

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE GRAFOS AL ESTUDIO DE LOS CAMBIOS EN LAS RELACIONES INTERSECTORIALES DE LA ECONOMÍA ANDALUZA EN LA DÉCADA DE LOS 80.

Antonio MORILLAS

Dto. Estadística y Econometría
Universidad de Málaga

(Publicado en: **Tablas input-output y cuentas regionales**. Instituto de Estadística de Andalucía, 1995)

1.-Introducción.

Por la gran cantidad de estudios realizados al respecto, es poco probable que pueda haber grandes novedades metodológicos, o asombrosos descubrimientos, en el estudio de la estructura de relaciones intersectoriales de la economía andaluza. A lo largo de las páginas de que consta este trabajo, por tanto, no debe esperarse otra cosa que la exposición breve, y lo más accesible posible, de una técnica no muy empleada en el análisis de las relaciones intersectoriales de una economía a través de su tabla input-output.

Sin embargo, es nuestro objetivo cumplir con el deseo expresado por el Instituto de Estadística de Andalucía, de que la presente monografía sobre tablas input-output constituya un lugar de referencia para futuros estudiosos de ambos temas: análisis input-output y economía de Andalucía. En tal sentido, trataremos de hacer una exposición pedagógica del método empleado (teoría de grafos) y de las conclusiones que se pueden extraer de su aplicación.

En este último aspecto, hay que subrayar que la comparación que efectuaremos de las tablas input-output de Andalucía, correspondientes a 1.980 y 1.990, debe ser cuestionada en tanto en cuanto, además de los lógicos errores referentes a la elaboración de estadísticas tan exhaustivas y con tan escasa información fiable, no hay una estricta comparabilidad metodológica (a veces ni siquiera aproximada) ni, lamentablemente, una posible homogeneidad de las magnitudes en términos reales, debido al efecto de los cambios en los precios relativos y en la estructura de la producción final de los diferentes sectores productivos. Es evidente que esto no afectará gravemente a las aplicaciones que haremos de carácter cualitativo, pero será inevitable poner entre paréntesis los resultados obtenidos para el

caso del grafo de influencia (arcos valuados con los coeficientes), a pesar de las consideraciones que haremos en su momento para evitar el efecto de los precios.

En cualquier caso, hay que decir que, entre una y otra tabla, hay un gran número de relaciones que han desaparecido o que han surgido de nuevo. El origen de tales cambios es difícil de precisar. Es más, hay ocasiones en que, incluso, parece difícil encontrar una explicación diferente a la simple elaboración estadística. Otras veces, como en el sector de Administración, es debida a una evidente concepción metodológica distinta. Finalmente, digamos que nos hemos limitado a utilizar la agregación a 56 sectores comparables suministrada por el IEA para 1980 y 1990, sin que con esto se quiera justificar las posibles deficiencias del análisis por la no estricta homogeneidad de ambas estadísticas.

2.-Algunos conceptos de la teoría de grafos.¹

Nuestro interés, en este epígrafe, se va a centrar en los llamados grafos orientados, y es en este contexto en el que definiremos, en la forma más sencilla e intuitiva posible, el concepto de grafo. Así, diremos que un grafo, $G=(X,U)$, está definido por dos conjuntos:

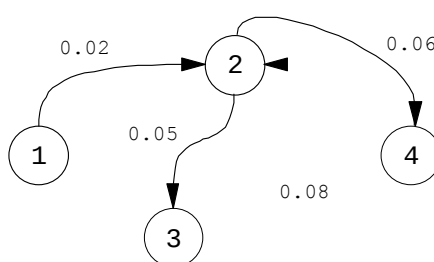
- un conjunto X , finito, formado por n elementos que se suelen llamar *vértices*, *nodos* o *polos* (sectores, en nuestro caso).
- un conjunto U , cuyos elementos son los arcos que pueden definirse entre los elementos de X , que para el caso de los grafos orientados que vamos a tratar, será una parte del producto cartesiano $X \times X$; es decir, $U \subseteq X^2$. La orientación del arco indica el sentido de las relaciones existentes entre los elementos de X (relaciones de compra o venta entre sectores, en nuestro caso).

Si dos vértices, x_i y x_j , están relacionados de tal forma que podemos escribir que $x_j \in f(x_i)$, siendo f una aplicación de X en X ,

¹Algunas obras clásicas, de interés para el estudio de la teoría de grafos son: Berge(1962), Harary, Norman y Cartwright(1968), Roy(1970), Kaufmann(1976) y Ore(1962 y 1970). Un resumen de los aspectos más relevantes de esta teoría, útiles para el análisis de modelos económicos, especialmente el de Leontief, puede verse en Morillas(1983a, cap.1).

existirá una línea orientada que unirá ambos vértices a la que llamaremos *arco*. Un arco, por tanto, se puede definir como el par (x_i, x_j) , con $x_j \in f(x_i)$. Por ejemplo, la figura 1 muestra un grafo con cuatro vértices y tan solo cuatro arcos de los dieciséis posibles, si se consideran los bucles. Hay que decir que un vértice puede estar relacionado consigo mismo (propiedad reflexiva). En tal caso, al arco se le suele llamar *bucle*.

Figura 1



Para el arco (x_1, x_2) , valuado con 0,02, se dice que x_1 es su *extremidad inicial* y x_2 su *extremidad final*. Los vértices 1 y 2 se dice que son *adyacentes* porque existe un arco que los une.

Llamaremos *semigrado exterior* de un vértice al número de arcos que tienen como extremidad inicial a dicho vértice. Por ejemplo, el semigrado exterior del vértice 1 es uno, mientras que el vértice 2 tiene de semigrado exterior un valor igual a dos. Normalmente, se le designa en la forma $d^+(x_i)$. Cuando $d^+(x_i) = 0$, se dice que x_i es un vértice *pozo*. El vértice 4 de nuestro ejemplo es, por tanto, un vértice pozo.

El *semigrado interior* del vértice x_i es el número de arcos cuya extremidad final es x_i . Le llamaremos $d^-(x_i)$. Si su valor es cero, pero no lo es su semigrado exterior, diremos que el vértice correspondiente es un vértice *fuentes*. El número 1 de nuestro ejemplo es, por tanto, un vértice fuente.

La suma de los dos semigrados, número de arcos que tienen como extremidad final o inicial el vértice en cuestión, será su *grado*

$[d(x)=d^+(x_i)+d^-(x_i)]$. Si éste es cero, el vértice será *aislado*. Por otro lado, si el producto de los semigrados es uno, $d^+(x_i).d^-(x_i)=1$, el vértice x_i será un *transmisor*. En nuestro ejemplo, no hay ningún vértice aislado y el número 3 es transmisor.

Otro concepto interesante es el de *camino*, que es, simplemente, una secuencia de arcos tal que la extremidad final de cada arco coincida con la inicial del arco siguiente. La *longitud* de un camino es el número de arcos que lo forman. En nuestro ejemplo, entre los vértices 1 y 4, hay un camino de longitud 2, simbolizado por la expresión (x_1, x_2, x_4) , y otro de longitud 4, el $(x_1, x_2, x_3, x_2, x_4)$. El primero se dice *elemental*, porque no pasa dos veces por el mismo vértice. Hay otras clasificaciones del concepto camino que no vamos a tratar aquí. Digamos solamente que una *pista* de x_i a x_j es un camino de longitud mínima entre esos vértices. En nuestro ejemplo, el camino (x_1, x_2, x_4) es una pista, pues es el que tiene la menor longitud de entre todos los caminos que unen los vértices x_1 y x_2 . A esta longitud mínima, generalmente denominada como $e(x_i, x_j)$, se le llama *distancia* de x_i a x_j . Ambos conceptos, el de camino y el de distancia, serán fundamentales en muchas de las aplicaciones que haremos posteriormente.

3.-Matrices asociadas a un grafo orientado.

Para el caso de los grafos orientados o *digrafos*, hay un conjunto de matrices asociadas que son de gran interés. En primer lugar, la *matriz de incidencia*, o matriz booleana asociada al grafo, $A(D)$, que es una matriz cuadrada de orden n (número de vértices del grafo) cuyos elementos son tales que, para el grafo $D=(X, U)$,

$$a_{ij}=1, \text{ sii } (x_i, x_j)=u_{ij} \in U \quad \text{y} \quad a_{ij}=0, \text{ sii } (x_i, x_j)=u_{ij} \notin U$$

A partir de esta sencilla matriz, pueden obtenerse otras de enorme interés para el análisis de las relaciones subyacentes en la estructura representada por el grafo. En el ejemplo que seguimos, la matriz de incidencia, por tanto, sería:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

El cálculo de los semigrados y el grado total es inmediato a partir de esta matriz, ya que $d^+(x_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ y $d^-(x_i) = \sum_{j=1}^n a_{ji}$. Por tanto, el semigrado exterior del vértice 2 sería dos (suma de la fila 2), igual que su semigrado interior (suma de la columna 2). Su semigrado total, en definitiva, sería cuatro.

La primera matriz importante derivada de la de incidencia es la *matriz de caminos*. Esta matriz da información acerca de la existencia, en su caso, de, al menos, un camino entre dos vértices cualesquiera. Si este camino existe entre los vértices x_i y x_j , se dirá que x_j es *accesible* a x_i . De ahí, el empleo en terminología anglosajona del término *matriz de accesibilidad* para definir dicha matriz. Como se sabe, el concepto de accesibilidad, ya sea técnica o geográfica, tiene gran interés en ciencia regional².

Si definimos el conjunto de todos los vértices descendientes de x_i , es decir, lo que se llama su *cierre transitivo* y le denominamos $\hat{f}(x_i)$, tendríamos que $\hat{f}(x_i) = \{x_i \cup f(x_i) \cup f^2(x_i) \cup \dots\}$. La matriz de caminos, $R(D)$, es una matriz de elementos r_{ij} tal que,

$$\begin{aligned} r_{ij} &= 1, & \text{sii } x_j \in \hat{f}(x_i) \\ r_{ij} &= 0, & \text{sii } x_j \notin \hat{f}(x_i) \end{aligned}$$

Se supone que cada vértice es su propio descendiente, por lo que los elementos de la diagonal principal son todos iguales a 1 ($r_{ii}=1$, para todo valor de i). En nuestro ejemplo, la matriz de caminos vendría dada por,

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

²Pueden verse, por ejemplo, algunas aplicaciones al respecto en *Cahiers du Centre: Economie, Espace, Environnement* (1977).

Los cuatro unos de la primera fila indican que el vértice 1 tiene acceso a todos los demás. El vértice 2 puede acceder al 3 y al 4, pero no al 1. Este último no puede acceder a ningún otro. Un algoritmo para el cálculo de la matriz de caminos puede verse, por ejemplo, en Harary, Norman y Cartwright(1968; pp. 126-127).

Otra matriz de importancia es la *matriz de conectividad*. Su objetivo es mostrar qué tipo de conexión existe entre dos vértices del grafo. Si existe algún camino sólo en una dirección, si los hay en ambas direcciones, formando, por tanto, un circuito al que pertenecen ambos vértices o, finalmente, si no están ligados en absoluto. Por tanto, se trata de una matriz cuadrada, de tamaño n , como es obvio, cuyos elementos c_{ij} se obtienen a partir de los de la matriz de caminos en la forma que sigue.

Si $r_{ij}=r_{ji}=1$, el grafo contiene un camino que va de x_i a x_j y otro que va de x_j a x_i . El conjunto de vértices del grafo que cumplen esta condición forman lo que se llama una *componente fuertemente conexa*. Están, por tanto, integrados en un circuito del grafo. Si todos los vértices del grafo presentan esta condición, de tal forma que todos ellos son mutuamente accesibles, se dice del grafo que es fuertemente conexo. Por convención, los vértices fuertemente conexos se identifican con un 3, haciendo $c_{ij}=r_{ij}+ r_{ji} + 1$, mientras que los llamados *simplemente conexos*, para los cuáles existe algún camino que los une, pero sólo en una dirección, lo hacen con un 2. En este caso, $r_{ij}+r_{ji}=1$, y $c_{ij}=2$. Por último, si no existe relación entre los vértices, se dice que son 0-conexos y se considera que $c_{ij}=0$.

En nuestro caso particular, la matriz de conectividad vendría dada por,

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

Como puede observarse, todos los vértices son, al menos, simplemente conexos y hay una componente fuertemente conexa, formada por los vértices 2 y 3.

Por último, veremos el concepto de *matriz de distancias*, que es fundamental para estudiar las propiedades de la estructura de relaciones de un grafo. Por medio de la misma, obtendremos información acerca de la distancia que separa a dos vértices cualesquiera del grafo. Se trata de una matriz cuadrada de orden n (vértices del grafo), cuyos elementos, e_{ij} representan las distancias entre los vértices x_i y x_j . Las propiedades de esta matriz, que llamaremos $E(D)$, son las siguientes:

1. Cualquiera que sea x_i , $e_{ii}=e(x_i, x_i)=0$. Es decir, los elementos de la diagonal principal de la matriz $E(D)$ son todos nulos.
2. Si $r_{ij}=0$, $e_{ij}=\infty$. Por tanto, si no existe el camino $(x_i, \dots, x_j)$, la distancia entre esos dos vértices se considera como infinito.
3. e_{ij} es, precisamente, la potencia mínima n a la que debe elevarse la matriz de incidencia, $A(D)$, para que $a_{ij}^{(n)} > 0$; dicho de otra forma, dado el empleo del álgebra booleana (existencia o ausencia de una relación), para que el elemento (i, j) de la n -ésima potencia de la matriz de incidencia sea igual a 1.

El concepto de distancia es importante para localizar la situación de un vértice dentro del entramado de relaciones de una estructura compleja; para determinar, por ejemplo, su *centralidad* o detectar si se trata de una localización *periférica*. Cuanto más céntrica sea la posición, menor será el número de arcos que hay que tomar para acceder a los demás vértices. En este contexto, se define el diámetro de un grafo fuertemente conexo como la longitud de la pista más larga:

$$d = \max_{x_i, x_j} e(x_i, x_j) = \max_{x_i, x_j} e_{ij}$$

En nuestro ejemplo, la matriz de distancias sería la siguiente:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 \\ \infty & 0 & 1 & 1 \\ \infty & 1 & 0 & 2 \\ \infty & \infty & \infty & 0 \end{bmatrix}$$

Como puede observarse, el diámetro del grafo es 2, tal y como cabía esperar, al ser 2 el número mínimo de arcos necesario para conectar los vértices más alejados del grafo. A partir de ésta matriz, pueden

realizarse análisis de gran interés en estructuras completamente interdependientes, tales como los llamados modelos topológicos de jerarquía, basados en los conceptos ya mencionados de *separación* y *centralidad*, que sirven para detectar qué vértices están en mejor posición dentro de la estructura para influir y/o ser influidos.

También se puede estudiar la interdependencia de un sistema productivo, asimilando el concepto de matriz de órdenes de dependencia propuesta por Yan y Ames(1965) a la matriz de distancias, cuestión que es evidente, puesto que sus elementos son valorados con un 1 si la relación entre dos sectores es directa, con un 2 si es por medio de otro sector, etc. . Reinterpretando esta función de Yan y Ames, propusimos unos *indicadores topológicos de interdependencia productiva*³, basados en la matriz de distancias. Este índice es una función inversa de la separación de los vértices del grafo: a mayor distancia entre ellos, la relación se hará más débil. Su formulación es la siguiente:

$$R = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{e_{ij}} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_i \sum_{\substack{j \\ e_{ij}=1}} \frac{1}{e_{ij}} + \frac{1}{n(n-1)} \sum_i \sum_{\substack{j \\ e_{ij} \neq 1}} \frac{1}{e_{ij}} = RD + RI$$

El valor máximo del índice es 1 y se dará cuando todos los vértices estén conectados directamente, puesto que, en tal caso, $e_{ij}=1$, para todo $i \neq j$. La estructura será completamente interdependiente. Su valor mínimo será cero y tendrá lugar si todos los vértices son aislados, en cuyo caso $e_{ij}=\infty$, para todo $i \neq j$. Podría decirse que la estructura no existe como tal, la interdependencia es nula. El índice se descompone en dos sumandos: el primero es un indicador de las relaciones directas y el segundo de las indirectas. Cuanto mayor sea el de relaciones directas, más fuertes serán los vínculos.

El concepto de *cohesión*⁴ es, también, de gran interés. El grado de cohesión de un vértice es una función creciente del número de veces que el vértice en cuestión sirve de etapa, de unión en el sentido del

³Véase, Morillas(1983).

⁴Véase, Rossier(1978). Una visión sintética de todos estos conceptos y su aplicación a una tabla input-output, puede verse en Morillas(1983).

camino más corto (pista), entre el resto de los vértices del grafo. Podemos conocer de esta forma cuáles son los vértices encargados de “estructurar” el conjunto de las relaciones de interdependencia existentes en el grafo. Por otro lado, la desaparición de tales vértices o de alguna de sus relaciones, puede dar lugar a la ruptura de la interdependencia en la estructura de relaciones. En este sentido, podría decirse que la *cohesión global* de una estructura es tanto más fuerte en cuanto más resistente es a la desaparición de un vértice y los arcos adyacentes al mismo. Es por esto que Rossier(1978; p.12) define el *grado de cohesión global*, c , de una estructura interdependiente como una función decreciente del grado de cohesión máximo, d_m , de entre los vértices del grafo:

$$c = \frac{1}{d_m}$$

en dónde d_m sería,

$$d_m = \text{Max}_{i=1,2,\dots,n} \{d_i\}$$

El valor de c está comprendido entre $0 < c \leq 1$, y por convención tendríamos que $c = \infty$ para un grafo de estructura completamente interdependiente.⁵

En nuestro ejemplo, el cálculo de los grados de cohesión arroja el siguiente resultado:

Vértice	Grado de cohesión
1	0
2	3
3	0
4	0

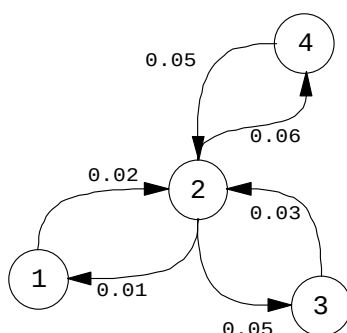
⁵Una estructura completamente interdependiente sería aquella cuyos vértices estuvieran, todos ellos, conectados mutuamente de forma directa. Todos los elementos de la matriz de incidencia serían igual a 1. Por tanto, ningún vértice haría necesariamente de etapa para poner en conexión otros dos vértices cualesquiera del grafo por el camino más corto. En tal caso, $d_i = 0$, para todo i , y $c = \infty$. Por el contrario, el grado de cohesión para un vértice será máximo cuando exista una sola variable etapa. Obviamente, la estructura sería *simplemente interdependiente*. No todos sus vértices estarían conectados directamente.

Por tanto, como cabía esperar de la simple inspección del gráfico de nuestro ejemplo (figura 1), sólo el vértice 2 sirve como etapa para conectar el resto de los vértices del grafo. Son tres las pistas que pasan por el mismo: (x_1, x_2, x_4) , (x_1, x_2, x_3, x_4) y (x_3, x_2, x_4) . Obsérvese que la supresión de éste vértice, haría que el resto quedaran totalmente desconectados entre sí.

Puede demostrarse que el grado de cohesión máximo que puede tener un vértice en una estructura interdependiente viene dado por $(n-1)(n-2)$. Este valor sólo se alcanza cuando únicamente un vértice sirve de etapa y mantiene relaciones de mutua conexión con el resto de los vértices (estructura de *tipo K*)⁶.

Aclaremos que el ejemplo que arrastramos no es una estructura interdependiente. De ahí que no se cumpla lo que acabamos de decir. A título de ejemplo, vamos a completar el grafo inicial con dos nuevos arcos, de tal forma que se convierta en fuertemente conexo (estructura interdependiente). Supongamos que el resultado es el de la figura 2.

Figura 2



Como puede observarse, este grafo es fuertemente conexo. Siempre podremos encontrar un camino entre dos vértices cualesquiera. Todos los elementos de su matriz de caminos serían, por tanto, iguales a 1. Sin embargo, el único vértice que es etapa en una pista entre otros

⁶Véase Rossier(1978; p.14).

dos cualesquiera es el 2. El cálculo de los grados de cohesión arroja el siguiente resultado:

Vértice	Grado de cohesión
1	0
2	6
3	0
4	0

Efectivamente, el único vértice que continua siendo etapa, auténtica encrucijada de caminos en la estructura de relaciones del grafo, es el número 2. Son seis, tal y como se esperaba, las pistas que lo cruzan $[(n-1)(n-2)=3.2=6]$. Dejamos en manos del lector la enumeración de las mismas. A pesar de la aparentemente fuerte interdependencia de este grafo, obsérvese que la supresión del vértice 2 hace estallar la estructura de relaciones y deja completamente aislados al resto de los vértices. Por otro lado, la supresión de alguna relación (arco) podría provocar que la estructura interdependiente pasara a ser recursiva por bloques o, incluso, lineal. Hacemos estos comenarios para poner de relieve el interés de este tipo de metodología en el análisis estructural, incluidos los modelos económicos a gran escala (entre ellos el input-output, por supuesto). Veamos seguidamente como se puede interpretar una tabla de relaciones intersectoriales en términos de un grafo *valuado* ⁷.

4.-Grafo asociado al modelo abierto de Leontief.

Los arcos de un grafo pueden valorarse de forma muy diversa. Desde la asignación de atributos o características no cuantitativas⁸, hasta probabilidades basadas en una matriz de transición de una cadena de Markov⁹, pasando por las numéricas basadas en un rango¹⁰, las cualitativas (0 y 1), para los digrafos o grafos orientados, vistos

⁷Existe la falsa opinión, probablemente por desconocimiento, de que esta metodología sólo se ciñe a análisis cualitativos de tablas input-output. Nada más lejos de la realidad, como veremos a continuación.

⁸Véase, por ejemplo, Harary, Norman y Cartwright(1969; pp.382-386).

⁹Véase, por ejemplo, Kreweras(1972; cap. 7). Una aplicación de este caso a una modelización del circuito keynesiano puede verse en Poulon(1980; pp. 371-409).

¹⁰Puede verse una aplicación en Fontela y Gabus(1974).

anteriormente, o las de los llamados grafos signados (+ y -), de gran importancia para el análisis económico cualitativo¹¹.

Una de las posibilidades es la valoración de los arcos con los coeficientes de un sistema de ecuaciones, dando lugar a un grafo valuado que refleja la estructura de las relaciones entre las variables del modelo estructural correspondiente.¹²

Continuando con la exposición sencilla que venimos haciendo, sin demasiada formalización, digamos que el paralelismo entre grafo y modelo se puede establecer considerando que existirá el arco (x_i, x_j) siempre que la variable x_i forme parte en una de las ecuaciones del modelo como variable explicativa (coeficiente no nulo) de la variable x_j . Es decir, si $H = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$, es el conjunto de las n ecuaciones del modelo que expresan la forma de la relación entre las variables, siendo X el conjunto de estas últimas, podemos establecer dos relaciones binarias:

1. $h_i \text{ P } x_j$ sii $\delta h_i / \delta x_j \neq 0$, es decir, si la variable x_j pertenece a la ecuación h_i .
2. $x_i \text{ R } x_j$ sii $\delta x_j / \delta x_i \neq 0$, es decir, si la variable x_i explica las variaciones de la x_j .

De esta forma, la representación de la estructura de un modelo lineal puede efectuarse, además de por su forma más convencional (sistema de ecuaciones o matriz de interacción)¹³, mediante el correspondiente grafo asociado.

Evidentemente, el modelo abierto de Leontief es un modelo lineal, determinista, en que la producción de los distintos bienes de una economía se asigna según el siguiente sistema de ecuaciones:

¹¹Véase, por ejemplo, Rossier(1980).

¹²Hace mucho tiempo que se vieron tales posibilidades en el análisis económico, tanto teórico como aplicado. Véase, por ejemplo, como Tinbergen(1940), Simon(1953) y Wold(1954) emplean esquemas flechados, similares a un grafo, para representar las relaciones de causalidad entre variables, y como Whittin(1954), señala expresamente las posibilidades de la teoría de grafos. Rosenblatt(1957), los utilizaría para formular las condiciones de equilibrio en modelos lineales.

¹³Véase, McLean y Shepherd(1976).

$$\mathbf{q} = \mathbf{Q}\mathbf{i} + \mathbf{f} \quad (1)$$

siendo,

$\mathbf{q}$ = vector (n.1) de las cantidades producidas.

$\mathbf{Q}$ = matriz (n.n) cuyo elemento q_{ij} indica el flujo físico del sector productivo i al j.

$\mathbf{f}$ = vector (n.1) de cantidades destinadas a la demanda final.

$\mathbf{i}$ = vector (n.1) cuyos elementos son todos 1.

En este contexto, se definen los *coeficientes técnicos de producción* como la cantidad mínima de i necesaria para producir una unidad de j; es decir,

$$a_{ij}^* = \frac{q_{ij}}{q_j}$$

Por tanto, la *matriz tecnológica* que describe las condiciones técnicas de la producción en una economía será:

$$\mathbf{A}^* = \mathbf{Q} \hat{\mathbf{q}}^{-1}$$

en dónde el acento circunflejo indica que el vector $\mathbf{q}$ se ha transformado en una matriz diagonal cuyos elementos son los de dicho vector.

De la expresión anterior, se obtiene el sistema de *ecuaciones estructurales*,

$$\mathbf{Q} = \mathbf{A}^* \hat{\mathbf{q}}$$

y, sustituyendo en la ecuación (1), podemos escribir :

$$\mathbf{q} = \mathbf{A}^* \hat{\mathbf{q}}\mathbf{i} + \mathbf{f} = \mathbf{A}^* \mathbf{q} + \mathbf{f}$$

o, bien,

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)\mathbf{q} = \mathbf{f} \quad (2)$$

Si la economía es *indescomponible*; es decir, $|\mathbf{A}^*| \neq 0$, y *productiva*; es decir, $\mathbf{i}'\mathbf{A}^* < \mathbf{i}$, el sistema (2) tiene una solución única y positiva, dada por la expresión:

$$\mathbf{q} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} \mathbf{f} ; \quad \mathbf{q} \geq \mathbf{0}, \forall \mathbf{f} \geq \mathbf{0} \quad (3)$$

Esta igualdad determina la lista de producciones necesaria para satisfacer un vector dado de demanda final. En realidad, puesto que tenemos que $\mathbf{q} = \mathbf{z} + \mathbf{f}$, siendo $\mathbf{z}$ el vector de producción intermedia, la solución real del modelo sería:

$$\mathbf{z} = \{(\mathbf{I} - \mathbf{A}^*)^{-1} - \mathbf{I}\} \mathbf{f}$$

ya que $\mathbf{z}$ es el vector verdaderamente desconocido.

Este modelo en cantidades físicas es el único que tendría una clara traducción teórica, representando las columnas de la matriz $\mathbf{A}^*$ un punto en la función de producción de la industria correspondiente. La suma sólo estaría permitida por filas (ecuaciones de asignación de la cantidad física de un bien al resto), ya que cada elemento de una columna vendría expresado en distintas unidades¹⁴. Lamentablemente, como es fácil de comprender, la información necesaria es prácticamente imposible de obtener. Por ésto, como alternativa práctica, hay que trabajar en *valores monetarios*, en términos de estructura de *costes* de cada industria (columnas) y de *distribución* del valor de su producción entre los consumos intermedios de las demás y la demanda final (filas). La introducción de los precios, $\mathbf{p}$, en el modelo, permite calcular el valor de la producción para un nivel dado de demanda final:

$$\hat{\mathbf{p}}\mathbf{q} = \hat{\mathbf{p}}\mathbf{Q}\mathbf{i} + \hat{\mathbf{p}}\mathbf{f}$$

o, bien,

$$\mathbf{x} = \mathbf{X}\mathbf{i} + \mathbf{y}$$

siendo,

¹⁴Véase, Dorfman, Samuelson y Solow (1972; p.223).

$\mathbf{x}$ = vector de producciones en valor.

$\mathbf{X}$ = matriz de transacciones interindustriales.

$\mathbf{y}$ = vector de demanda final en valor.

Por similitud con el caso del modelo en unidades físicas y suponiendo la constancia de los precios, podemos definir los *coeficientes de input* o de factores como,

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

por lo que $\mathbf{X} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}}$ y, siguiendo el mismo proceso que en el modelo en unidades físicas, se llega a una expresión similar:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} ; \quad \mathbf{x} \geq \mathbf{0} , \quad \forall \mathbf{y} \geq \mathbf{0}$$

Evidentemente, este sistema de ecuaciones se puede representar como un grafo¹⁵. Los vértices representativos de la demanda final son, por definición, vértices fuente (variables exógenas o predeterminadas) y son el origen de los impulsos (*estructura de impulsión*). Los representativos de las ramas o sectores productivos, conforman la *estructura de respuesta* a estos impulsos (variables endógenas); es decir, son receptores de aquellos impulsos, aunque también actúan, indirectamente, como transmisores por inducción, debido a las necesidades técnicas de la producción. A unos y otros, va asociada una magnitud económica: la demanda o la producción. Los impulsos y respuestas que ponen en relación estas magnitudes, definen la *influencia económica* dentro de la estructura.

Sin entrar en mayores formalidades, digamos que el grafo de influencia asociado al modelo abierto de Leontief se construye como sigue:

- Cada vértice del grafo representa una variable, que designaremos como i , para el sector productivo y como (i) , para su demanda final.

¹⁵Véase, por ejemplo, Lantner(1974), Ponsard(1969) o Gazon y Nihon(1976). Un resumen de estas ideas puede verse en Morillas(1983a).

- Para una ecuación determinada del modelo, expresado en sus ecuaciones de balance, $\mathbf{x}=\mathbf{Ax}+\mathbf{y}$, todo arco converge hacia el vértice asociado a la variable dependiente y viene valorado por el coeficiente de la variable independiente. Los arcos correspondientes a la demanda final, por tanto, se valoran con un 1.

Evidentemente, la expresión anterior no es la forma única de expresar el modelo. Dicho de otra manera, las valoraciones de los arcos de las variables endógenas van a depender del tipo de influencia que consideremos, de la matriz estructural utilizada, como veremos seguidamente.

5.-El concepto de influencia en el grafo asociado.

En el modelo abierto de Leontief puede hablarse de dos tipos de influencia: la influencia por las *cantidades* y la influencia por los *precios*. En realidad, la segunda es el problema dual de la primera. Nos limitaremos a exponer el concepto de *influencia por las cantidades*, que está en el origen del grafo de influencia de Lantner(1974; pp.68-75).

Suponiendo la constancia de los precios y bajo la hipótesis de demanda dominante, existirá la influencia del vértice-sector (i) sobre el vértice-sector j, siempre que una variación en la demanda final del sector i provoque una variación en la producción del sector j. La expresión general que expresa tal concepto será, por tanto,

$$\Delta \mathbf{x} = \mathbf{A} \Delta \mathbf{x} + \Delta \mathbf{y} \quad (4)$$

Existe la posibilidad de estudiar esta influencia en términos absolutos o en términos relativos. La *influencia absoluta*, $I_{(j) \rightarrow k}^G$, del vértice demandante (j) sobre el vértice productivo k, es la relación entre la variación absoluta inducida, Δx_k , en la producción del vértice k y la variación absoluta inicial, Δy_j , de la demanda del vértice fuente (j)¹⁶:

¹⁶Véase, Lantner(1974; p.68). El autor opina que el grafo de influencia en sentido estricto es el de la influencia relativa.

$$I_{(j) \rightarrow k}^G = \frac{\Delta x_k}{\Delta y_j}$$

Por otro lado, la *influencia relativa*, $i_{(j) \rightarrow k}^G$, del vértice demandante (j) sobre el vértice productivo k, será la relación entre la variación relativa inducida, $\Delta x_k/x_k$, en la producción del vértice k y la variación relativa inicial, $\Delta y_j/y_j$, de la demanda del vértice fuente (j):

$$i_{(j) \rightarrow k}^G = \frac{\Delta x_k / x_k}{\Delta y_j / y_j}$$

Obsérvese, por tanto, que el concepto de influencia relativa puede interpretarse como la *elasticidad* demanda-producción entre dos sectores productivos¹⁷.

La interpretación del concepto de influencia absoluta, se deduce cómodamente a partir de la ecuación básica del modelo abierto de Leontief, expresado en la ecuación (4):

$$\Delta \mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Delta \mathbf{y}$$

y, por tanto, tendremos que,

$$\Delta x_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \Delta y_j, \quad A_{ij} \in (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

Si suponemos $\Delta y_i = 0$, para todo $i \neq j$, tendremos que,

$$\Delta x_i = A_{ij} \Delta y_j$$

y, en definitiva, se deduce que,

$$I_{(j) \rightarrow k}^G = \frac{\Delta x_k}{\Delta y_j} = A_{ij}$$

¹⁷Véase, Mougeot, Duru y Auray (1977; pp.35-36).

Por tanto, el vértice demandante (j) ejerce una influencia absoluta sobre el polo productivo i siempre que $A_{ij} \neq 0$.

La interpretación del concepto de influencia relativa, se obtiene, también, a partir de la misma igualdad, previa definición de la matriz **D**, de *coeficientes de distribución* o de *asignación* de la producción. Su elemento genérico se define como $d_{ij} = x_{ij}/x_i$. Por tanto, tendremos que $\mathbf{A} = \hat{\mathbf{x}} \mathbf{D} \hat{\mathbf{x}}^{-1}$; es decir, $a_{ij} = d_{ij} \cdot (x_i/x_j)$.

A partir de (4), podemos escribir,

$$\Delta x_j = \sum_{i=1}^n a_{ji} \Delta x_i + \Delta y_j = \sum_{i=1}^n d_{ji} \frac{\Delta x_i}{x_i} x_j + \Delta y_j, \quad \text{y, por tanto,}$$

$$\frac{\Delta x_j}{x_j} = \sum_{i=1}^n d_{ji} \frac{\Delta x_i}{x_i} + \frac{\Delta y_j}{y_j} \cdot \frac{y_j}{x_j}$$

Si llamamos $\mathbf{e} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \mathbf{y}$, a la denominada *tasa de exportación fuera de la estructura* (vector de coeficientes de distribución correspondiente a la demanda final), la expresión anterior quedaría como,

$$\frac{\Delta x_j}{x_j} = \sum_{i=1}^n d_{ji} \frac{\Delta x_i}{x_i} + e_j \frac{\Delta y_j}{y_j}$$

Esta es la expresión final que da Lantner (1974; p72) para el grafo de influencia relativa. Si generalizamos a los n vértices (sectores), tendríamos que,

$$\hat{\mathbf{x}}^{-1} \Delta \mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \hat{\mathbf{e}} \hat{\mathbf{y}}^{-1} \Delta \mathbf{y} \quad (5)$$

y, teniendo en cuenta la definición de tasa de exportación que hicimos anteriormente, quedaría, en definitiva, que:

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

Mediante esta expresión, es posible calcular las variaciones relativas en la producción inducidas por variaciones relativas en la demanda final. Según la ecuación (5), se puede escribir que,

$$\frac{\Delta x_i}{x_i} = \sum_{j=1}^n D_{ij} e_j \frac{\Delta y_j}{y_j}$$

y, si suponemos $\Delta y_k=0$, para todo $k \neq j$, tendremos:

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

De aquí, es inmediato deducir que la influencia relativa total del vértice (j) sobre el vértice i, viene dada por:

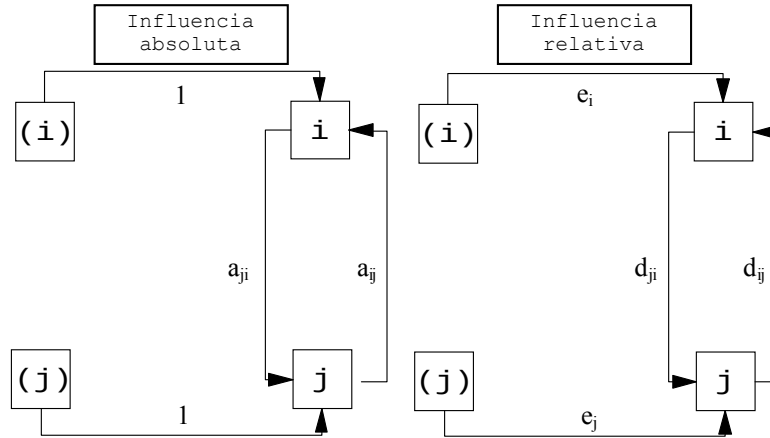
$$i_{(j) \rightarrow i}^G = \frac{\Delta x_i / x_i}{\Delta y_j / y_j} = D_{ij} e_j$$

Es decir, existirá una influencia relativa global del vértice demandante (j) sobre el polo productivo i, siempre que, siendo $e_j > 0$, $D_{ij} \neq 0$.

En definitiva, la representación del grafo de influencia absoluta y del grafo de influencia relativa, para una estructura bipolar, sin bucles, vendría dada por la figura 3.

La representación de una tabla input-output mediante cualquiera de estos grafos de influencia (absoluta o relativa), permite aplicar la teoría de grafos, tanto orientados como valuados, al análisis input-output. El paso de un tipo de influencia a otra es inmediato. Si se desea estudiar la influencia por la oferta, bastará con invertir la orientación de los arcos (principio de dualidad direccional) y si se quiere pasar de la absoluta a la relativa, por ejemplo, basta con recordar que $\mathbf{D} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \mathbf{A} \hat{\mathbf{x}}$.

Figura 3



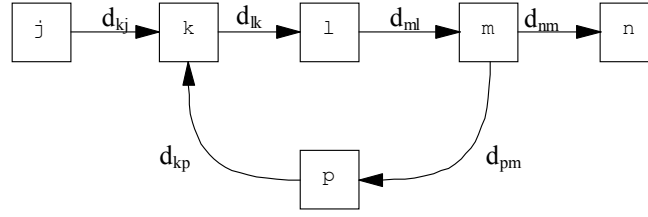
Una de las más interesantes posibilidades en este sentido es la investigación de la influencia transmitida a lo largo de un camino cualquiera del grafo. De esta forma, se puede obtener una *descomposición arborescente de los multiplicadores clásicos* del análisis input-output y obtener una visión cuantitativa y detallada, además de gráfica, de los senderos de la influencia dentro de una estructura productiva. Evidentemente, la importancia de este tipo de análisis para el apoyo de una política industrial adecuada es manifiesta.

Para el grafo de influencia relativa, al que seguiremos en adelante, puede demostrarse que la influencia *directa* que ejerce el sector j sobre el sector p , a lo largo de un camino λ , es igual al producto de las valoraciones de sus arcos (coeficientes de distribución):

$$i_{j \rightarrow p}^{D, \lambda} = d_{kj} d_{lk} \dots d_{pn}$$

Pero, obviamente, los circuitos juegan un papel importante, ya que generan efectos inducidos a tener en cuenta, por lo que a la influencia directa hay que sumarle tales efectos. Supongamos que tenemos el subgrafo de la figura 4 y que deseamos conocer la influencia total entre los vértices (sectores) j y n .

Figura 4



La influencia directa de j sobre n, a través del camino $\lambda=\{j,k,l,m,n\}$, vendrá dada por:

$$i_{j \rightarrow n}^{D,\lambda} = d_{kj} d_{lk} d_{ml} d_{nm}$$

Pero, para obtener la influencia total, hay que tener en cuenta el papel del circuito o componente fuertemente conexa $s=\{k,l,m,p\}$. La influencia que llega a m se transmite a p, que, a su vez, la devuelve al camino λ , por medio del vértice k. Este proceso de retroalimentación, se sucede hasta que desaparece la perturbación inicial¹⁸. La influencia total del vértice j sobre el vértice n, en definitiva, puede calcularse como sigue:

$$i_{j \rightarrow n}^{T,\lambda} = d_{kj} d_{lk} d_{ml} \left(1 + d_{pm} d_{kp} d_{lk} d_{ml} + \left(d_{pm} d_{kp} d_{lk} d_{ml} \right)^2 + \dots \right) + d_{nm}$$

Si al producto de las valoraciones de los arcos del circuito, generalmente llamado *ganancia*, le llamamos g, tendríamos que,

$$i_{j \rightarrow n}^{T,\lambda} = i_{j \rightarrow m}^{D,\lambda} (1 + g + g^2 + g^3 + \dots) = \frac{1}{1-g} i_{j \rightarrow m}^{D,\lambda}$$

puesto que $g < 1$ (como se ha dicho anteriormente, toda subestructura es estable en el modelo de Leontief).

Por tanto, podemos decir que $M_\lambda = 1/(1-g)$, es el *multiplicador* del camino λ , por lo que podemos escribir, finalmente, que,

$$i_{j \rightarrow n}^{T,\lambda} = i_{j \rightarrow m}^{D,\lambda} M_\lambda$$

¹⁸Como es obvio, dadas las propiedades de la matriz estructural del modelo de Leontief, este proceso es convergente.

Se puede demostrar, con razonamientos propios de la teoría de grafos, que este multiplicador es igual al cociente entre el determinante, Δ_λ , de la subestructura particular de los sectores que componen el camino y el llamado *determinante estructural*, Δ . O sea,

$$M_\lambda = \Delta_\lambda / \Delta$$

siendo $\Delta = |\mathbf{I} - \mathbf{A}| = |\mathbf{I} - \mathbf{D}|$ ¹⁹.

Lógicamente, puede haber más de un camino por donde circule la influencia de un vértice j sobre otro vértice k . En tal caso, se define la influencia *global* de j sobre k como la suma de las influencias totales que transitan por los c caminos *elementales* existentes:

$$I_{j \rightarrow k}^G = \sum_{i=1}^c I_{j \rightarrow k}^{T, \lambda_i}, \quad \text{para la influencia absoluta}$$

$$i_{j \rightarrow k}^G = \sum_{i=1}^c i_{j \rightarrow k}^{T, \lambda_i}, \quad \text{para la influencia relativa}$$

Por último, otra aplicación cuantitativa de interés es la interpretación económica del determinante estructural del modelo de Leontief, como una medida de la *difusión arborescente* de la influencia de los vértices representativos de la demanda final sobre la estructura productiva. Para ello, Lantner(1972 a), se basó en un teorema de Bott y Mayberry (1954) respecto al desarrollo de un determinante en función de las arborescencias de su grafo asociado²⁰.

En resumen, se trata de obtener unos indicadores de tres conceptos básicos en el estudio de una estructura: *autarquía*, *circularidad*

¹⁹Véase, para lo que acabamos de exponer, a Lantner(1974) y Gazon(1976).

²⁰Véase, también, a Gazon(1976; cap. VI) y Lantner(1974; pp.97-117). El primero de estos autores, puso de manifiesto la complejidad de una aproximación estructural cuantitativa en lo que vamos a exponer a continuación, puesto que es posible la existencia de estructuras cualitativamente muy diferentes con el mismo valor del determinante estructural. Un resumen y discusión de este tema puede verse en Morillas(1983a).

(interdependencia) y *triangularidad* (dependencia). Para ello se parte de las siguientes observaciones²¹:

1. Si β_{ii} son los elementos de la diagonal principal del determinante estructural (Δ), la diferencia $1 - \prod_{i=1}^n \beta_{ii}$ es una función creciente de las autarquías sectoriales (autoconsumos).

2. $\prod_{i=1}^n \beta_{ii}$ es un mayorante del determinante Δ , alcanzándose este valor en una estructura que no tenga ningún circuito de dos o más arcos. Este es el caso de un determinante "triangular", cuyo valor, como se sabe, es el producto de los elementos de la diagonal principal.

3. Todo circuito de dos o más arcos hace disminuir el valor del determinante Δ y aumentar, por tanto, el valor de la diferencia $\left(\prod_{i=1}^n \beta_{ii} - \Delta \right)$.

Esto quiere decir que la suma $\left(1 - \prod_{i=1}^n \beta_{ii} \right) + \left(\prod_{i=1}^n \beta_{ii} - \Delta \right)$ es tanto más grande en cuanto la triangularidad de la estructura es más imperfecta y su circularidad más perfecta. Por tanto, $(1 - \Delta)$, puede ser considerado como un indicador del *grado de circularidad*, c , poniéndolo en relación con su valor máximo, $(1 - \Delta_{\min})$; es decir,

$$c = \frac{1 - \Delta}{1 - \Delta_{\min}}$$

siendo $\Delta_{\min} = \prod_{i=1}^n e_i$, y recordando que e_i son las tasas de exportación fuera de la estructura.

El *grado de triangularidad*, t , será el complemento a 1 de c ; es decir,

$$t = 1 - c = \frac{\Delta - \Delta_{\min}}{1 - \Delta_{\min}}$$

²¹Véase, Lantner (1974; p.129).

De acuerdo con estas definiciones, la circularidad es perfecta para una estructura con autarquía completa de sus vértices (matriz diagonal), en cuyo caso, $e_i = \beta_{ii}$ y, por tanto, tendríamos que $c=1$ y $t=0$, y sería nula para una estructura triangular, por similar razonamiento ($c=0$ y $t=1$).

El grado de circularidad puede descomponerse, a su vez, en una *tasa de autarquía*, a , y una *tasa de interdependencia*, i , dadas por las siguientes expresiones:

$$a = \frac{1 - \prod_{i=1}^n \beta_{ii}}{1 - \Delta_{\min}} \quad \text{y} \quad i = \frac{\prod_{i=1}^n \beta_{ii} - \Delta}{1 - \Delta_{\min}}$$

La tasa de autarquía toma su valor máximo, 1, cuando hay autarquía perfecta de los vértices ($a=1$, $i=0$) y es nula ($a=0$, $i=1$), cuando la circularidad es sólo imputable a los caminos de longitud superior o igual a dos. Como puede comprobarse fácilmente, sin más que sumar las expresiones correspondientes, con igual denominador todas ellas, resulta que $a+i+t=1$.

Con estos indicadores, se puede tener una información acerca de la importancia relativa del grado de autarquía (a), de interdependencia (i), y de dependencia (t), de las relaciones intersectoriales definidas en una tabla input-output. En cualquier caso, como dijimos anteriormente, los resultados hay que tomarlos con las debidas precauciones, ya no sólo por determinadas críticas vertidas al respecto²², sino por los errores originados por su aplicación a matrices interindustriales no siempre lo suficientemente homogéneas, ni en su contenido ni en su proceso de realización.

²²Véase, Gazon (1976; pp. 242-246)

6.-Cambios en la estructura productiva andaluza, 1980-1990.

Antes de entrar en el análisis de resultados, es necesario aclarar las bases de las que se parte, única forma de que las conclusiones que se puedan extraer sean valoradas en sus justos términos. En primer lugar, digamos que hemos utilizado el grafo de influencia relativa. La matriz de coeficientes de distribución será, por tanto, el punto de partida de todos nuestros análisis. Las razones de esta elección son las siguientes:

- Para intensidades iguales de la influencia en el grafo de influencia absoluta (mismo coeficiente técnico), el efecto dimensión (de los sectores implicados) se manifiesta en el grafo de influencia relativa. Recuérdese que $d_{ij}=a_{ij}(x_j/x_i)$, así es que, para una misma influencia absoluta ($a_{ij}=a_{ji}$), d_{ij} será tanto mayor cuanto mayor sea x_j en relación a x_i : la influencia de j sobre i será mayor por serlo el volumen de producción del sector j . De esta forma, si el grafo de influencia tiene en cuenta el peso económico relativo de cada sector, resultará que el *efecto de dominación* viene provocado, esencialmente, por la posición o localización del sector en la estructura productiva.
- Un sector i influirá tanto más sobre un sector j si las compras que le hace representan un volumen importante de la producción de j (coeficiente de distribución) y no en la propia producción del sector i (criterio del coeficiente técnico), que podría representar muy poco en la producción total del sector j ²³.
- Los resultados en variaciones relativas o elasticidades, pueden ser con frecuencia más interesantes para la toma de decisiones económicas, que muchas veces se toman en términos de porcentajes o números índices.
- Por último, pero no lo menos importante, los coeficientes de distribución **no se ven afectados por los cambios en los precios relativos**. Si d^*_{ij} es el nuevo coeficiente, resultado de

²³El coeficiente técnico, por el contrario, podría medir, más bien, una influencia por las ventas. Véase, Huriot(1974; p.90).

posibles cambios en los precios, tendríamos que, en cualquier caso, $d^*_{ij} = (x_{ij}/x_i) (p_i/p_i) = d_{ij}$. Ciertamente, pueden verse influidos por variaciones relativas en los niveles sectoriales de producción. Sin embargo, parece ser que las proporciones en la distribución de las producciones sectoriales no se ven afectadas en mayor medida que los coeficientes técnicos²⁴.

El hecho de no disponer de unos índices de precios adecuados, mínimamente fiables, con la misma cobertura y suficientemente desagregados, para hacer comparables las tablas de 1980 y 1990, nos ha reforzado en esta elección. La agregación, evidentemente, no es neutra desde el punto de vista de las aplicaciones que vamos a desarrollar aquí y, por tanto, hemos preferido trabajar directamente con las tablas de 56 sectores facilitadas por el Instituto de Estadística de Andalucía.

6.1.-Una comparación primaria de las tablas a estudiar.

Antes de entrar en materia, hemos creído conveniente realizar una primera aproximación, meramente estadística, a la distribución de los coeficientes en 1980 y 1990. Pensamos que puede ser un paso necesario para calibrar la materia prima con la que vamos a trabajar y para comenzar a evaluar las primeras diferencias o cambios significativos.

Pero antes que nada, conviene llamar la atención sobre algo que se pondrá en evidencia en la tabla 1 y, con mayor detalle, en la tabla 2, presentada más adelante. Se trata de que la inmensa mayoría de los coeficientes son, prácticamente, despreciables. Hay abundante bibliografía²⁵ en la que se pone de relieve las distorsiones que puede provocar este hecho en los resultados, tanto cualitativos como cuantitativos, obtenidos del análisis de una tabla input-output. No debe perderse de vista que, aparte de su interés como estadística relativa a un momento determinado de la situación económica de un territorio, una tabla, como modelo económico, pretende describir la estructura de intercambios de bienes y servicios, diferenciando lo fundamental de lo accesorio o simplemente anecdótico.

²⁴Véase, por ejemplo, Augustinovics(1970).

²⁵Véase, entre otros, Lange(1964; p.190), Segura(1966; p.23), Paelink y otros(1966), Jilek(1971), Huriot(1974) o Morillas(1979).

Tabla 1

Clasificación de los coeficientes por categorías

Intervalos	Nº coeficientes		% acumulado	
	1980	1990	1980	1990
Menos de 0.01	2824	2816	91,7	91,4
0.01 a 0.05	184	195	97,7	97,8
0.05 a 0.10	35	38	98,8	99,0
0.10 y más	37	31	1,00	1,00

Las relaciones correspondientes a los coeficientes menores de 0.01 son considerados como propios de relaciones *muy débiles*. Para algunos de los autores señalados en la nota a pié de página anterior, tales coeficientes deben ser considerados como absolutamente despreciables. Evidentemente, que un sector compre menos del 1% de la producción de otro, puede catalogarse en el concepto de relación no fundamental, en el sentido que decíamos anteriormente. En el caso de la economía andaluza, suponen más del 91% del total de las relaciones de influencia relativa. Obsérvese, además, en la tabla 2, que la mayoría de tales coeficientes no alcanzan ni el 0.1%.

Los coeficientes entre el 1% y 5%, son considerados como representativos de relaciones débiles; los comprendidos entre el 5% y 10%, como medias y los mayores del 10%, finalmente, como relaciones fuertes. En el transcurso de la década de los 90, la clasificación que presentamos se ha mantenido relativamente estable. Hay, sin embargo, algo más de relaciones débiles y disminuyen en 6 las relaciones fuertes.

Unas distribuciones más desagregadas de los coeficientes de distribución de la producción regional según tamaño, se han recogido en la tabla 2. De una rápida visión a esta tabla, podría decirse que no parece haber grandes cambios en esta distribución por tamaños más detallada, aunque hay algunos aspectos de interés que vamos a comentar.

Tabla 2

Distribución de frecuencias para los d_{ij} de 1980 y 1990

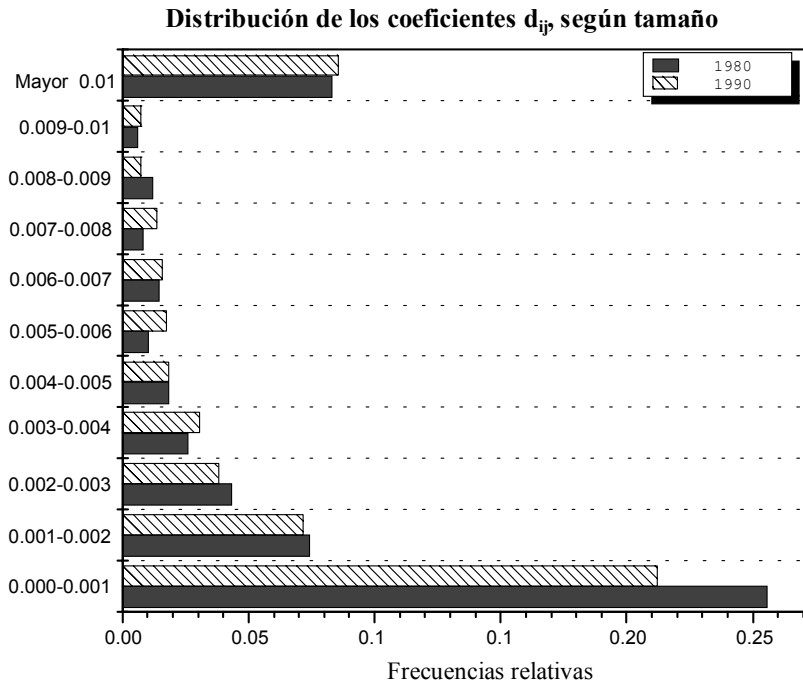
Intervalos	N° coeficientes		% sobre total		% acumulado	
	1980	1990	1980	1990	1980	1990
Igual a 0	1398	1478	45,390	47,987	45,4	48,0
0.000 a 0.001	785	653	25,487	21,201	70,9	69,2
0.001 a 0.002	227	221	7,370	7,175	78,2	76,4
0.002 a 0.003	132	117	4,286	3,799	82,5	80,2
0.003 a 0.004	79	94	2,565	3,052	85,1	83,2
0.004 a 0.005	55	56	1,786	1,818	86,9	85,0
0.005 a 0.006	30	54	0,974	1,753	87,9	86,8
0.006 a 0.007	43	48	1,396	1,588	89,3	88,3
0.007 a 0.008	24	42	0,779	1,364	90,0	89,7
0.008 a 0.009	35	30	1,136	0,747	91,2	90,7
0.009 a 0.010	17	23	0,552	0,747	91,7	91,4
Mayor de 0.010	255	264	8,279	8,571	1.00	1.00
<u>Estadísticos 1980</u>						
Media=0,00552462 Desviación estándar=0,0297547 Mediana=0,00006 Coef. variación=538,6 Mínimo=0 Máximo=0,58645						
<u>Estadísticos 1990</u>						
Media=0,00570636 Desviación estándar=0,0314301 Mediana=0,0000365 Coef. variación=550,8 Mínimo=0 Máximo=0,6641						

De una rápida visión a esta tabla, podría decirse que no parece haber grandes cambios en la distribución por tamaños, aunque hay algunos detalles de interés que pasamos a comentar.

Lo primero que llama la atención es que, en 1990, hay 80 coeficientes menos de los que había en 1980 (se ha exceptuado el sector de Admón. Pública y Defensa, por que parece indudable que la desaparición de todos los elementos de su fila se debe a criterios metodológicos). Las casillas vacías de la tabla han pasado a ser el 48% del total frente al 45,4% anterior. También, se observa como disminuye el número de coeficientes más pequeños (intervalos segundo, tercero y cuarto), mientras que aumenta el número de coeficientes en el resto de intervalos, con excepción del antepenúltimo (véase gráfico 1, en el que no se contemplan los elementos nulos). Si aceptamos la comparabilidad de ambas tablas, podemos afirmar que un número significativo de relaciones débiles entre sectores han desaparecido definitivamente. Como consecuencia lógica, los valores de las demás se han visto reforzados, bien por simples razones algebraicas o porque realmente han ganado peso relativo. Más adelante, veremos que esa pérdida neta de coeficientes es, en realidad, el resultado de la desaparición de un gran número de relaciones y la aparición de otras muchas nuevas. ¿Realidad económica o fruto del tratamiento estadístico?. Eso es algo que no podemos conocer con absoluta

precisión, aunque por los resultados parciales obtenidos, puede que halla de todo un poco, como veremos en su momento.

Gráfico 1



Por otro lado, de los estadísticos presentados en la tabla 2, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las medias son muy similares. La hipótesis de que son iguales, considerando los datos como pareados, no puede ser rechazada con un nivel de significación del 5%. Puede decirse, pues, que el tamaño medio de los coeficientes no ha variado significativamente.
- La dispersión, tanto absoluta como relativa, ha aumentado. También lo ha hecho el recorrido de la variable, al aumentar su máximo. El contraste estadístico de las variancias apoya la significación de este cambio con un nivel del 5%.
- La mediana ha disminuído casi en la mitad. Si en 1980 la mitad de los coeficientes estaban por encima de 0.00006, en

1990 eran algo menos, el 48,6%, los que superaban este valor.

Podemos decir, por tanto, que en la década de los 90 hubo un saldo neto negativo entre la aparición y desaparición de nuevas relaciones interindustriales y ha disminuído la intensidad de los intercambios más importantes, situados por encima de la mediana; al mismo tiempo, hay unas pocas relaciones que han adquirido una mayor intensidad. En definitiva, se puede hablar de que ha tenido lugar una *profundización de la polarización en las relaciones de influencia*.

De cualquier forma, estos cambios netos no son tan llamativos como la abundante desaparición de relaciones habidas en 1980 y su compensación por las aparecidas, como nuevas, en 1990. Para estudiar estos cambios, vamos a hacer uso del subgrafo (grafo formado por un subconjunto de vértices y los arcos que los unen) de las relaciones perdidas, para la tabla de 1980, y del subgrafo de relaciones ganadas, correspondiente a la de 1990.

Del estudio de los semigrados de estos subgrafos, se obtiene, como primera conclusión global, que, por la desaparición de los coeficientes ya mencionados, se han perdido, por término medio, algo más de 9 unidades (arcos) en el valor del grado de cada sector, que es una primera medida de su integración global. En compensación, se han ganado más de 6, como media. No hay ni un solo sector que no haya perdido alguna relación (recuérdese que el sector 56, Admón. Pública y Defensa, no se contempla) y sólo hay uno, Comercio, que no haya ganado alguna. La tabla 3, recoge los sectores que las han perdido y ganado en mayor medida.

Parece lógico que el primer comentario sensato ante tanto cambio (al menos en apariencia) *cualitativo* en las relaciones intersectoriales de la economía andaluza, debe ser que la influencia en los mismos de los aspectos metodológicos y, fundamentalmente, los criterios de recogida de información, son mucho más importantes de lo que sería deseable. Dicho de otra forma, mucho nos tememos que la comparabilidad de las dos tablas no sea todo lo buena que cabría desear. Para abundar en

esta idea, hemos preparado, en el gráfico 2, una ilustración gráfica de estos cambios para todos los sectores.

Tabla 3

Sectores más afectados, según el número de relaciones ganadas y perdidas

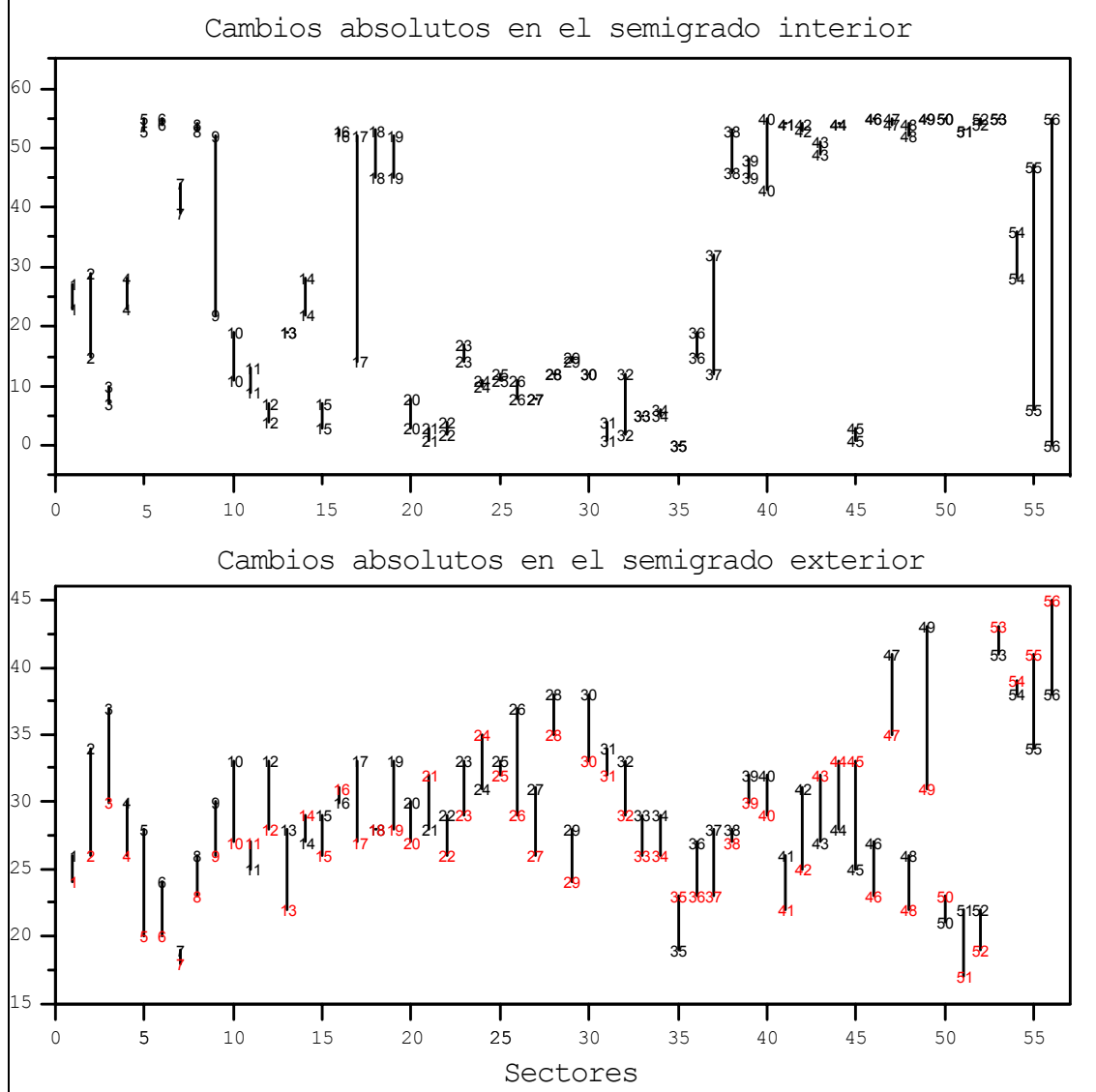
Relaciones desaparecidas					Relaciones nuevas				
Nº	Nombre sector	d	d ⁺	d ⁻	Nº	Nombre sector	d	d ⁺	d ⁻
55	Sanidad y ser. veter.	42	0	42	17	Fabrica. ptos. metál.	38	0	38
9	Prod. y 1ª trasn. met.	35	5	30	14	Química básica	15	4	11
37	Cuero y calzado	29	6	23	40	Pasta, papel y cartón	15	3	12
2	Ganadería y silvicult.	23	8	15	45	Obras públicas	12	9	3
54	Educación e investig.	17	1	16	10	Tierras coci., cerámi.	11	1	10
4	Extractivas	16	6	10	11	Cemento, cal y yeso	11	4	7
32	Vinos y alcoholes	16	6	10	54	Educación e investig.	10	3	7
7	Gas	15	5	10	7	Gas	10	5	5
49	Transp. y act. anexas	15	15	0	1	Agricultura	9	3	6
19	Maq. eléctrica y elec.	15	5	10	4	Extractivas	9	3	6
38	Confección y gén. pun.	13	5	8	43	Otras manufacturas	9	7	2
18	Maq. y equipo mecán.	13	4	9	25	Industria láctea	9	6	3
23	Aceites y grasas	12	6	6	16	Otros ptos. químicos	9	6	3
3	Pesca	12	11	1	24	Industria cárnica	8	7	1
36	Textil	10	4	6	15	Ptos. quími. agricult.	8	4	4
26	Conservas vegetales	10	9	1	3	Pesca	8	5	3
13	Vidrio	10	6	4	55	Sanidad y ser. veter.	8	8	0
5	Refino de petróleo	10	8	2	44	Edificación	7	6	1

Puede observarse que no sólo hay cambios cualitativos (relaciones de 1980 que desaparecen para 1990 y aparición de nuevas relaciones en 1990 inexistentes en 1980), sino que no hay, prácticamente, sector alguno que no haya variado su número de relaciones de compra y de venta (semigrados exterior e interior, respectivamente), sea al alza o a la baja²⁶.

²⁶Nótese en el gráfico que la escala de los semigrados interiores es distinta. La mayor dispersión de los cambios en el número de relaciones de ventas provoca este hecho.

Gráfico 2

Variación en el número de relaciones



Tanto movimiento, como hemos dicho anteriormente, debe interpretarse como la suma de tres factores: los cambios reales, los provocados por diferencias metodológicas y los incorporados en los criterios y procesos de recogida de información. Si a todo esto, se añade el hecho de que la tabla es una estadística que surge como resultado de una única observación (año 1990), se comprenderá fácilmente que todo lo que se pueda decir respecto a detalles finos de la estructura productiva andaluza y, sobre todo, a los cambios habidos en la década

de los 80, es, cuanto menos, algo arriesgado. La necesidad de prescindir de lo accesorio se hace, por tanto, más evidente. En este sentido, como toda estadística, es bastante posible que sí se recojan los rasgos fundamentales de esos cambios, las grandes tendencias habidas en el período señalado. Veamos que podemos decir al respecto.

Las relaciones desaparecidas afectan en mayor medida a sectores *manufactureros e industriales*, si se hace abstracción de los datos referentes a Sanidad y Educación, que, por la propia naturaleza de ambos sectores, debe tratarse de resultados derivados de distintos enfoques metodológicos y de información²⁷. Junto a industrias clásicas de la economía andaluza, como las del vino, conservas, confección, cuero, aceite y vidrio, otrora conformantes de la malla productiva andaluza y de gran parte de su empleo, pierden también relaciones la transformación de metales, la industria de maquinaria y equipo mecánico y la de maquinaria eléctrica y electrónica (véase tabla 3).

La nueva presencia de relaciones se debe a sectores ligados a tres grupos:

- la distribución de productos metálicos, cerámica, tierras cocidas, cemento, cal, yeso, extractivas, edificación y obras públicas, que están relacionados con el grupo de la *construcción*.
- los sectores de química básica, pasta y papel, otros productos químicos y productos químicos para la agricultura, que forman parte de la producción ligada a la *química*.
- la agricultura, junto con industrias directamente derivadas de la misma, como la láctea y de productos cárnicos, que, con relaciones evidentes con el grupo anterior, muestra la querencia histórica y manifiesta, pero siempre frustrada, de la economía andaluza por la conformación de un complejo agroindustrial, que, a pesar de incluir parte de lo visto en

²⁷Estos sectores también ganan nuevas relaciones. El mayor énfasis puesto en los sectores de servicios, puesto de manifiesto en el documento base de la tabla de 1990 por los autores, debe estar en el origen de gran parte de tales cambios.

el párrafo anterior, parece imposible de conducir más allá de sus primeros estadios.

Parece un tópico, y hasta cuesta esfuerzo tener que hacerlo, volver a usar los mismos esquemas de trabajos ya clásicos sobre la economía andaluza, pero, con estos primeros resultados en la mano, es inevitable decir que lo nuevo en Andalucía es, fundamentalmente, la potenciación del viejo esquema productivo; es, simplemente, más de lo mismo. Obviamente, puede haber cosas novedosas a niveles inferiores del análisis, pero la globalidad del esquema subsiste, como permanecen, si no se han incrementado, algunas de sus consecuencias, especialmente el volumen de paro. Veamos a continuación que resultados se obtienen de la aplicación de los métodos basados en la teoría de grafos.

6.2.-Grafos de las relaciones de influencia débiles.

Un estudio exhaustivo de ambas tablas, con toda la metodología resumida expuesta en epígrafes anteriores, desbordaría completamente las limitaciones de extensión lógicas de este trabajo. Haremos, sin embargo, una aplicación de gran parte de lo dicho a los grafos asociados a los coeficientes más significativos de las tablas de 1980 y 1990. Comenzaremos por considerar las relaciones de influencia relativa superiores al 1% (débiles, medias y fuertes), que llamaremos grafo G_1) y veremos como afrontar el estudio y comparación de dichos grafos.

6.2.1.-Relaciones de influencia directa.

Con el estudio de los semigrados, se puede tener una primera visión de las relaciones de influencia directa entre sectores. Es posible, también, obtener, como veremos, un jerarquía basada en un *índice de influencia directa neta*, δ_i , definido como el cociente entre los semigrados exterior (influencia) e interior (dependencia). Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 4.

De la observación de la tabla 4, podría decirse que no se observan grandes cambios. Quizás, los datos más relevantes sean los siguientes:

- Los sectores de electricidad y comercio, se caen del grupo de muy integrados, si bien continúan teniendo un nivel importante de relaciones, de ventas el primero y de compras el segundo. Sustituyen a los anteriores la ganadería, silvicultura y las actividades extractivas.
- La química básica y, especialmente, la industria del cemento, cal y yeso, que estaba poco integrada, aparecen formando parte del grupo de sectores con especial relevancia en sus relaciones de compra.
- El gas parece que entra a formar parte de la oferta energética, cuando antes era un sector poco integrado. Asimismo, la maquinaria eléctrica y electrónica pierde relaciones de venta en la estructura de intercambios.
- Por último, cabe destacar que hostelería, edificación y obras públicas, continúan teniendo los mayores índices de influencia directa. No obstante, hay un cambio en el orden, ya que la hostelería, primera en 1980, pasa al tercer puesto, por detrás de edificación y obras públicas.

Como resumen, podría decirse que los cambios se deben al auge de **actividades ligadas a recursos primarios**. Evidentemente, algunos de los mismos parecen inducidos, a su vez, por la expansión de la edificación y las obras públicas.

6.2.2.-Relaciones de influencia indirecta. Causalidad.

Con el estudio de la matriz de caminos, como se dijo, podemos estudiar las relaciones indirectas entre sectores. Asimismo, la matriz de conectividad identifica las componentes fuertemente conexas del grafo o bloque no descomponible de sectores. Haciendo uso de ambas, se

Tabla 4
Clasificación de los sectores según su integración

Grafo G₁

1980		1990	
Sectores	δ_i	Sectores	δ_i
Muy integrados		Muy integrados	
1 Agricultura	1,111	1 Agricultura	1,444
6 Energía eléctrica	0,333	2 Ganadería y silvicultura	0,833
46 Comercio	2,600	4 Extractivas	0,625
49 Transportes y anexas	1,083	49 Transportes y anexas	0,714
53 Servicios personales e industri.	1,571	53 Servicios personales e industri.	2,500
Integrados por compras		Integrados por compras	
3 Pesca	3,000	3 Pesca	3,500
15 Ptos. químicos agricultura	5,000	11 Cemento, cal y yeso	2,000
23 Aceites y grasas	4,000	14 Química básica	2,000
28 Molinería, panadería y pastas	3,500	23 Aceites y grasas	5,000
32 Vinos y alcoholes	9,000	28 Molinería, panadería y pastas	2,333
44 Edificación	10,00	44 Edificación	24,00
45 Obras públicas e ingeniería	8,000	45 Obras públicas e ingeniería	12,00
47 Hostelería y restauración	11,00	46 Comercio	4,667
55 Sanidad y servicios sanitarios	∞	47 Hostelería y restauración	6,250
56 Admón. pública y defensa	∞	55 Sanidad y servicios sanitarios	∞
Integrados por ventas		56 Admón. pública y defensa	∞
2 Ganadería y silvicultura	0,600	Integrados por ventas	
4 Extractivas	0,400	5 Refino de petróleo	0,571
5 Refino de petróleo	0,500	6 Energía eléctrica	0,167
8 Agua	0,091	7 Gas	0,250
13 Vidrio	0,167	8 Agua	0,083
14 Química básica	0,800	13 Vidrio	0,000
16 Otros ptos. químicos	0,500	16 Otros ptos. químicos	0,200
18 Maquinaria y equipo mecánico	0,000	17 Fabric. ptos. metálicos	0,400
19 Maquina. eléctrica y electrónica	0,200	18 Maquinaria y equipo mecánico	0,000
27 Conservas de pescado	0,200	29 Azúcar	0,286
29 Azúcar	0,600	40 Pasta, papel y cartón	0,083
40 Pasta, papel y cartón	0,500	41 Artes gráficas y edición	0,250
41 Artes gráficas y edición	0,111	42 Caucho y plástico	0,000
42 Caucho y plástico	0,000	48 Reparaciones	0,333
50 Comunicaciones	0,000	50 Comunicaciones	0,000
51 Instituciones financieras	0,600	52 Seguros	0,000
52 Seguros	0,000	Poco integrados	
Poco integrados		9 Prodción. y 1ª transf.	1,000
7 Gas	0,333	10 Tier. cocidas, cerámica y piedra	0,500
9 Prodción. y 1ª transf.	1,500	12 Derdos. cemento, hormigón y otros	1,500
10 Tier. cocidas, cerámica y piedra	1,500	15 Ptos. químicos agricultura	0,250
11 Cemento, cal y yeso	1,333	19 Maquina. eléctrica y electrónica	1,000
12 Derdos. cemento, hormigón y otros	1,000	20 Constr. vehículos y sus piezas	1,500
17 Fabric. ptos. metálicos	1,000	24 Industria cárnica	1,000
20 Constr. vehículos y sus piezas	1,000	25 Industria láctea	2,000
21 Ctón. y reparación naval	4,000	26 Conservas vegetales	4,000
22 Otros equipos de transporte	0,000	27 Conservas de pescado	0,500
24 Industria cárnica	0,250	30 Otras ind. alimentarias	1,000
25 Industria láctea	1,000	31 Alimentación animal	4,000
26 Conservas vegetales	4,000	32 Vinos y alcoholes	4,000
30 Otras ind. alimentarias	1,333	33 Cervezas	4,000
31 Alimentación animal	4,000	34 Bebidas analcohólicas	3,000
33 Cervezas	2,000	35 Tabaco	∞
34 Bebidas analcohólicas	2,000	36 Textil	0,500
36 Textil	0,333	37 Cuero y calzado	0,000
37 Cuero y calzado	1,000	38 Confección y géneros de punto	∞
39 Industria de la madera	0,500	39 Industria de la madera	0,500
43 Otras manufacturas	0,000	43 Otras manufacturas	0,000
48 Reparaciones	0,500	51 Instituciones financieras	3,000
54 Educación e investigación	∞	54 Educación e investigación	∞
Aislados		Aislados	
35 Tabaco	-	21 Ctón. y reparación naval	-
38 Confección y géneros de punto	-	22 Otros equipos de transporte	-

puede establecer una jerarquía causal, por niveles, que representa fielmente las relaciones de influencia o dominación (por las compras, en nuestro caso. Las ventas sería la solución dual) en la estructura de intercambios. El grafo reducido, en el que cada componente fuertemente conexas se asimila a un vértice, da una visión inmediata de las mismas. La matriz asociada al grafo reducido²⁸, para 1980, es la de la tabla 5 y el grafo correspondiente puede contemplarse en el gráfico 3.

Tabla 5

Matriz asociada al grafo reducido G_1 , 1980

	54	55	56	45	C	18	22	42	43	48	52	50
54	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
42	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
43	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
48	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
52	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
50	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1

La jerarquía de este grafo presenta 5 niveles, que pueden observarse en el gráfico 3. Hay una única componente fuertemente conexas, que engloba a la inmensa mayoría de los sectores. La estructura jerárquica de las relaciones de influencia queda como sigue:

Nivel 1: 54 55 56

Nivel 2: 45

Nivel 3: c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,
23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,36,37,39,40,41,44,
46,47,49,51,53)

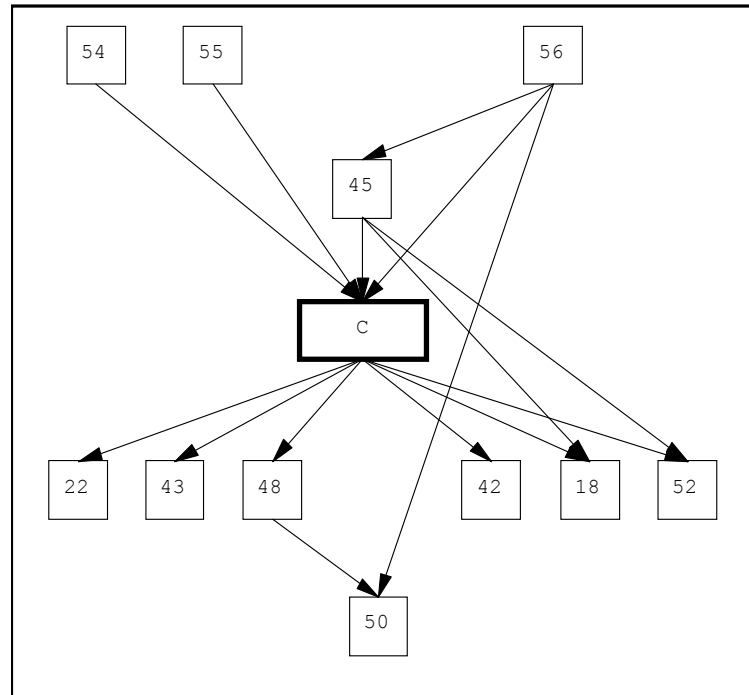
Nivel 4: 18 22 42 43 48 52

Nivel 5: 50

²⁸La matriz, por tradición, se presenta como diagonal inferior. En este caso, el sentido de la influencia debe tomarse por columnas.

Gráfico 3

Jerarquía por niveles, 1980 (Grafo G_1)



De las relaciones de influencia reflejadas en este gráfico, no se pueden extraer demasiadas conclusiones, pero algo sí que se puede decir:

- Considerando las relaciones débiles, la economía andaluza estaría fuertemente integrada, formando un gran bloque interdependiente (componente C). Evidentemente, esto no está en la realidad de las cosas, no forma parte de la naturaleza conocida de la estructura productiva andaluza, al menos en su caracterización más genérica. Se pone, así, de manifiesto, tal como dijimos en su momento, que la inclusión de las relaciones sin importancia en los análisis puede distorsionar los resultados, si no se valoran en sus justos términos.
- No obstante, con estas relaciones débiles, también es cierto que se ha puesto de relieve algo no por conocido menos interesante: el papel claramente dominante, dinamizador a través de la influencia ejercida por su actividad, del sector

público, en general, (educación, investigación, sanidad, administración pública y defensa; sectores 54, 55 y 56) y de las obras públicas, en particular (sector 45).

- El sector de comunicaciones (50), en este nivel de relación, es básico para el desarrollo de la actividad del resto. Piénsese que en el grafo dual, de influencia por la oferta (ventas), estaría en la cabeza de la jerarquía.

La matriz asociada al grafo reducido para 1990, puede verse en la tabla 6.

Tabla 6

Matriz asociada al grafo reducido G_1 , 1990

	35	38	54	55	56	C	13	18	37	42	43	50	52
35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
42	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
43	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
50	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
52	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

En este caso, la jerarquía sólo presenta tres niveles, que comprenden los siguientes sectores:

Nivel 1: 35 38 54 55 56

Nivel 2: c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,19,20,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,36,39,40,41,44,45,46,47,48,49,51,53)

Nivel 3: 13 18 37 42 43 50 52

Como puede observarse, el resultado es muy similar al anterior. El sector 45, obras públicas, aparece ahora dentro de la componente fuertemente conexa, más integrado en el conjunto, y hay algunos

cambios, no muy significativos, en el resto de sectores. Obviamos el gráfico correspondiente, porque sería redundante.

En ambos casos, 1980 y 1990, la interdependencia tan generalizada impide discernir las relaciones de influencia entre sectores. Abordar esta cuestión desde un enfoque puramente cuantitativo, afirmando, por ejemplo, que el sector i domina al j si su coeficiente es mayor, puede no ser coherente con la naturaleza de las cosas. Decir que un sector domina a otro simplemente porque un coeficiente es mayor que otro, oculta el auténtico significado de la interdependencia, que es un concepto eminentemente cualitativo, ya que *"....no hay quién pueda decir cual va antes o después en la jerarquía de la producción, la industria del carbón o la del hierro"* (Dorfman, Samuelson y Solow (1972; p.221), por muy desiguales que sean las necesidades relativas que una tiene de la otra para realizar sus procesos productivos.

Parece evidente, por tanto, que en el caso de interdependencia generalizada, dónde cualquier par de sectores están mutuamente relacionados, directa o indirectamente, las posibilidades de influencia de los mismos hay que derivarlas de sus *posiciones relativas en el interior de la estructura de intercambios*. Esta es la información que puede arrojar cierta luz sobre el papel privilegiado que desde un punto de vista *geoestratégico* o *topológico* puedan tener ciertos sectores. En el epígrafe siguiente, haremos una aplicación de este método a las componentes detectadas en los grafos de 1980 y 1990.

6.2.3.-Influencia debida a la posición relativa en la estructura.

El punto de partida para este tipo de análisis es la obtención de la matriz de distancias. La tabla 7 reproduce la de la componente fuertemente conexas del grafo G_1 de 1980. La distancia máxima entre sectores, o diámetro del grafo, es 8 (influencia indirecta del sector 13 sobre el sector 31). Es decir, la industria del *vidrio* ejerce, por medio de siete sectores que componen el camino, una influencia indirecta sobre la industria de *alimentación animal*. Los caminos de la influencia son, evidentemente, "inexcrutables". Especialmente cuando las relaciones son irrelevantes.... Bromas aparte, sería posible encontrar el camino correspondiente y cuantificar la influencia

Tabla 7

Matriz de distancias en la componente fuertemente conexas, 1980
(Gráfo G_1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	39	40	41	44	46	47	49	51	53		
1	0	1	3	2	1	1	3	1	2	5	3	2	4	2	1	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	3	3	4	4	1	3	2	4	2	2	1	2	3	
2	1	0	3	3	2	2	3	2	3	5	4	3	4	3	2	2	4	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	3	3	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	
3	2	2	0	3	1	2	3	2	3	4	4	3	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2	1	3	3	3	1	3	1	2	2	3	1	2	2	2	2	
4	4	3	4	0	2	1	3	3	2	5	5	4	5	2	5	1	3	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	2	3	4	2	3	2	3	3	
5	4	5	4	2	0	1	3	3	2	5	5	4	5	1	5	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	6	4	4	5	4	5	4	3	4	2	3	2	3	3	
6	3	4	3	1	1	0	2	2	1	4	4	3	4	2	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	5	3	3	3	4	3	4	3	2	3	1	2	2	2	2	
7	5	6	5	3	1	2	0	4	3	6	6	5	6	2	6	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	7	5	5	5	6	5	6	5	4	5	3	4	3	4	4	4
8	4	4	4	2	3	3	4	0	4	6	2	1	5	4	5	3	7	5	3	5	3	3	3	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5	3	3	5	3	3	2	3	4	4
9	4	4	4	1	2	1	1	3	0	5	5	4	5	3	5	2	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	3	3	4	2	3	2	3	3	
10	4	4	4	1	2	1	3	2	0	5	4	5	1	5	2	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	3	3	4	2	3	2	3	3	3	
11	3	2	4	1	1	1	3	2	2	5	0	3	5	2	4	2	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	5	4	1	3	4	2	3	2	3	3	3	
12	3	3	3	1	2	2	3	2	3	5	1	0	4	3	4	2	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	2	2	4	2	2	1	2	3	
13	6	7	6	4	2	3	1	5	4	7	7	6	0	3	7	5	5	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	8	6	6	6	7	6	5	6	4	5	6	4	5	5	5	
14	3	4	3	1	2	1	3	2	2	5	4	3	4	0	4	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	3	5	3	3	3	4	4	4	3	2	4	2	2	1	2	3	
15	4	4	4	1	1	1	3	2	5	5	4	5	1	0	2	3	2	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	3	5	4	2	3	2	3	3	3	
16	3	2	4	2	3	2	4	3	3	6	4	3	5	1	4	0	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	1	3	5	3	2	3	4	4		
17	4	3	5	3	4	3	5	3	4	7	5	4	6	2	5	1	0	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	4	5	5	5	6	6	5	2	4	6	4	4	3	4	5	
19	5	5	5	3	2	3	2	4	1	6	6	5	6	4	6	3	2	0	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	6	5	6	4	4	5	4	4	3	4	4	4	
20	4	4	3	3	3	2	4	2	3	3	3	3	3	3	5	2	3	3	0	4	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5	5	3	2	3	3	2	2	3	4	3	2	1	
21	4	3	4	3	4	3	5	3	4	4	4	4	4	2	5	1	4	3	4	0	5	5	5	5	5	3	5	6	5	4	5	5	5	4	3	4	2	2	3	4	3	1	2	2	
23	1	2	3	3	2	2	3	2	2	4	4	3	4	2	2	2	3	1	2	2	0	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	1	3	2	1	2	3	1	2	1	2	2	
24	2	1	4	4	3	3	4	3	4	6	5	4	5	4	3	3	5	3	3	3	3	0	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	5	3	4	3	5	3	3	2	3	4	
25	2	1	4	3	3	2	4	2	3	6	4	3	5	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	1	3	5	3	3	2	3	4	
26	1	2	4	2	2	2	2	2	3	6	4	3	1	3	2	3	4	2	3	3	4	4	4	4	0	4	4	1	4	3	4	4	4	5	5	2	4	3	5	3	3	2	3	4	
27	3	3	1	4	2	3	4	3	4	5	5	4	3	3	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	0	4	3	2	4	4	4	2	4	2	3	4	2	3	3	3	3		
28	1	2	3	2	2	1	3	2	2	5	4	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	0	1	1	3	3	3	3	4	4	2	1	2	4	2	1	2	3	
29	1	2	3	1	2	2	3	2	3	5	4	3	4	3	2	2	4	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	4	4	2	3	2	4	2	2	1	2	3	
30	2	2	4	2	3	2	2	2	3	6	4	3	1	2	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	1	0	3	4	4	4	5	5	3	1	3	5	3	3	2	3	4	
31	1	2	4	3	2	2	4	2	3	5	4	3	3	3	2	3	4	2	3	3	1	1	3	4	4	4	1	2	2	0	4	4	4	2	4	2	2	3	4	2	3	2	3	3	
32	1	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	1	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	1	3	3	0	3	3	3	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	
33	5	5	5	3	3	4	2	1	5	7	3	2	1	4	6	4	6	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	0	5	6	6	6	4	4	6	4	4	3	4	5		
34	2	3	4	2	3	3	2	3	4	6	5	4	1	4	3	3	5	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	0	5	5	3	4	3	5	3	2	3	4		
36	1	2	4	3	2	2	4	2	3	6	4	3	5	3	2	3	4	2	3	4	2	3	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	0	5	2	4	3	5	3	3	2	3	4	
37	2	3	5	4	3	3	5	3	4	7	5	4	6	4	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	5	4	5	5	5	1	0	3	5	4	6	4	4	3	4	5	
39	2	1	4	4	3	3	4	3	4	6	5	4	5	4	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	5	0	4	3	5	3	2	3	4		
40	2	1	4	2	2	1	3	1	2	5	3	2	5	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	0	3	4	2	3	2	3	3		
41	3	2	5	3	3	2	4	2	3	6	4	3	6	2	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	5	5	4	1	0	5	3	4	3	4	4	4	
44	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	1	2	1	0	2	2	1	1	1	1		
46	2	3	2	2	1	1	2	1	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	4	2	2	3	2	3	2	1	2	0	1	1	1	1	1	
47	1	2	1	2	2	1	1	1	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	2	2	2	2	1	2	0	1	1	2	1	1	
49	2	3	2	3	1	2	2	1	3	4	3	2	3	2	3	2	3	1	4	3	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	1	3	1	1	0	1	0	1	2	2
51	4	3	3	3	3	2	4	2	3	3	3	3	3	3	3	5	2	3	3	4	4	5	5	5	5	2	5	5	4	4	5	5	5	3	2	3	2	1	2	3	4	3	0	1	1
53	3	3	2	2	2	1	3	1	2	2	2	2	2	2	2	4	1	2	2	3	3	4	4	4	4	1	4	4	3	4	4	4	4	2	1	2	2	1	1	2	3	2	1	0	0

transmitida. Lo mismo podría hacerse con el resto de los caminos, consiguiendo un detalle de la difusión estructural de la influencia que no es capaz de abordar el enfoque input-output tradicional de los multiplicadores. Pero ello, obviamente, desbordaría los objetivos de este trabajo. Continuemos, pues, con las jerarquías topológicas o de posición.

Como adelantamos, desde un punto de vista posicional, un sector podrá influir tanto más en cuanto más *céntrica* (menor separación exterior) sea su posición en el entramado productivo y tanto menos en cuanto sea más *periférica* (mayor separación exterior). Por el contrario, recibirá más influencia cuanto menor sea su separación interior y menos si su separación interior es muy grande. El concepto de *separación exterior* es $e(i)^+ = \text{Máx}_j e_{ij}$, y el de *separación interior* es $e(i)^- = \text{Máx}_j e_{ji}$. Asimismo, se pueden definir unos índices de *centralidad*, *anticentralidad* relativas y de *influencia global neta*, como sigue²⁹:

$$c_i^+ = \frac{\sum_j \sum_i e_{ij}}{\sum_j e_{ij}}, \quad \text{índice de centralidad relativa}$$

$$c_i^- = \frac{\sum_j \sum_i e_{ji}}{\sum_j e_{ji}}, \quad \text{índice de anticentralidad relativa}$$

$$D_i = \frac{c_i^+}{c_i^-}, \quad \text{índice de influencia global neta}$$

Por tanto, utilizaremos la matriz de la tabla 7 para el cálculo de todos estos *indicadores de posición*. Los resultados obtenidos para las componentes conexas de 1980 y 1990, se muestran en las tablas 8 y 9, respectivamente. Obviamos la presentación de la matriz de distancias para 1990, pero podemos informar que el diámetro de la componente es 13, bastante superior al anterior, y que se alcanza en la influencia indirecta del sector 33 (Cervezas) sobre el 45 (Obras públicas e ingeniería). Una curiosa influencia indirecta, sin duda..... Hay, por

²⁹Véase, Bavelas(1950), Huriot(1974) o Lantner(1974).

tanto, 12 sectores de por medio antes de que la influencia tenga lugar.

Tabla 8

Medidas de posición, 1980					
Sector	$e^+(i)$	$e^-(i)$	$c^+(i)$	$c^-(i)$	$D(i)$
19 Maq. eléctrica y electrónica	6,00	4,00	31,54	57,77	0,55
8 Agua	6,00	5,00	36,70	61,42	0,60
5 Refino de petróleo	6,00	4,00	38,39	62,74	0,61
41 Artes gráficas y edición	6,00	5,00	35,58	53,53	0,66
7 Gas	7,00	5,00	30,55	45,94	0,66
4 Extractivas	5,00	4,00	40,52	58,94	0,69
13 Vidrio	8,00	6,00	25,70	36,70	0,70
6 Energía eléctrica	5,00	4,00	51,18	72,04	0,71
16 Otros ptos. químicos	6,00	5,00	39,97	56,11	0,71
21 Ctón. y reparación naval	6,00	5,00	36,93	47,44	0,78
51 Instituciones financieras	5,00	5,00	41,09	52,10	0,79
9 Prodción. y 1ª transf.	5,00	5,00	40,24	49,45	0,81
17 Fcón. productos metálicos	7,00	6,00	31,71	38,90	0,82
20 Ctón. vehículos y sus piezas	5,00	5,00	40,52	47,44	0,85
33 Cervezas	7,00	6,00	31,20	36,47	0,86
14 Química básica	5,00	4,00	48,22	55,57	0,87
49 Transporte y actividades anexas	4,00	4,00	62,74	69,46	0,90
40 Pasta, papel y cartón	5,00	6,00	46,68	51,64	0,90
37 Cuero y calzado	7,00	6,00	32,42	35,15	0,92
39 Industria de la madera	6,00	7,00	38,64	41,09	0,94
24 Industria cárnica	6,00	6,00	38,64	38,14	1,01
27 Conservas de pescado	5,00	6,00	40,52	39,97	1,01
15 Ptos. químicos para agricultura	5,00	7,00	40,80	37,65	1,08
34 Bebidas analcohólicas	6,00	6,00	39,69	36,24	1,10
2 Ganadería y silvicultura	5,00	7,00	52,57	47,83	1,10
1 Agricultura	5,00	6,00	55,57	49,87	1,11
25 Industria láctea	6,00	6,00	42,28	37,89	1,12
12 Derivados cemento, hormigón..	5,00	6,00	49,03	43,54	1,13
30 Otras alimentarias	6,00	6,00	44,54	38,90	1,15
36 Textil	6,00	7,00	40,80	34,94	1,17
46 Comercio	4,00	4,00	66,31	56,65	1,17
26 Conservas vegetales	6,00	6,00	43,87	36,24	1,21
53 Servicios personales e industr.	4,00	5,00	55,57	45,23	1,23
11 Cemento, cal y yeso	5,00	7,00	43,87	34,94	1,26
31 Alimentación animal	5,00	8,00	49,45	36,02	1,37
10 Tierras cocidas, cerámica, pie.	5,00	7,00	40,52	28,05	1,44
3 Pesca	4,00	6,00	56,65	38,39	1,48
23 Aceites y grasas	4,00	6,00	56,65	38,14	1,49
29 Azúcar	5,00	7,00	51,18	34,32	1,49
28 Molinería, panadería y pastas	5,00	6,00	57,21	38,14	1,50
47 Hostelería	3,00	5,00	82,18	47,83	1,72
32 Vinos y alcoholes	3,00	6,00	63,42	36,02	1,76
44 Edificación	4,00	6,00	68,65	34,32	2,00

El hecho de que este diámetro sea bastante superior, indica que la componente de 1980 era más compacta que la de 1990. Las relaciones entre sectores eran más directas (la media de las separaciones era en torno a 5 y pasó a ser casi 9 en 1990). Parece, por tanto, que para un mismo nivel de significación (el 1%) de los coeficientes, la estructura productiva andaluza ha dejado, en el transcurso de los años 80, parte de su entramado. Por decirlo de otra forma, el grafo ha perdido parte de los arcos que hacían más cortos los contactos entre

los diferentes sectores. Obsérvese cuanto decimos en las columnas 1 y 2 de las tablas 8 y 9.

Tabla 9

Medidas de posición, 1990					
Sector	$e^+(i)$	$e^-(i)$	$c^+(i)$	$c^-(i)$	$D(i)$
8 Agua	12,00	4,00	24,88	87,08	0,29
6 Energía eléctrica	11,00	4,00	28,69	87,08	0,33
48 Reparaciones	11,00	4,00	28,80	80,38	0,36
16 Otros productos químicos	10,00	4,00	32,08	84,08	0,38
20 Ctón. vehículos y sus piezas	12,00	5,00	25,58	65,31	0,39
17 Fcón. productos metálicos	12,00	5,00	25,40	64,73	0,39
4 Extractivas	10,00	5,00	33,25	76,20	0,44
7 Gas	10,00	5,00	32,22	67,73	0,48
5 Refino de petróleo	9,00	5,00	37,71	75,41	0,50
9 Prodción. y la transf.	11,00	5,00	28,80	56,71	0,51
10 Tierras cocidas, cerámica, piedra	11,00	6,00	28,57	52,63	0,54
49 Transportes y actividades anexas	8,00	5,00	45,43	83,12	0,55
14 Química básica	9,00	4,00	38,50	70,34	0,55
41 Artes gráficas y edición	8,00	6,00	38,10	60,45	0,63
33 Cervezas	13,00	9,00	22,44	35,51	0,63
15 Prtos. químicos para agricultura	10,00	8,00	32,22	49,09	0,66
40 Pasta, papel y cartón	7,00	6,00	47,50	71,72	0,66
39 Industria de la madera	11,00	11,00	28,03	32,22	0,87
2 Ganadería y silvicultura	6,00	7,00	63,61	58,99	1,08
27 Conservas de pescado	8,00	10,00	40,87	35,17	1,16
30 Otras industrias alimentarias	7,00	10,00	48,77	36,03	1,35
24 Industria cárnica	7,00	10,00	48,44	35,68	1,36
34 Bebidas analcohólicas	7,00	10,00	47,19	34,50	1,37
29 Azúcar	6,00	9,00	59,96	43,03	1,39
25 Industria láctea	7,00	10,00	48,44	34,50	1,40
31 Alimentación animal	6,00	8,00	63,06	44,88	1,41
12 Derivados cemento, hormigón y otros	9,00	12,00	40,41	27,09	1,49
3 Pesca	7,00	10,00	52,63	35,17	1,50
19 Maq. eléctrica y electrónica	9,00	12,00	38,70	25,85	1,50
28 Molinería, panadería y pastas	6,00	9,00	64,73	40,87	1,58
1 Agricultura	5,00	8,00	84,08	51,51	1,63
11 Cemento, cal y yeso	8,00	12,00	46,01	27,71	1,66
26 Conserevas vegetales	6,00	10,00	60,45	34,34	1,76
32 Vinos y alcoholes	6,00	10,00	60,96	34,34	1,78
23 Aceites y grasas	6,00	10,00	60,96	34,34	1,78
36 Textil	6,00	11,00	58,52	29,74	1,97
45 Obras públicas e ingeniería	8,00	13,00	46,30	23,15	2,00
46 Comercio	4,00	10,00	86,06	34,67	2,48
47 Hostelería	4,00	9,00	109,18	42,04	2,60
51 Instituciones financieras	4,00	12,00	67,11	25,31	2,65
53 Servicios personales e industriales	3,00	10,00	103,03	34,83	2,96
44 Edificación	3,00	11,00	112,54	29,26	3,85

Por otro lado, de la información que suministran ambas tablas, podemos hacer una síntesis de las características topológicas de las correspondientes componentes conexas (véase tabla 10). Los *centros* serán los sectores con mejor situación para ejercer una influencia. Los *peor situados*, serán los *periféricos*. Los *anticentros* se definen como los mejor situados para recibir una influencia (serían centros desde la perspectiva de la oferta) y, por último, los *antiperiféricos* serán los peor situados para recibirla.

Hay, por tanto, cambios en las posiciones más centrales de la estructura: la hostelería y la industria vinícola han dejado su lugar a la edificación y a los servicios personales. El agua, las

reparaciones y otros productos químicos, se incorporan al grupo de anticentros; es decir, pasan a ocupar una situación de oferta importante en la estructura de intercambios. Por último, como sector difícilmente accesible por su posición en la estructura, aparece el de obras públicas, ausente en la componente de 1980, confirmando su papel exclusivo como motor vía demanda.

Tabla 10

Características topológicas de los bloques del grafo G_1

Año	Centros	Anticentros	Periféricos	Antiperiféricos
1980	47 Hostelería 32 Vinos y alcohol.	19 Máq. eléctrica 5 Ref. petróleo 4 Extractivas 6 Electricidad 14 Química básica 49 Transporte 46 Comercio	13 Vidrio	31 Alimción. animal
1990	44 Edificación 53 Servicios perso.	8 Agua 6 Electricidad 48 Reparaciones 16 Otros químicos 14 Química básica	33 Cervezas	45 Obras públicas

Po último, algunos comentarios sobre los índices de posición. En primer lugar, obsérvese que hostelería y edificación ocupan, en ambos años, los dos primeros puestos del índice de centralidad relativa, aunque en 1990 la edificación arrebató el primer puesto a la hostelería. Electricidad continúa siendo el sector con mayor índice de anticentralidad (dominancia por la oferta), acompañado ahora por el sector de agua, que ha sustituido al de transporte en el segundo puesto. En segundo lugar, del índice de influencia global neta, $D(i)$, podemos hacer una comparación entre sectores preferentemente emisores de influencia y preferentemente receptores para ambos años. Tomaremos como referencia a los 5 primeros de cada grupo. Los resultados se recogen en la tabla 11.

De la visión de esta tabla, se desprende algo que ya adelantamos cuando hablamos acerca de los coeficientes ganados y perdidos: la desaparición de actividades industriales, clásicas en Andalucía, de los lugares preferentes en las relaciones de intercambio (vinos, azúcar, molinería, pastas) y su sustitución por actividades del terciario: servicios personales, instituciones financieras, comercio. La edificación y la hostelería, continúan manteniendo su papel central.

Tabla 11

Clasificación de los sectores mejor situados en la componente conexa

	1980	1990
Preferenemente emisores de influencia....	44 Edificación 32 Vinos y alcoholes 47 Hostelería 28 Molinería, pan., pastas 29 Azúcar	44 Edificación 53 Servicios personales 51 Instituciones financieras 47 Hostelería 46 Comercio
Preferentemente receptores de influencia....	19 Máq. eléctrica y electró. 8 Agua 5 Refino de petróleo 41 Artes gráficas y edición 7 Gas	8 Agua 6 Electricidad 48 Reparaciones 16 Otros ptos. químicos 20 Ctón. vehículos

Entre los sectores importantes por la oferta (receptores de influencia), sólo permanece el de agua, que es ahora el mejor localizado. Desaparece el de maquinaria eléctrica y electrónica, primero en la componente de 1980, y aparece el suministro eléctrico como segundo en importancia.

Para terminar este análisis de los cambios en las posiciones relativas dentro de la estructura de relaciones intersectoriales, vamos a estudiar la evolución de la *cohesión* que propoporcionan los distintos sectores a la estructura productiva andaluza. Recuérdese que el grado de cohesión de un vértice (sector) es igual al número de pistas que pasan por él.

Lo primero que cabe decir es que la *cohesión global*, que se definió como el valor inverso del grado de cohesión máximo, es sólo ligeramente menor en 1990: 0,001101 en 1980 contra 0,001088. Su valor es realmente bajo. También, es inferior el *indicador topológico de interdependencia productiva* de la componente conexa de 1990: 0,3865 versus 0,3569. Parece, por tanto, haberse producido una ligera disminución global de la integración del sistema productivo andaluz. Pero será mejor que analicemos con algún detalle los cambios producidos, tanto en el orden jerárquico de los sectores, según grado de cohesión, como en la dirección económica de aquéllos.

En 1980, sólo había dos sectores con grados de cohesión superior a 600, que eran los de hostelería y transporte. En 1990, son cuatro los sectores que superan dicha cifra: agricultura, hostelería, ganadería y silvicultura y transporte. Así, pues, permanecen los de hostelería y transporte, aunque con distinto signo: hostelería incrementa el número de pistas (de 644 a 812) que pasan por él, mientras que transporte desciende (de 908 a 660). La agricultura (de 313 a 919), que ocupa el

primer puesto, y la ganadería y silvicultura (de 260 a 700) son los dos nuevos. El sector primario y la hostelería, por tanto, son los vértices por donde cruzan más caminos. Son sectores *encrucijada*, si se nos permite la expresión, claves en la transmisión de la influencia en el conjunto de la estructura productiva andaluza.

Pero podemos hacer un análisis más interesante si agrupamos los

Tabla 12

Grados de cohesión por grandes grupos

Sector	1980	1990	Sector	1980	1990
<u>Recursos naturales</u>			<u>Energía</u>		
1 Agricultura	313	919	6 Energía eléctrica	548	121
2 Ganadería y silvicultura	260	700	7 Gas	55	125
4 Extractivas	82	203	5 Refino de petróleo	122	145
3 Pesca	96	80			
8 Agua	110	58			
<u>Industria alimentaria</u>			<u>Construcción</u>		
27 Conservas de pescado	17	0	10 Tierras coc., cerá. piedra	1	17
24 Industria cárnica	17	5	17 Fcón. pto. metálicos	10	25
25 Industria láctea	24	1	11 Cemento, cal y yeso	24	84
33 Cervezas	28	0	44 Edificación	161	208
26 Conservas vegetales	53	1	45 Obras públ. e ingen.	#	38
34 Bebidas analcohólicas	53	1	12 Der. cemento, hormigón,..	111	3
23 Aceites y grasas	65	1			
32 Vinos y alcoholes	72	34			
30 Otras industrias aliment.	79	14			
29 Azúcar	97	89			
28 Molinería, pan.y pastas	72	102			
<u>Resto Industria</u>			<u>Hostelería-Servicios</u>		
39 Industria de la madera	14	3	51 Instituciones financieras	97	0
19 Maq. eléctrica y electrón.	48	40	46 Comercio	519	6
41 Artes gráficas y edición	48	3	49 Transportes y activ. anexas	908	660
20 Ctón. vehíc. y sus piezas	76	59	53 Servicios pers. e industr.	300	314
9 Producción y 1ª transf.	99	98	47 Hostelería y restauración	644	812
16 Otros pto. químicos	142	133	48 Reparaciones	#	74
13 Vidrio	22	#			
37 Cuero y calzado	23	#			
36 Textil	53	#			
21 Ctón. y reparación naval	0	#			
31 Alimentación animal	87	105			
40 Pasta, papel y cartón	223	595			
14 Química básica	277	324			
15 Pto. quím. agricul.	19	19			
			Nota: # = sector inexistente en la c.f.c.		

sectores de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 12, que proporciona los grados de cohesión correspondientes a los sectores que conforman las componentes fuertemente conexas de 1980 y 1990.

Obsérvese que hay cambios diferenciados para los distintos grupos reflejados en la tabla. Se ha escrito en **negrita** el valor más alto de las dos tablas observadas con objeto de resaltar dichos cambios. Podemos resumir los resultados como sigue:

- De los sectores que hemos considerado ligados al uso de recursos naturales, incrementan de forma muy intensa sus

grados de cohesión la agricultura, ganadería, silvicultura y extractivas. El agua, la disminuye de forma importante y la pesca pierde ligeramente.

- El gas y el petróleo ganan caminos, mientras que descienden significativamente los que pasan por el sector de energía eléctrica.
- La industria alimentaria, en su totalidad, pierde bastantes de los caminos que antes pasaban por ella.
- Por el contrario, todos los sectores ligados a la construcción aumentan significativamente, con la excepción de los derivados del cemento.
- La inmensa mayoría de la industria no alimentaria pierde, también, de forma moderada, el papel de transmisores de influencia que estos sectores tenían anteriormente. Pero, la industria química, sobre todo la básica y la pasta de papel, suben significativamente.
- Por último, en el grupo de servicios, el único que aumenta de forma importante es la hostelería.

Puede afirmarse, por tanto, que en la pasada década, los lazos de cohesión interna se han **polarizado** en torno al uso de los **recursos naturales**, la **construcción**, la **química básica** y la **hostelería**. El conjunto de la industria, tanto la de alimentación como el resto de la industria (no química) disminuye su papel de nexo de unión entre sectores. Dicho de otra forma, los caminos que siguen los impulsos de la demanda y que cruzan los sectores industriales son ahora menores que en 1980. Por contra, los que utilizan los recursos naturales, la construcción, productos químicos sin elaboración y hostelería, auténticos núcleos estructuradores y transmisores de influencia, han aumentado considerablemente.

Podría pensarse que se han perdido caminos en los sectores industriales porque se han ganado relaciones directas; es decir, se habría ganado en cohesión. Pero eso no es cierto, puesto que, en primer lugar, como dijimos, tanto la cohesión global como el indicador de interdependencia han disminuído y, en segundo lugar, porque la mayoría de los sectores afectados pierden relaciones directas. Es más,

son precisamente los sectores que aumentan su grado de cohesión los que más ganan en relaciones directas, determinando, así, no sólo la difusión triangular, dependiente, de la influencia, sino, también, las relaciones de interdependencia. Podríamos decir que en torno a estos núcleos gira la economía andaluza heredada de la década de los 80.

6.3.-Grafos de influencia media y fuerte.

Para terminar, vamos a estudiar los cambios habidos en las relaciones de influencia relativa superiores al 5%, por medio de su grafo asociado (G_5).

El estudio de la matriz de caminos para el grafo G_5 arroja las jerarquías por niveles recogidas en los gráficos 4 y 5, para 1980 y 1990, respectivamente. De dichos gráficos puede extraerse como primera conclusión, que **la interdependencia desaparece cuando se habla de relaciones medias y fuertes**. Sólo el grafo correspondiente a 1980 presenta alguna relación circular: la de la agricultura (sector 1) con la ganadería y silvicultura (sector 2). Tal relación desaparece en 1990. La componente fuertemente conexa, analizada en el epígrafe anterior, ha estallado al elevar la significación de los coeficientes. Este hecho, pone ante nuestros ojos los auténticos núcleos que conforman la estructura productiva andaluza. Todas las relaciones importantes se encuentran reflejadas en dichos gráficos.

Ambos gráficos coinciden, básicamente, en los grandes núcleos de actividad: hacia la derecha, la hostelería (sector 47), tirando del siempre abortado complejo agroalimentario. A la izquierda, la construcción (sectores 44 y 45) y su ámbito de influencia. En el centro, los servicios y algunas actividades básicas. En los niveles inferiores, la química básica (sector 14) y las actividades extractivas (sector 4). No obstante, hay evidentes diferencias, unas más apreciables que otras, que vamos a comentar a continuación:

- La primera, y más importante, diferencia entre ambos gráficos es que el correspondiente a 1990 es bastante más complejo. Se incrementa la malla de relaciones de dependencia. Tales relaciones tienen como sectores influyentes o dominantes al de edificación, obras públicas, comercio y hostelería.
- A pesar del aumento de la complejidad, resulta que en 1990 hay catorce sectores aislados, fuera de la red de

intercambios de nivel medio y fuerte, mientras que en 1980 se quedaban en esta situación sólo ocho sectores.

- En 1990, aparece como un sector del primer nivel, con fuertes relaciones de influencia, el sector de obras públicas. Sin duda, no hay que hacer comentario alguno, por ser de conocimiento general (fecha mágica:1992), acerca del por qué de su rutilante aparición.
- El único bloque existente en 1980, agricultura con silvicultura y pesca, desaparece, quedando un grafo totalmente jerarquizado. Las relaciones de interdependencia, si ya insignificantes a ese nivel, dejan de existir literalmente. La transmisión de la influencia se hace, sólo y exclusivamente, de los sectores de los niveles superiores a los inferiores.
- Relaciones fuertes dentro de la región de los sectores 46 (comercio) y 56 (administración), con los de artes gráficas y comunicaciones desaparecen (caso del comercio con artes gráficas) o se hacen inferiores al 10%.
- Comercio, transporte y servicios personales, conforman en 1990, un núcleo de relaciones de dependencia, con relaciones de nivel medio, sin duda más estructurado que en 1980.
- La hostelería y restauración (sector 47) refuerza en número y, especialmente, en intensidad sus relaciones de influencia y, por tanto, su capacidad de arrastre, de un buen número de industrias alimentarias. Pesca, conservas de pescado y vinos, son las que en mayor medida han aumentado su dependencia de este sector.
- La agricultura, se queda más aislada e intensifica su demanda de agua, productos fitosanitarios, plásticos y caucho (la valoración de la influencia directa, arcos, es superior en 1990).
- Por último, un par de detalles curiosos: la relación, en la tabla de 1990, de intensidad media del sector 44 (edificación) con el 15 (productos químicos para la agricultura), no es muy entendible. Por otro lado, en la de

1980, la relación del sector 37 (cuero y calzado) con el 36 (textil), tampoco parece muy clara, especialmente si en 1990 el mencionado sector 37 es sustituido con una relación de fuerte intensidad (superior al 20%) por el sector 38 (confección), cosa mucho más lógica. Parece, por tanto, que, incluso a estos niveles de significación, las erratas de imprenta en la información suministrada en ambas tablas, o errores de recogida de información, pueden ser apreciables. Cosas más curiosas se observan aún analizando los grafos de las relaciones perdidas y ganadas, pero no es ése el objeto de este trabajo.

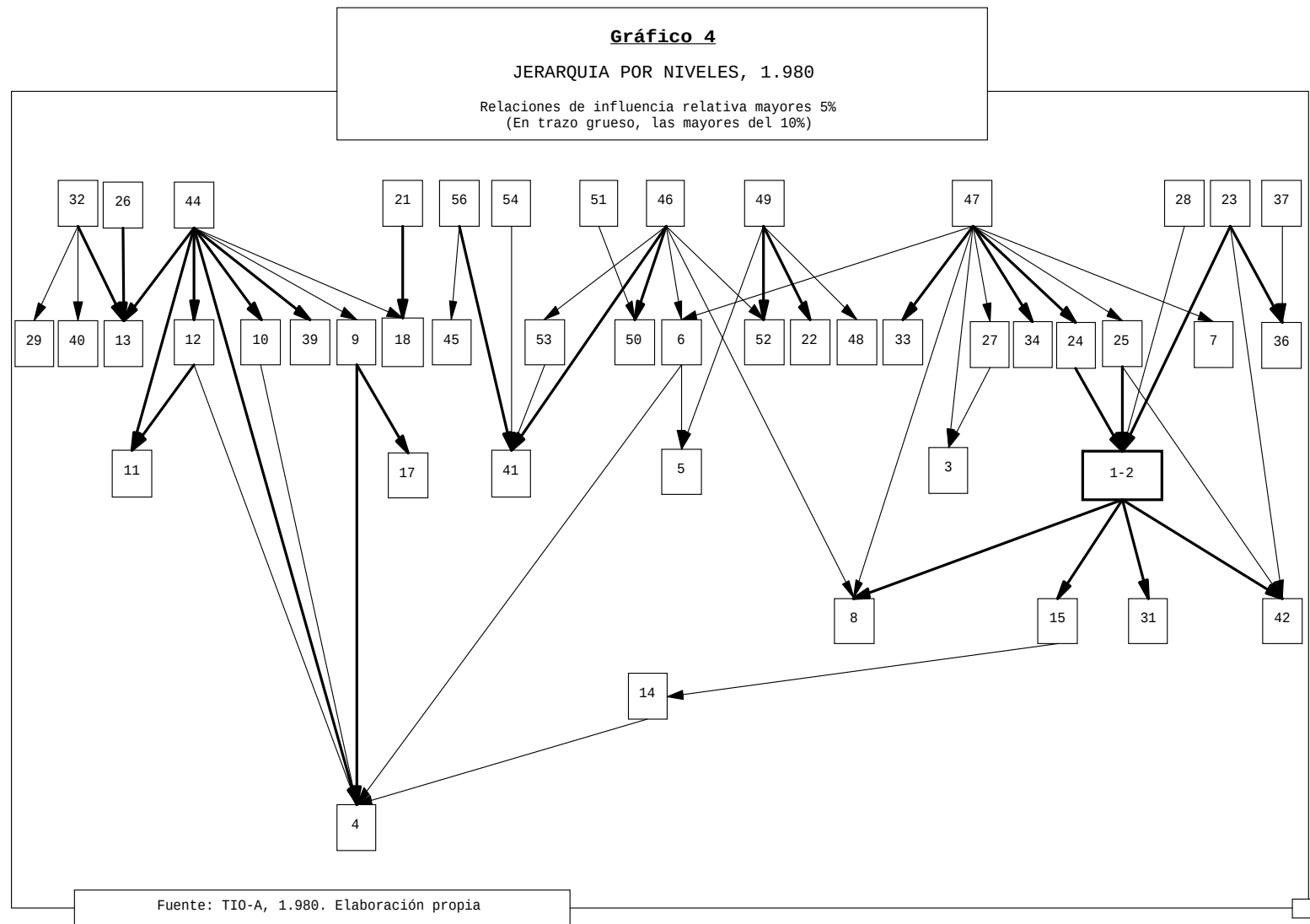
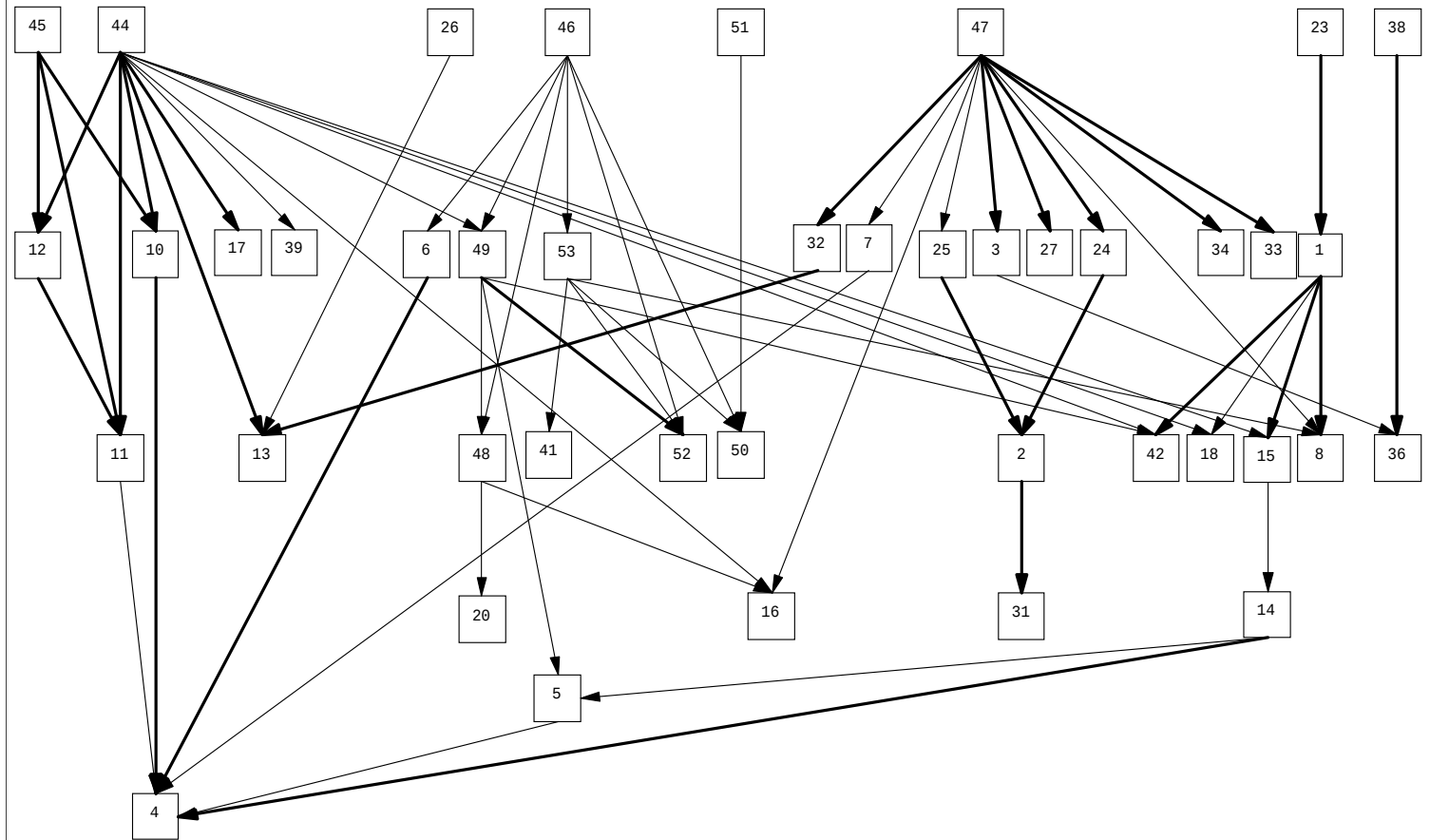


Gráfico 5

JERARQUIA POR NIVELES, 1.990
Relaciones de influencia relativa mayores 5%
(En trazo grueso, las mayores al 10%)



Fuente: TIO-A, 1.990. Elaboración propia

6.4.-Conclusiones.

Todos los anaálisis efectuados nos conducen a interpretar que la década de los noventa no ha supuesto grandes cambios en el funcionamiento general de la economía andaluza. No obstante, las tendencias detectadas deben hacernos meditar sobre si no se está produciendo una profundización en la especialización regional y en la dependencia de un núcleo de actividades, girando en torno a la hostelería y la construcción. La pérdida relativa de peso en la estructura de relaciones intersectoriales de la industria en general y, muy especialmente, de la relacionada con la alimentación, es algo tremendamente preocupante. Nunca ha sido muy brillante el papel de esta industria en el contexto andaluz, pero es que ahora, al parecer, es aún más pobre.

Por otro lado, la complejidad ganada en algunos sectores de servicios, como el comercio, el transporte, seguros o comunicaciones, habría que valorarla con mayor detalle. Los problemas del pequeño comercio, acosado por las grandes superficies con intereses no locales y la ausencia de un sector industrial digno de tal nombre, deben ser analizados a fondo antes de emitir un juicio sobre el auténtico valor y posibles consecuencias de este cambio para la economía andaluza.

Finalmente, hay que llamar la atención, una vez más, sobre el hecho de que gran parte de la influencia económica entre sectores dependa de algo tan inestable como la construcción y la hostelería. La sensibilidad de la economía andaluza a los vaivanes de ambos, la deja absolutamente inerme ante cualquier atisbo de recesión. Bién que se sabe esto por el comportamiento del mercado de trabajo andaluz y habría que pensar si la imposibilidad manifiesta de crear empleo en los últimos tiempos (en realidad, de siempre, salvo coyunturas favorables de ambos sectores), no ha sido provocada por la fuerte dependencia de las mencionadas actividades, cuya actividad cayó notablemente tras los fastos del 92.

Por otro lado, la ganancia de complejidad de las relaciones, de una mayor integración de las relaciones de intercambio entre los sectores de la economía andaluza, que aparece en el gráfico 5, puede ser un espejismo. Efectivamente, se ha ganado complejidad, pero únicamente en las relaciones de dependencia establecidas por los sectores de construcción y hostelería: la mala estructuración de la economía andaluza se ha profundizado. Podemos apoyar esta evidencia con los

datos recogidos en la tabla 13, referentes a la evolución de los indicadores estructurales, tanto de difusión cuantitativa de la influencia (tasas de interdependencia, autarquía y dependencia), como a los relacionados con la forma en que se producen esas relaciones dentro de la estructura (índices topológicos de integración directa e indirecta).

Tabla 13

Evolución de los indicadores estructurales

Indicador	1980			1990		
	G	G ₁	G ₅	G	G ₁	G ₅
 I-D 	0.184504	0.198878	0.266166	0.249564	0.269948	0.417840
i	0.005854	0.004593	0.001854	0.007915	0.003761	0
a	0.809641	0.796528	0.731982	0.742521	0.726289	0.582215
t	0.184504	0.198878	0.266164	0.249564	0.269949	0.417785
R	0.7362	0.2962	0.0258	0.7319	0.2654	0.0257
RD	0.5308	0.0760	0.0198	0.5081	0.0786	0.0201
RI	0.2054	0.2203	0.0060	0.2238	0.1869	0.0056

De los datos referentes a los grafos G (todas las relaciones), G₁ (relaciones superiores al 1%) y G₅ (relaciones superiores al 5%), para los años 1980 y 1990, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- La tasa de interdependencia (i), para el grafo G, que contempla todas las relaciones, era superior en 1990 que en 1980. Sin embargo, en cuanto se eliminan las relaciones no significativas, inferiores al 1%, los resultados son contrarios, tanto para el grafo G₁ como para el G₅. La interdependencia entre sectores, considerando las relaciones débiles, medias y fuertes, ha disminuído levemente en la pasada década. Obsérvese, de cualquier forma, la poca relevancia de este tipo de relaciones.
- La tasa de dependencia en las relaciones entre sectores ha aumentado de forma importante para todos los grafos considerados. La tasa de autarquía (reempleos), ha disminuído también significativamente.
- El indicador topológico de integración, R, basado en la matriz de distancias, no cambia en forma seria, aunque disminuye ligeramente para todos los grafos. El de relaciones directas aumenta en el mismo sentido, excepto en el grafo G

que disminuyen, poniendo de manifiesto, como en el caso anterior, la distorsión que puede provocar la contemplación de las relaciones prácticamente irrelevantes. Lógicamente, disminuyen las indirectas.

- Finalmente, el determinante estructural siempre es mayor para 1990, lo que puede indicar un menor protagonismo de las circularidades, como se dijo en su momento.

Toda esta información, plenamente coherente con el conjunto de los análisis efectuados a lo largo de este trabajo, también lo es con la apariencia de una mayor complejidad o integración, que parecía poner de manifiesto el gráfico 5. La respuesta a la aparente contradicción no puede ser más que una: la economía andaluza en la década de los 90 ha pasado por un proceso global de desestructuración acompañado de una profundización de las relaciones de dependencia sectorial basada, fundamentalmente, en factores poco o nada controlables desde su interior: la edificación, de fuerte carácter cíclico y con preocupantes connotaciones económicas, en las que no podemos entrar ahora, las obras públicas que fueron pero que no sabemos hasta cuando no volverán³⁰, y la hostelería y restauración, cuyas características son de sobra conocidas. Por otro lado, la intensificación de la influencia sobre la producción de recursos naturales limitados (extractivas, pesca, agua, tierras y piedra natural), que puede contemplarse en el gráfico 5, es algo que también debiera preocupar.

Lamentablemente, hemos sobrepasado con creces el espacio disponible y no podemos entrar en análisis más detallados que, sin duda, la teoría de grafos es capaz de instrumentar: estudio de la transmisión cuantitativa de la influencia a través de caminos, circuitos geodésicos, búsqueda de las bases de causalidad en la estructura, conjuntos de cohesión, etc. Esperamos, de cualquier forma, que se halla conseguido el doble objetivo perseguido: poner de manifiesto las posibilidades de esta técnica en el análisis input-output y hacer un balance genérico de los cambios más significativos habidos en la estructura productiva andaluza en la década de los 80.

³⁰Probablemente una actualización de la tabla del 90 a la fecha de hoy, daría como resultado la desaparición de gran parte de las relaciones ligadas a este sector y a la construcción. Las dificultades de convertir una observación única en un modelo estructural son bastantes evidentes. Probablemente, la tabla de relaciones intersectoriales es una forma estupenda de recabar información y cuadrar las magnitudes contables regionales, pero mucho nos tememos que deje mucho de desear en cuanto a modelo económico capaz de ser usado con fines predictivos o de simulación, que vayan más allá de la simple estática comparativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUGUSTINOVICS, M.(1970): *Methods of International and Intertemporal Comparison of Structure*, en CARTER Y BRODY(1970); pp. 249-269; vol. 1)
- BAVELAS, A.(1950): *Communication Patterns in Task Oriented Groups*, **J. Acconst. Soc. Amer.** , nº 22, 1950, pp. 725-730.
- BERGE, C.(1962): **Teoría de las Redes y sus Aplicaciones**. Cía. Editorial Continental, S.A., 1962.
- CAHIERS DU CENTRE, ESPACE, ENVIRONNEMENT(1977): **Le digraphe**, Económica, París, 1977.
- DORFMAN, R., SAMUELSON, P.A.y SOLOW, R.M.(1972): **Programación Lineal y Análisis Económico**, De. Aguilar, 1972.
- FONTELA, E. y GABUS, A.(1974): **Structural Analysis of the World Problematique**, Dematel Report, Battelle Institut, Genève, 1974.
- GAZON, J. y NIHON, M.(1976): **La dominance Economique dans le Structure de Production Belge et ses Implications pour une Politique de Relance**, Research Paper 7602, CREDEL, Univeersité de Liège, 1976.
- GAZON, J.(1976): **Transmisión de la Influence Economique. Une Approche Structurale**, Sirey, París, 1976.
- HARARY, NORMAN Y CARTWRIGHT(1968): **Introduction á la Theorie des Graphes Orientés. Modèles Structuraux**. París, Dunod, 1968.
- HURIOT, (1974): **Dependence et Hiérarchie dans une Structure Interindustrielle**, De. Sirey, París, 1974.
- JILEK, J.(1971): **Choix des Coefficientes Techniques les Plus Importants d'Aprés des Tableaux Normalisés d'Echanges Interindustrielles de Vingt Pays de la CEE**, Documento presentado en la Reunión d'experts sur l'analyse comparative des strcutures économiques des pays de la CEE, Genève, 1971.
- KAUFMANN, A.(1976): **Puntos y flechas: Teoría de los Grafos**. Boiserau, 1976.
- KREWERAS, G.(1972): **Graphes, Chaînes de Markov et Quelques Applications Economiques**, París, Dolloz, 1972.
- LANGE, O.(1964): **Inroducción a la Econometría**, Fondo de Cultura Económica, 1964.
- LANTNER, R.(1974): **Théorie de la Dominance Economique**, París, Dunod, 1974.
- MCLEAN, M. Y SHEPHERD, P.(1976): *The Importance of Models Structure, Futures*, 8, febrero 1976, pp. 4456-462.
- MORILLAS, A.(1979): *Multiplicadores y Modelo de Empleo en el Análisis Input-Output. El Caso de Andalucía*, en **Metodología y Aplicaciones del Análisis Input-Output**, I.D.R. de Sevilla y Banco de Bilbao, 1980.
- MORILLAS, A.(1983): *Indicadores "Topológicos" de las Características Estructurales de una Tabla Input-Output*, **Investigaciones Económicas**, nº 20, enero-abril 1983, pp. 103-118.

- MORILLAS, A.(1983a): **La Teoría de Grafos en el Análisis Input-Output. La Estructura Productiva Andaluza.** Universidad de Málaga, 1983.
- MOUGEOT, D., DURU, G. y AURAY, J.P.(1977): **La Structure Productive Francaise,** París, Económica, 1977.
- ORE, O.(1962): **Theory of Graphs,** American Mathematical Society, 1962.
- ORE, O.(1970): **Les Graphes et leurs Applications,** Dunod, París, 1970.
- PAELINK, J. y otros(1966): **Etude Comparée des Tableaux d'Entrées et de Sorties des Communautés Européennes,** Namur, CERUNA, 1966.
- PONSARD, C.(1969): **Un Modèle Topologique d'Equilibre Economique Interrégional,** Dunod, París, 1969.
- POULON, F.(1980): *Graphe, Crise et Circuit Keynesien,* **Revue d'Economie Politique,** n° 4, 1980, pp. 371-409.
- ROSENBLATT, D.(1957): *On Linear Models and the Graphs of Minskowski-Leontief Matrices,* **Econometrica,** vol. 25, n° 2, 1957, pp. 325-338.
- ROSSIER, E.(1978): **La Notion de Cohésion et l'Analyse des Structures Interdépendantes,** Cahiers du Département d'Econométrie, Université de Genève, 1978.
- ROSSIER, E.(1980): **Economie Structurale,** Económica, París, 1980.
- ROY, B.(1970): **Algèbre Moderne et Theorie des Graphes,** Dunod, París, 1970, 2 vol.
- SEGURA, J.(1966): *Estructura y Proyección en el Modelo Input-Output,* **Estadística Española,** julio-septiembre, 1966, pp. 17-36.
- SIMON, H.A.(1953): *Causal Ordering and Identifiability,* en HOOD, W.C. y KOOPMANS, T.: **Studies in Econometric Method,** Yale University Press, 1953.
- TINBERGEN, J.(1940): *Econometric Business Cycle Research,* **Review of Economic Studies,** vol. 7, 1940, pp. 73-90.
- WHITIN, T.M.(1954): *An Economic Application of Matrices and Trees,* en MORGENSTERN, O.: **Economic Activity Analysis,** New York, John Wiley, 1954, pp. 401-418.
- WOLD, H.(1954): *Causallity and Econometrics,* **Econometrica,** vol. 22, 1954, pp. 162-177.