teoria dei grafi all'analisi territoriale". en *Archivio di studi urbani e regionali*, Anno I, n° 2, Junio 1968, pp. 21-27.
- (14) Ponsard, C. (ed.): "*Graphes de transfert et analyse économique*", Ed. Sirey, París, 1972.
- (15) Rossier, E.: "*Economie structurale*". Economica, París, 1980.
- (16) Roy, B.: "*Algebre moderne et theorie des graphes*" Dunod, París, 1970, 2 volúmenes.
- (17) Simpson, D. y Tsukui, J.: "The fundamental structure of input-output tables, an international comparison", en *The Review of Economic and Statistics*, vol. XLVII, n° 4, Nov. 1965, pp. 434-457.
- (18) Warfield, J.: "*Societal systems: planning, policy and complexity*". John Wiley, New York, 1976.

## RESUMEN

En este trabajo se propone un método basado en la teoría de grafos para realizar un análisis estructural de una economía dada, tomando como información la matriz de transacciones intersectoriales de su tabla input-output.

Analizando el *grafo de influencia relativa* asociado a dicha tabla se pueden estudiar las relaciones de "dominación-dependencia" existentes entre los diferentes sectores productivos en su doble vertiente de compras y ventas, consiguiendo a la vez una visión estructural del comportamiento conjunto de tales relaciones.

Este método tiene la particularidad de establecer una jerarquía sectorial que tiene en cuenta las relaciones *indirectas* entre sectores, cuestión no contemplada en los métodos más usuales de triangulación, en base a unas medidas *relativas* de atracción que, al hacer abstracción del peso *individual* de cada sector en la economía, da una visión auténticamente estructural de sus relaciones intersectoriales. Finalmente se hace una aplicación a la economía andaluza.

## RESUME

Dans ce travail l'auteur propose une méthode basée dans la théorie de graphiques pour réaliser une analyse structurale d'une économie donnée, employant comme information basique la matrice des transactions entre secteurs de sa table "input-output".

Analysant le *graphique d'influence relative* associé à cette table, on peut étudier les relations "domination-dépendance" qui existent entre les secteurs productifs dans leur aspects d'achats et ventes, obtenant à la fois une vision structurale du comportement conjoint de ces relations.

Cette méthode a la particularité d'établir une hiérarchie sectoriale qui tient compte des relations *indirectes* entre secteurs, ce qui n'était pas considéré dans les méthodes plus usuelles de triangulation, sur la base de quelques mesures *relatives* d'attraction qui, en faisant abstraction du poids *individuel* de chaque secteur dans l'économie, nous donne une vision authentiquement structurale de ses relations entre secteurs. Finalement, on en fait une application à l'économie d'Andalucía.

## SUMMARY

In this work it is proposed a method based on the graphic theory in order to make a structural analysis of any given economy, using as basic information the matrix of intersectorial transactions of its input-output table.

When analysing the *graphic of relative influence* associated with the above-mentioned table, one can study the "domination-dependence" relationships



existing between the various productive sectors, both in their buying and selling aspect, achieving at the same time a structural vision of the joint behaviour of these relationships.

This method also has the characteristic of establishing a sectorial hierarchy which takes into account the *indirect* relationships between sectors, which were not considered in the more usual triangulation methods, on the basis of *relative* measures of attraction which, when making abstraction of the *individual* weight of each sector in the economy, yield an authentically structural vision of its intersectorial relationships. Finally, all this is applied to the Andalusian economy.

