

## DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES IMPORTANTES POR NIVELES TECNOLÓGICOS: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL MODELO DE MIYAZAWA

ANA SALOMÉ GARCÍA MUÑIZ

*Universidad de Oviedo*

FIDEL AROCHE REYES

*Universidad Autónoma de México*

CARMEN RAMOS CARVAJAL

*Universidad de Oviedo*

*El estudio sistemático del modo en que se organizan y disponen los intercambios en la estructura productiva, permite obtener una información enriquecedora, si se relaciona con la capacidad innovadora de las distintas ramas de la producción. El método propuesto por Miyazawa (1966,1971) aplicado a la descomposición de las interrelaciones sectoriales por niveles tecnológicos, puede ser especialmente adecuado para este propósito. A partir de esta metodología, el presente trabajo, profundiza en el conocimiento de la articulación productiva, determinando aquellos coeficientes importantes (Aroche Reyes, 1996, 2002) en la difusión de la influencia económica en y/o entre perfiles tecnológicos.*

*Palabras clave: Teoría de grafos, análisis input-output, innovación.*

(JEL C67)

### 1. Introducción

El entramado productivo constituye uno de los factores determinantes de la capacidad de innovación de un territorio. A su vez, la innovación tecnológica resulta crucial en cualquier proceso de desarrollo económico (Schumpeter, 1912, 1927, 1942) y constituye un factor determinante del nivel de competitividad de una nación o región en el largo plazo. El

Los autores agradecen a los evaluadores sus comentarios que sin duda han contribuido a mejorar el presente artículo. No obstante, cualquier posible error corresponderá exclusivamente a los autores.

análisis de las transacciones interindustriales hace posible una aproximación al estudio de la innovación y de su difusión, como ya se puso de manifiesto en los mismos inicios del análisis *input-output* (Leontief, 1928). En este sentido, la producción y los eslabonamientos hacia atrás y hacia delante son un mecanismo de difusión tecnológica esencial en una economía (Fanjul *et al.*, 1975; Andersen, 1996). Por ejemplo, las industrias integradas dentro de un sistema económico establecen mecanismos de cooperación ya sea voluntaria o accidentalmente, y una industria innovadora puede detonar mecanismos similares en actividades conexas. A este respecto, el análisis del entramado de las relaciones interindustriales, a través de los coeficientes técnicos de los *inputs* intermedios y del valor añadido de los *inputs* primarios, suministra la información básica sobre los determinantes del cambio tecnológico (Vaccara 1970, Fontela y Pulido 1991). Los trabajos de Pasinetti (1981), Carter (1990) y DeBresson (1994, 1996) sobre la integración vertical de los sectores, los beneficios de la innovación y su creación y difusión, han impulsado esta línea de investigación a lo largo de los últimos años.

Los estudios sobre tecnología e innovación mediante matrices de intercambios (*input-output*) han sido muy numerosos<sup>1</sup>. Estos trabajos, generalmente, abundan en la idea de cuantificar el conocimiento incorporado, introduciendo ciertos indicadores, a modo de coeficientes, en el modelo. No obstante, a nuestro entender, ninguno toma en cuenta la importancia, que para la difusión pueden tener las características propias de la estructura que soporta los intercambios entre las diferentes industrias.

En este sentido, el estudio sistemático del modo en que se organizan y disponen los intercambios en la estructura productiva, permite obtener una información enriquecedora, si se relaciona con la capacidad innovadora de las distintas ramas de la producción. El método propuesto por Miyazawa (1966,1971) aplicado a la descomposición de las interrelaciones sectoriales por niveles tecnológicos, puede ser adecuado para este propósito. En efecto, siguiendo a Miyazawa, es posible identificar bloques de ramas productivas con diferentes niveles tecnológicos –alto, medio y bajo– definidos previamente. Estos bloques muestran diversas capacidades de generación de innovación que pueden trans-

<sup>1</sup> Véanse los trabajos pioneros de Terleckyj (1974) y Scherer (1982). Desarrollos más recientes son los llevados a cabo por Los (1997), Sakurai *et. al.* (1997), Wolff (1997) y Mohnen (1999).

mitir influencia hacia el resto de los bloques, a través de los flujos de demanda intermedia establecidos entre ellos, en el sentido del modelo *Input-Output* (IO).

A partir de esta metodología, el presente trabajo, profundiza en el conocimiento de la articulación productiva, determinando aquellos coeficientes importantes (Aroche Reyes, 1996; Aroche Reyes, 2002) en la difusión de la influencia económica en o entre perfiles tecnológicos. El trabajo se organiza de la siguiente manera: tras el detalle de la información estadística empleada, se desarrolla el método de descomposición de Miyazawa y se propone un análisis de sensibilidad estructural por niveles tecnológicos. El artículo incluye el análisis de la estructura económica, innovación y su difusión en la economía europea en 1995. Este estudio empírico ha permitido alcanzar algunas conclusiones acerca de este fenómeno en Europa y su relación con la forma que ha adoptado esta estructura económica.

## 2. Información estadística

La información de partida es la recogida en la tabla *input-output* de la Unión Europea de 1995 (TIOEU-95), por ser ésta la última publicada para Europa<sup>2</sup>. Dicha matriz se encuentra desagregada en 25 sectores, sin referencia al grado de complejidad tecnológica observada en cada rama.

La identificación de los diferentes perfiles tecnológicos de las ramas productivas analizadas precisa de una tipificación de las actividades económicas que la componen, según su grado de desarrollo tecnológico. La elaboración de una clasificación de las industrias supone numerosas dificultades, que han sido y están siendo abordadas por organismos como la OCDE o EUROSTAT y más recientemente institutos de estadísticas nacionales como el Instituto Nacional de Estadística (INE). Conscientes de que no existe una definición precisa del concepto de nivel tecnológico, sobre todo si se considera el carácter variable del mismo y la heterogeneidad presente en cada sector<sup>3</sup>, hemos recurrido a estas convenciones que existen internacionalmente para clasificar

<sup>2</sup> Agradecemos al profesor Jörg Beutel, encargado de la elaboración de las tablas europeas, habernos facilitado dicha tabla.

<sup>3</sup> En este sentido considérese que, por un lado, lo que hoy es alta tecnología podrá ser tecnología tradicional en el futuro, y por otro lado, que cada uno de los sectores puede presentar, dentro del mismo, circunstancias muy diferentes que no se corresponde exactamente con el nivel tecnológico asignado.

los distintos sectores productivos en función de la intensidad en I+D de los mismos. En el presente trabajo, hemos catalogado las ramas de la tabla IO de Europa de acuerdo a la clasificación proporcionada por EUROSTAT<sup>4</sup> de los sectores según su intensidad en I+D, la cual aparece recogida en el Cuadro 1. En la primera columna se muestra los sectores incluidos en la TIOEU-95 y, en la segunda, su correspondencia según la clasificación proporcionada por EUROSTAT. A este respecto, EUROSTAT utiliza la clasificación de la OCDE, estableciendo la correspondencia con los sectores de la Nomenclatura de Actividades Económicas de la Comunidad Europea (NACE). Análogamente a esta clasificación de la industria manufactura, EUROSTAT ofrece además una categorización de los servicios intensivos en conocimientos (*Knowledge-intensive services*, KIS).

CUADRO 1  
Clasificación sectorial según intensidad en I+D

Sectores	Nivel tecnológico
1. Agricultura, silvicultura, pesca	Bajo*
2. Productos energéticos	Medio
3. Minerales y metales férricos y no férricos	Medio
4. Productos minerales no metálicos	Medio
5. Química	Alto
6. Productos metálicos excepto maquinaria	Medio
7. Maquinaria industrial y agrícola	Alto
8. Máquinas de oficina, material inform.	Alto
9. Material y accesorios eléctricos	Alto
10. Otro material de transporte	Alto
11. Alimentación, bebida y tabaco	Bajo
12. Textil, vestido, cuero y calzado	Bajo
13. Papel y edición	Bajo
14. Caucho y plástico	Medio
15. Otras manufacturas	Bajo
16. Construcción	Bajo
17. Reciclaje, servicios reparación, comercio	Bajo
18. Hostelería	Bajo
19. Servicios de transporte terrestre	Bajo
20. Servicios de transporte marítimo y aéreo	Alto
21. Servicios auxiliares de transporte	Bajo
22. Comunicaciones	Alto
23. Servicios de cdto e instituciones de seguro	Alto
24. Otros servicios de mercado	Alto
25. Servicios de no mercado	Bajo

\*Los sectores tecnológicos señalados con un asterisco, corresponden a aquellos que no aparecen directamente en las clasificaciones disponibles. Se les ha asignado un perfil de baja tecnología dadas sus características. El sector otros servicios de mercado incluye, entre otras ramas, la de investigación y desarrollo, por eso se le ha asignado un nivel tecnológico alto.

<sup>4</sup>Ver [http://europa.eu.int/estatref/info/sdds/en/hitech/hitech\\_base.htm](http://europa.eu.int/estatref/info/sdds/en/hitech/hitech_base.htm).

### 3. Metodología

La difusión tecnológica constituye un proceso complejo determinante en el crecimiento y el desarrollo económico, cuyo comportamiento depende en gran medida de la capacidad de absorción y adaptación de las unidades empresariales (Rosenberg, 1976). En su transmisión son fundamentales tanto las redes de información como la articulación de los sistemas productivos analizados. Ambos factores se revelan como esenciales en escenarios en los que predominan empresas de dimensión pequeña y mediana como es el caso de muchas de las regiones de la Unión Europea. Las relaciones recogidas en la red económica definida, determinan la posible ventaja competitiva de sus unidades y su capacidad de aprovechamiento de las discontinuidades tecnológicas que puedan presentarse (Utterback, 1994; Foster, 1986).

Un análisis detallado de las conexiones productivas permite un estudio exhaustivo de los efectos probables de impactos exógenos o endógenos tanto en la estructura productiva global, como en sectores del mismo y/o diferente perfil tecnológico. En este sentido, es necesario un desglose de la estructura económica por bloques tecnológicos, que permita diferenciar los efectos generados entre y dentro de los mismos. El método de descomposición desarrollado por Miyazawa (1966, 1971) para el análisis de sistemas económicos multi-regionales, y extendido por Sonis y Hewings (1993) a un ámbito regional unidimensional, resulta una técnica adecuada para la observación de las relaciones existentes entre niveles tecnológicos dado el nivel de desagregación de los efectos producidos entre estratos. El método propuesto en este trabajo analiza las relaciones entre bloques de ramas diferenciados por la complejidad de la tecnología empleada en un sistema económico no regionalizado. Su aplicación permite perfilar una sinopsis de las interacciones establecidas tanto entre como dentro de los bloques tecnológicos predeterminados. A partir de este enfoque, proponemos determinar cuáles de estas relaciones y sectores son importantes a través de un análisis de sensibilidad (Aroche Reyes, 1996 y 2002).

#### 3.1 Descomposición por niveles tecnológicos

Considérese, en este sentido, una matriz *input-output* con una desagregación sectorial de  $n$  ramas productivas, de las cuales  $p$  sectores

representan actividades de alto y medio nivel tecnológico, mientras que el resto de ellas presentan un bajo nivel tecnológico<sup>5</sup>.

Sea el modelo clásico de demanda de Leontief (1941):

$$X = AX + Y \implies X = BY \quad [1]$$

donde  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos,  $B = (I - A)^{-1}$  la matriz inversa de Leontief y  $X$  e  $Y$  representan los vectores de producción y demanda final, respectivamente. Este modelo se puede desglosar en una estructura bipartita en torno a los dos conglomerados tecnológicos.

Los diferentes componentes del modelo pueden ser definidos atendiendo a la intensidad en I+D mostrada por los sectores productivos. Identificados los sectores de alta-media (1) y baja tecnología (2), la matriz de coeficientes técnicos ( $A$ ) se puede expresar como:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{pmatrix} = A_1 + A_2 \quad [2]$$

donde  $A_{11}$  y  $A_{22}$  son matrices cuadradas<sup>6</sup> que recogen las relaciones dentro de las ramas de alta-media y baja tecnología, respectivamente, y  $A_{21}$  y  $A_{12}$  representan matrices rectangulares<sup>7</sup> de intercambios entre niveles tecnológicos.

Análogamente, la matriz inversa de Leontief ( $B$ ) se descompone en:

$$B = (I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \quad [3]$$

Y el *output* total y la demanda final como:

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} \quad [4]$$

De forma que, el modelo de demanda de Leontief particionado por niveles tecnológicos, puede expresarse como:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11}Y_1 + B_{12}Y_2 \\ B_{21}Y_1 + B_{22}Y_2 \end{pmatrix} \quad [5]$$

<sup>5</sup>El modelo puede extenderse al caso de tres o más grupos de ramas (Hewings *et al.*, 1999).

<sup>6</sup>El orden de  $A_{11}$  es (p x p), y el de  $A_{22}$  es (q x q).

<sup>7</sup>El orden de  $A_{21}$  es (p x p), y el de  $A_{12}$  es (q x q).

La producción de cada uno de los bloques tecnológicos se descompone en dos términos:

$$\begin{aligned} X_1 &= B_{11}Y_1 + B_{12}Y_2 = X_1^1 + X_1^2 \\ X_2 &= B_{22}Y_2 + B_{21}Y_1 = X_2^2 + X_2^1 \end{aligned} \quad [6]$$

Por un lado, el *output* total de los sectores de alta tecnología consta de la producción auto-generada por dicho bloque ( $X_1^1$ ) como respuesta a los impactos originados en su estructura interindustrial ( $B_{11}$ ) ante cambios en la demanda de dichos sectores ( $Y_1$ ). Y por otro, de la producción no auto-generada ( $X_1^2$ ) a través del multiplicador entre bloques ( $B_{12}$ ), ante modificaciones de la demanda de las ramas de baja tecnología ( $Y_2$ ). Análogamente, la producción de los sectores de baja tecnología se constituye en torno a una parte auto-generada ( $X_2^2$ ) y otra no auto-generada por el propio nivel tecnológico ( $X_2^1$ ).

Esta descomposición permite detallar, siguiendo a Miyazawa (1966, 1971), los impactos tanto directos como indirectos, generados en la estructura económica a tres niveles: efectos internos generados dentro de cada bloque tecnológico, efectos externos propagados por dichos niveles tecnológicos y efectos de retroalimentación producidos inter-grupos.

—*Efectos internos*

Los diferentes impactos pueden ser calculados a partir de la matriz inversa de Leontief ( $B$ ), cuya expresión dada la fórmula de Schur (Schur, 1917; Miyazawa, 1962; Sonis y Hewings, 1993) se puede plantear como:

$$B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{11}A_{12}B_2 \\ B_{22}A_{21}B_1 & B_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{11} & B_1A_{12}B_{22} \\ B_2A_{21}B_{11} & B_{22} \end{pmatrix} \quad [7]$$

donde las matrices  $B_1 = \{b_{ij}^1\}$ ,  $B_2 = \{b_{ij}^2\}$ :

$$\begin{aligned} B_1 &= (I - A_{11})^{-1} \\ B_2 &= (I - A_{22})^{-1} \end{aligned} \quad [8]$$

representan los denominados multiplicadores internos de Miyazawa (1966, 1971), indicadores de la propagación de los efectos interindustriales dentro de cada nivel tecnológico y las matrices  $P_1 = A_{21}B_1$ ,  $T_1 = A_{12}B_2$ ,  $P_2 = B_1A_{12}$ ,  $T_2 = B_2A_{21}$  muestran los efectos inducidos sobre los outputs o inputs entre niveles tecnológicos<sup>8</sup>.

<sup>8</sup>Una interpretación detallada de estos elementos puede ser consultada en Hewings *et. al.* (1999).

A partir de dichos multiplicadores internos de Miyazawa se puede determinar entonces la producción autónoma de cada uno de los bloques tecnológicos  $H_1 = \{h_i^1\}$  y  $H_2 = \{h_i^2\}$  como:

$$\begin{aligned} H_1 &= B_1 Y_1 \\ H_2 &= B_2 Y_2 \end{aligned} \quad [9]$$

—*Efectos externos*

Los efectos debidos a las transacciones productivas entre estados tecnológicos ( $P_2, T_2$ ) definen los multiplicadores externos de Miyazawa (1966, 1971):

$$\begin{aligned} \Lambda_1 &= (I - P_2 T_2)^{-1} = (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} = (I - Z_1)^{-1} \\ \Lambda_2 &= (I - T_2 P_2)^{-1} = (I - B_2 A_{21} B_1 A_{12})^{-1} = (I - Z_2)^{-1} \end{aligned} \quad [10]$$

donde las matrices  $Z_1 = \{z_{ij}^1\}$  y  $Z_2 = \{z_{ij}^2\}$  recogen los términos y  $Z_1 = B_1 A_{12} B_2 A_{21}$  y  $Z_2 = B_2 A_{21} B_1 A_{12}$ , respectivamente.

—*Efectos de retroalimentación*

La inclusión tanto de los *inputs* directos que circulan internamente dentro de cada bloque tecnológico ( $A_{11}, A_{22}$ ) como de los *inputs* indirectos ( $A_{12} B_2 A_{21}, A_{21} B_2 A_{12}$ ) generados por la propia auto-influencia propagada a través de la otra agrupación tecnológica, define los denominados complementos de Schur y  $S_1 = \{s_{ij}^1\}$  y  $S_2 = \{s_{ij}^2\}$ :

$$\begin{aligned} S_1 &= A_{11} + A_{12} B_2 A_{21} \\ S_2 &= A_{22} + A_{21} B_1 A_{12} \end{aligned} \quad [11]$$

los cuales constituyen impactos de retroalimentación (Miller y Blair, 1985), es decir, una conjunción de sinergias y efectos externos entre niveles. A partir de las mismas expresiones de Schur se determinan los multiplicadores de Leontief extendidos  $D_1 = \{d_{ij}^1\}$  y  $D_2 = \{d_{ij}^2\}$ :

$$\begin{aligned} D_1 &= (I - S_1)^{-1} \\ D_2 &= (I - S_2)^{-1} \end{aligned} \quad [12]$$

los cuales muestran la influencia de los *inputs* del otro bloque tecnológico.

Usando el método de descomposición de Miyazawa, los multiplicadores de Leontief extendidos pueden descomponerse asimismo en el producto



de los multiplicadores internos y externos describiendo la influencia directa e inducida.

A este respecto, dados los efectos mencionados, la matriz inversa de Leontief se puede descomponer en el producto de tres matrices (Sonis y Hewings, 1993):

$$B = \begin{pmatrix} \Lambda_1 & 0 \\ 0 & \Lambda_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & B_1 A_{12} \\ B_2 A_{21} & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_1 & 0 \\ 0 & B_2 \end{pmatrix} \quad [13]$$

que permiten aislar los efectos intra e interbloques tecnológicos. Por un lado, la matriz de multiplicadores externos  $\begin{pmatrix} \Lambda_1 & 0 \\ 0 & \Lambda_2 \end{pmatrix}$  recoge la propagación externa que difunde cada uno de los conglomerados tecnológicos, por otro, la matriz  $\begin{pmatrix} I & B_1 A_{12} \\ B_2 A_{21} & I \end{pmatrix}$  representa las sinergias entre los sectores de distinta intensidad tecnológica y finalmente, la matriz de multiplicadores internos  $\begin{pmatrix} B_1 & 0 \\ 0 & B_2 \end{pmatrix}$  muestra la propagación de la influencia económica dentro de cada bloque tecnológico.

Resolviendo el producto de estas matrices:

$$B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Lambda_1 B_1 & \Lambda_1 B_1 A_{12} B_2 \\ \Lambda_2 B_2 A_{21} B_1 & \Lambda_2 B_2 \end{pmatrix} \quad [14]$$

se puede derivar las interrelaciones entre los efectos estudiados:

$$\begin{aligned} B_{11} &= \Lambda_1 B_1 = D_1 \\ B_{22} &= \Lambda_2 B_2 = D_2 \end{aligned} \quad [15]$$

de tal forma que, por ejemplo, los efectos de retroalimentación de los sectores de alta-media tecnología provocados por los *inputs* de los sectores de baja tecnología se pueden calcular como el producto de los propios multiplicadores externos e internos del bloque de alta tecnología.

Asimismo, se puede llegar a establecer la conexión entre la producción autogenerada  $(X_1^1, X_2^2)$  y autónoma  $(H_1, H_2)$  de cada uno de los bloques tecnológicos, puesto que dada la anterior igualdad entonces:

$$\begin{aligned} X_1^1 &= B_{11} Y_1 = \Lambda_1 B_1 Y_1 = \Lambda_1 H_1 \\ X_2^2 &= B_{22} Y_2 = \Lambda_2 B_2 Y_2 = \Lambda_2 H_2 \end{aligned} \quad [16]$$

De esta forma, las diferentes matrices de coeficientes técnicos y sus inversas contienen información relevante sobre la importancia de los diferentes sectores a nivel interno, externo o interbloques tecnológicos. En qué medida estos elementos o coeficientes son importantes, es una pregunta cuya respuesta puede ser analizada bajo la óptica del análisis de sensibilidad estructural.

### 3.2 Análisis de sensibilidad estructural. enfoque clásico

El análisis de sensibilidad estructural permite identificar los coeficientes más importantes como aquellos que ante mínimas variaciones de su valor lleven asociados mayores cambios en la producción sectorial. De acuerdo con los supuestos del modelo IO, mientras los precios permanezcan fijos, los productores no tienen incentivos para modificar la tecnología elegida y, por lo tanto, las matrices  $A$  y  $B$  de coeficientes técnicos y inversa de Leontief, respectivamente, permanecen constantes. Así, la dinámica de la economía se explica por las variaciones que puede acusar el vector de demanda final  $Y$ . Si por el contrario se supone que este vector  $Y$  permanece constante, pero que un coeficiente dado  $a_{ij} \in A$  cambia, algunos elementos de la matriz  $B$  variarán en proporciones diversas en virtud de la complejidad que presenta la estructura productiva, así como también cambiará el vector  $X$  de producción.

Es decir, una variación en un coeficiente  $a_{ij}$  tendrá efectos directos e indirectos en el nivel de producción de al menos una rama o sector y, en el límite, de todas las ramas de la economía, debido a las conexiones directas e indirectas que cada sector mantiene con el resto y que se cruzan en el coeficiente  $a_{ij}$  (Siebe, 1996):

$$\Delta x_k = \frac{b_{ki} \Delta a_{ij}}{1 - b_{ji} \Delta a_{ij}} \sum_{l=1} b_{jl} y_l \quad [17]$$

En una matriz de coeficientes tales modificaciones pueden explicarse en principio por el cambio técnico (Skolka, 1983), pero también pueden deberse a cambios estadísticos o heterogeneidad de productos incluidos en una rama, o incluso a la incertidumbre estadística (Bullard and Sebold, 1977). De este modo, el modelo IO que normalmente aparece como determinístico, puede también incorporar perturbaciones estocásticas. Siguiendo los trabajos de Sherman y Morrison (1950) y Evans (1954), para  $b_{ij} \in B, a_{ij} \in A$ :

$$x_k^1 = \sum_l b_{kl}^1 y_l = \sum_l b_{kl}^0 y_l + \sum_l \Delta b_{kl} y_l \quad [18]$$

donde

$$\Delta b_{kl} = \frac{b_{ki} b_{jl} \Delta a_{ij}}{1 - b_{ji} \Delta a_{ij}} \quad [19]$$

De este modo, siguiendo el algoritmo de Sherman y Morrison (1950) para estimar los impactos en las entradas de la inversa de una matriz cuando se cambia un elemento de la matriz original ( $a_{ij}^1 = a_{ij}^0 + \Delta a_{ij}$ ),

se pueden encontrar los llamados coeficientes importantes (CI), definidos por el método de los índices de sensibilidad, presentado en la literatura por Jílek (1971)<sup>9</sup>. Este trabajo es en realidad una extensión del algoritmo de Sherman y Morrison ya citado. De acuerdo con el trabajo de Jílek (1971), si se incrementa cada  $a_{ij} \in A$  en cierta proporción, tanto la matriz inversa de Leontief  $B$  como el vector  $X$  mostrarán cambios de distinta magnitud, en cada una de sus entradas. Esta hipótesis permite clasificar el conjunto de coeficientes  $a_{ij}$  de acuerdo con sus efectos potenciales en el sistema económico. El método de los índices de sensibilidad determinará la tasa máxima de cambio de cada entrada  $a_{ij} \in A$ , de modo que la producción sectorial varíe en una proporción pequeña (lo usual 1%), mientras la demanda final permanece constante (Jílek, 1971; Skolka, 1983; Forsell, 1983; Schintke y Stäglin, 1988; Aroche Reyes, 1996; Schnabl, 2003).

La fórmula que, de acuerdo a estos principios, determina la sensibilidad de los coeficientes es la siguiente (Schintke y Stänglin, 1988; Holub y Schnabl, 1994):

$$r_{ij} = \frac{1}{a_{ij} \left( \alpha_{ji} + \alpha_{ii} \frac{x_j}{x_i} \right)} \quad [20]$$

donde  $r_{ij}$  muestra el porcentaje máximo de variación del coeficiente  $a_{ij}$  asociado a cambios en la producción inferiores al 1%,  $a_{ij}$  recoge el coeficiente técnico entre los sectores *i-ésimo* y *j-ésimo*,  $\alpha_{ij}$  indica el elemento correspondiente de la matriz inversa de Leontief y  $x_i$  representa la producción del sector *i-ésimo*. Bajo esta óptica, un coeficiente será más importante cuanto menor sea el porcentaje de variación máxima aceptable ( $r_{ij}$ ). Es decir, los coeficientes importantes se definen por el método de los límites de tolerancia, de tal manera que aquellas entradas de la matriz de coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ) cuyos cambios tienen un mayor impacto en la matriz inversa de Leontief y, por lo tanto, en la producción, son consideradas importantes, porque el sistema es más sensible a cambios en dicha celda ( $a_{ij}$ ).

Siguiendo convenciones establecidas con anterioridad en los desarrollos empíricos de esta metodología (Forsell, 1983; Skolka, 1983; Schintke y Stäglin, 1988, Aroche Reyes, 1996 y 2002; Schnabl, 2003; Tarancón y del Río, 2005, entre otros), se establece que los CI son aquellos que ante cambios inferiores al 20% provocan una modificación en la producción sectorial de ciertas ramas de no más del 1%. Estos límites, si bien pue-

<sup>9</sup> Quien a su vez cita un trabajo de Yershof publicado en Moscú en 1965.

den ser razonables, son por supuesto arbitrarios. Sin embargo, hasta donde sabemos, tales parámetros se han mantenido en la mayor parte de los trabajos que abordan este tema, quizá porque de alguna manera se espera que los resultados en los diversos ejercicios se conserve cierto rango de comparabilidad<sup>10</sup>. No obstante, como señala Schnabl (2003), esta convención puede resultar adecuada como práctica al uso, si bien no existe justificación teórica para la idoneidad de dicho umbral.

### 3.3 *Análisis de sensibilidad estructural diferenciado por niveles tecnológicos*

Este enfoque de análisis de sensibilidad estructural puede ser ampliado, considerando de forma detallada los impactos posibles generados entre niveles tecnológicos. La determinación de los CI dentro de los bloques tecnológicos e intertecnológicos siguiendo el método de Miyazawa, ofrece un campo de aplicación para el análisis estructural donde será posible encontrar las conexiones intersectoriales fundamentales para la forma en que se transmiten las influencias entre los sectores económicos.

Dado el modelo de demanda particionado por niveles tecnológicos, las variaciones de los coeficientes técnicos –o sus equivalentes en el método de descomposición propuesto por Miyazawa– repercutirán en la correspondiente matriz inversa y en el vector de producción, *ceteris paribus* la demanda final. A este respecto, considérese una variación en los coeficientes técnicos interiores del bloque de sectores de alta-media tecnología:

$$\tilde{a}_{ij}^{11} = a_{ij}^{11} + \Delta a_{ij}^{11} \quad [21]$$

Siguiendo a Sherman y Morrison (1950) y Evans (1954), y de manera análoga al análisis antes de la partición, entonces la nueva producción autónoma para los sectores de alta y media tecnología ( $H_1$ ) será:

$$\tilde{h}_{(k)}^1 = \sum_l \tilde{b}_{kl}^1 y_l^1 = \sum_l b_{kl}^1 y_l^1 + \sum_l \Delta b_{kl}^1 y_l^1 \quad [22]$$

<sup>10</sup> Por otra parte, Aroche (2001) hace un ejercicio de agrupamiento de las industrias en una economía de acuerdo con los mayores coeficientes en la matriz. Variando el tamaño del filtro, se obtienen diversos resultados y diversos niveles de complejidad de la estructura productiva. Por ejemplo, si el límite de tolerancia  $r_{ij}$  para elegir los CI es muy alto, un mayor número de entradas de la tabla  $A$  podrá ser catalogado como “importante” y si, por el contrario el objetivo de la investigación fuera eliminar al mayor número de celdas como importantes, el límite debería ser menor.

donde:

$$\Delta b_{kl}^1 = \frac{b_{ki}^1 b_{ji}^1 \Delta a_{ij}^{11}}{1 - b_{ji}^1 \Delta a_{ij}^{11}} \quad [23]$$

Por tanto, la modificación del coeficiente técnico interior modificará la producción de una serie de sectores, debido a las conexiones directas en indirectas establecidas en la estructura:

$$\Delta h_k^1 = \frac{b_{ki}^1 \Delta a_{ij}^{11}}{1 - b_{ji}^1 \Delta a_{ij}^{11}} \sum_l b_{jl}^1 y_l^1 \quad [24]$$

Análogamente, una modificación en los coeficientes *externos* del bloque de alta y media tecnología:

$$\tilde{z}_{ij}^1 = z_{ij}^1 + \Delta z_{ij}^1 \quad [25]$$

provocan una modificación en los multiplicadores externos de Miyazawa y por extensión, en la producción autogenerada de dicho bloque:

$$\begin{aligned} \Delta \Lambda_{kl}^1 &= \frac{\Lambda_{ki}^1 \Lambda_{jl}^1 \Delta z_{ij}^1}{\Lambda_{ji}^1 \Delta z_{ij}^1} \\ \Delta x_k^1 &= \frac{\Lambda_{ki}^1 \Delta z_{ij}^1}{1 - \Lambda_{ji}^1 \Delta z_{ij}^1} \sum_l \Lambda_{jl}^1 y_l^1 \end{aligned} \quad [26]$$

Asimismo a nivel de relaciones de retroalimentación entre bloques tecnológicos, una modificación en los complementos de Schur del bloque de alta y media tecnología:

$$\tilde{s}_{ij}^1 = s_{ij}^1 + \Delta s_{ij}^1 \quad [27]$$

provocan una modificación en los multiplicadores de Leontief extendidos y en la producción autogenerada de dicho bloque<sup>11</sup>:

$$\begin{aligned} \Delta d_{kl}^1 &= \frac{d_{ki}^1 d_{jl}^1 \Delta s_{ij}^1}{1 - d_{ji}^1 \Delta s_{ij}^1} \\ \Delta x_k^1 &= \frac{d_{ki}^1 \Delta s_{ij}^1}{1 - d_{ji}^1 \Delta s_{ij}^1} \sum_l d_{jl}^1 y_l^1 \end{aligned} \quad [28]$$

<sup>11</sup> Una modificación en los multiplicadores de Leontief extendidos conlleva una variación en la producción autogenerada, como se puede derivar a continuación del modelo de demanda particionado por niveles tecnológicos:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_1 & B_{12} \\ B_{21} & D_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11}Y_1 + B_{12}Y_2 \\ B_{21}Y_1 + D_{22}Y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1^1 + X_1^2 \\ X_2^1 + X_2^2 \end{pmatrix}$$

De acuerdo a estas expresiones, de manera análoga a los CI analizados arriba, un incremento de la misma proporción de cada coeficiente  $a_{ij}^1 (z_{ij}^1, s_{ij}^1)$  produce un impacto diferente en la matriz inversa  $b_{ij}^1 (\Lambda_{ij}^1, d_{ij}^1)$  y en la producción correspondiente al propio bloque, lo cual permite clasificar dichos coeficientes de acuerdo a sus impactos en la red económica. Siguiendo a Schintke y Stäglin (1988), el análisis de sensibilidad permite determinar el máximo ratio de cambio en estos coeficientes, de forma que la producción no cambie más que una determinada proporción, manteniéndose constante la demanda final.

De acuerdo a la expresión de cálculo de los índices de sensibilidad, el Cuadro 2 recoge las expresiones que permiten determinar estos coeficientes importantes en las relaciones internas y externas de cada bloque tecnológico y en las sinergias generadas entre ambos, que engloban conjuntamente los efectos externos y de retroalimentación entre niveles tecnológicos.

CUADRO 2  
Coeficientes importantes por niveles tecnológicos

	Alta-Media tecnología	Baja tecnología
Internos	$r_{ij}^{int(1)} = \frac{1}{a_{ij}^{11} \left( b_{ji}^1 + b_{ii}^1 \frac{h_j^1}{h_i^1} \right)}$	$r_{ij}^{int(2)} = \frac{1}{a_{ij}^{22} \left( b_{ji}^2 + b_{ii}^2 \frac{h_j^2}{h_i^2} \right)}$
Externos	$r_{ij}^{ext(1)} = \frac{1}{z_{ij}^1 \left( \Lambda_{ji}^1 + \Lambda_{ii}^1 \frac{x_j^1}{x_i^1} \right)}$	$r_{ij}^{ext(2)} = \frac{1}{z_{ij}^2 \left( \Lambda_{ji}^2 + \Lambda_{ii}^2 \frac{x_j^2}{x_i^2} \right)}$
Retroalimentativos	$r_{ij}^{inter(1)} = \frac{1}{s_{ij}^1 \left( d_{ji}^1 + d_{ii}^1 \frac{x_j^1}{x_i^1} \right)}$	$r_{ij}^{inter(2)} = \frac{2}{s_{ij}^2 \left( d_{ji}^2 + d_{ii}^2 \frac{x_j^2}{x_i^2} \right)}$

El superíndice 1 y 2 hacen referencia, respectivamente, a sectores de alta-media y baja tecnología.

El análisis de los CI en el contexto del método de Miyazawa permite mostrar la estructura económica fundamental diferenciada por niveles tecnológicos. Para ello, se recurre a la metodología recogida por Aroche Reyes (1996), utilizando como base una matriz booleana<sup>12</sup> denominada

<sup>12</sup>La descripción de la estructura económica fundamental a través de una matriz dicotómica permite destacar los rasgos más relevantes de la propia red productiva

matriz adyacencia ( $W$ ), construida a partir de la identificación de los coeficientes importantes que toman un valor unitario, mientras los no importantes se identifican con una cifra nula:

$$w_{ij} \begin{cases} 1 & \text{si } r_{ij} \in IC \\ 0 & \text{si } r_{ij} \notin IC \end{cases} \quad [29]$$

A partir de la matriz  $W$ , se pueden estudiar y representar gráficamente las conexiones existentes entre los sectores relevantes en la teoría de grafos (Harary, 1965). A este respecto, el análisis de los caminos<sup>13</sup> intersectoriales y su distancia o longitud, constituye un aspecto básico. Obsérvese, en este sentido, la relación entre la ecuación de sensibilidad y la longitud de los caminos existentes. La aplicación de la teoría de grafos al estudio de los coeficientes importantes, permitirá mostrar los patrones relacionales ocultos y sintetizar las características estructurales relevantes en la difusión tecnológica.

#### 4. Estudio de la economía europea

El estudio sistemático a través de los coeficientes importantes del modo en que se organizan y disponen los intercambios en la estructura productiva permite perfilar el papel desempeñado por los diferentes sectores de la economía europea en la difusión de la influencia económica entre perfiles tecnológicos.

A partir de esta metodología, el Cuadro 3 muestra la distribución de los límites tolerables para las transacciones intersectoriales realizadas por los sectores de alta-media tecnología y baja tecnología bajo un triple enfoque en función de los efectos internos, externos y entre bloques tecnológicos.

bajo la teoría de grafos. Las aplicaciones de esta teoría en el campo *input-output* han venido habitualmente condicionadas a estructuras booleanas desde sus orígenes en los trabajos de Campbell (1972, 1975). Nuevos desarrollos actuales están ampliando la óptica a grafos valorados (García, Morillas, Ramos, 2005).

<sup>13</sup>Para un grafo de orden  $n$  (número de vértices del grafo), todo camino elemental es de longitud menor o igual a  $n - 1$ , de ahí que la matriz conocida como cierre transitivo, proporcione todos los caminos cuya longitud es menor o igual a  $n - 1$ , esto es, a partir de las potencias de la matriz de adyacencia  $W$ :

$$(I - W)^{-1} = W^0 + W^1 + \dots + W^{(n-1)}$$

La suma booleana de estas matrices proporciona la matriz de caminos o accesibilidad, una matriz de ceros y unos, tal que, si un elemento toma el valor unitario supone la existencia de un camino -directo o indirecto- entre los sectores  $i$ -ésimo y  $j$ -ésimo.

Aquellos coeficientes con un límite tolerable inferior al 20% se calificarán como importantes, siguiendo la convención señalada en la sección anterior, los cuales se concentran en las relaciones establecidas dentro de los conglomerados tecnológicos<sup>14</sup>. Es decir, los mayores impactos en la economía europea se difunden a través de ramas pertenecientes a un mismo grado de desarrollo tecnológico y, en menor medida, a través de efectos de retroalimentación. En contraposición, la capacidad de variación e influencia que ocasiona un nivel tecnológico directamente sobre otro es mucho más reducida, tanto que el porcentaje de coeficientes importantes en las relaciones externas con el otro bloque tecnológico -0% y 1,65%- es prácticamente nulo.

CUADRO 3  
Distribución de frecuencias de los límites tolerables en la  
determinación de coeficientes importantes

Rango	Internos		Externos		Retroalimentación	
	Alta-Media Tecnología	Baja Tecnología	Alta-Media Tecnología	Baja Tecnología	Alta-Media Tecnología	Baja Tecnología
$0 \leq R < 5$	13 (6,63)	6 (4,96)	0 (0)	0 (0)	5 (2,55)	7 (5,79)
$5 \leq R < 10$	11 (5,61)	12 (9,92)	0 (0)	0 (0)	6 (3,06)	12 (9,52)
$10 \leq R < 20$	18 (9,18)	4 (3,31)	0 (0)	2 (1,65)	5 (2,55)	7 (5,79)
$20 \leq R < 50$	25 (12,76)	22 (18,18)	1 (0,51)	7 (5,79)	6 (3,06)	24 (19,83)
$50 \leq R < 100$	40 (20,41)	21 (17,36)	2 (1,02)	14 (11,57)	5 (2,55)	24 (19,83)
$R \geq 100$	89 (45,41)	56 (46,28)	193 (98,47)	98 (80,99)	169 (86,22)	47 (38,84)

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOEU-95.

Las cifras entre paréntesis representa el porcentaje sobre el total.

Efectuando un estudio pormenorizado, podemos señalar que las ramas de alta y media tecnología son capaces de provocar una mayor variación en las relaciones establecidas dentro de su propio grupo (21,4%); mientras que los sectores de baja tecnología muestran un porcentaje similar de coeficientes importantes en las relaciones internas (18,2%) y de retroalimentación (21,1%) que propagan a través de la estructura económica. Esto determina un comportamiento diferenciador entre niveles tecnológicos y sus posibles repercusiones en la red económica europea.

<sup>14</sup> A partir de la distribución de frecuencias de los límites tolerables -ver Cuadro 3- se puede observar como una reducción del filtro a un límite tolerable del 10% o una ampliación del mismo al 50% apunta a una vertebración similar del peso y reparto de las relaciones de alta-media y baja tecnología entre efectos internos y de retroalimentación. A este respecto, hemos considerado que un análisis comparativo entre los resultados de distintos filtros no resultaría relevante y hemos seguido la convención establecida en la literatura de un límite tolerable del 20%.



La búsqueda de los sectores con un fuerte impacto en la estructura económica requiere de la identificación de aquellos con un mayor número de coeficientes importantes. El análisis sectorial pormenorizado de estos coeficientes es recogido en los Cuadros 4 y 5. En la primera columna se muestra los sectores incluidos en el bloque tecnológico correspondiente, en la segunda, los coeficientes importantes de dichas ramas para el total de la estructura económica<sup>15</sup> y, finalmente, el detalle de los coeficientes importantes en función de los impactos generados por y entre niveles tecnológicos.

CUADRO 4  
Coeficientes importantes por columnas.  
Sectores de alta y media tecnología

Sectores	Total	Interno	Externo	Retroalimentación
2. Productos energéticos	5	1	0	1
3. Minerales, metal férreo, no fér.	7	3	0	2
4. Pdtos minerales no metál.	2	1	0	1
5. Química	7	4	0	2
6. Pdtos metálicos exc. maqu.	2	3	0	1
7. Maquinaria industrial y agríc.	7	5	0	1
8. Maquinas oficina, mat. infor.	2	1	0	1
9. Material y accesorios eléct.	7	5	0	1
10. Otro material de transporte	9	6	0	1
14. Caucho y plástico	4	2	0	1
20. Serv. trans. marítimo aéreo	4	1	0	1
22. Comunicaciones	2	1	0	0
23. Serv. cdto e inst. de seguro	4	2	0	1
24. Otros serv. de mercado	4	5	0	2

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOEU-95.

Dentro de los sectores de alta y media tecnología, minerales y metales férreos y no férreos (3), química (5), productos metálicos excepto maquinaria (6), maquinaria industrial y agrícola (7), material y accesorios eléctricos (9), otro material de transporte (10) y otros servicios de mercado (24) constituye ramas con un poder de influencia destacado en la estructura económica global. Un análisis más detallado permite observar cómo esta capacidad se nutre fundamentalmente de las propias relaciones entre ramas de alta y media tecnología y, de forma complementaria, aunque residual, de las sinergias entre bloques tecnológicos. Se muestra, por tanto, el sector industrial, a pesar del

<sup>15</sup>Resultados obtenidos a partir del desarrollo del análisis de sensibilidad estructural bajo el enfoque clásico expuesto en el epígrafe 3.2.

conocido y cuestionado periodo de desindustrialización sufrido en las sociedades actuales<sup>16</sup>, como fundamental en la economía europea, debido tanto a sus efectos “como a su decisivo papel en la generación, absorción y difusión de todo tipo de innovaciones” (Velasco y Plaza, 2003), las cuales parecen repercutir principalmente dentro del propio bloque de alta y media tecnología. Los sectores industriales señalados constituyen además los principales en términos de su contribución al valor añadido total de la industria de la Unión Europea (EUROSTAT, 1999): material electrónico y eléctrico (12,9%), material de transporte (11,6%), metales de base y productos metálicos (11,2%), química (11,2%) y fabricación mecánica (10,9%).

Por otro lado, en el sector terciario, la rama productiva de otros servicios de mercado ofrece un papel central en la economía. Este grupo de actividades comprende la enseñanza de mercado, la sanidad, servicios sociales de mercado, actividades asociativas, recreativas, deportivas, y otras actividades diversas de servicios personales, cuyo crecimiento ha sido destacado en los últimos años debido a las profundas transformaciones económicas y sociológicas sufridas: población en edad avanzada o incorporación de la mujer a la vida laboral, entre otros. Estos cambios han creado nuevos estilos de vida y nuevas necesidades en torno a servicios sanitarios, recreativos, culturales, etc., cuyo impacto en términos económicos no resulta en absoluto despreciable. Asimismo, dicha rama engloba también algunos servicios a empresas, cuyo desarrollo ha sido relevante en los últimos años como respuesta a nuevas formas de organización industrial (Antonelli, 1999). A este respecto, actualmente el valor estratégico de este tipo de actividades está relacionado con la creciente complejidad del entorno tanto externo como interno de las propias organizaciones empresariales (Coffey y Bailly, 1991). La búsqueda dentro de dicho contexto de una mayor eficiencia y flexibilidad en la producción y distribución de productos, ha influido en los procesos de externalización de actividades y en la expansión de estos servicios.

Las oportunidades del mercado de productos tecnológicos más avanzados no son las únicas. Los sectores de baja tecnología, recogidos en el Cuadro 5, suponen también una parte esencial en el desarrollo económico. En este sentido, la agricultura, silvicultura, pesca (1), alimentación, bebida y tabaco (11), construcción (16), reciclaje, reparación y

<sup>16</sup>Ver Bluestone (1984), Cohen y Zysman (1986) y Velasco y Plaza (2003), entre otros.

comercio (17) y servicios de no mercado (25) constituyen el propulsor clave en el progreso económico del bloque de intensidad tecnológica baja y gozan de unos niveles de retroalimentación que pueden favorecer a los propios sectores. En general, se trata de actividades, que afrontan actualmente procesos de modernización y apertura que permiten impulsar la difusión tecnológica.

CUADRO 5  
Coeficientes importantes por columnas.  
Sectores de baja tecnología

Sectores	Total	Interno	Externo	Retroalimentación
1. Agricultura, silvicultura, pesca	12	2	0	2
11. Alimentación bebida tabaco	10	4	0	4
12. Textil, vestido, cuero, calzado	2	1	0	1
13. Papel y edición	2	1	0	1
15. Otras manufacturas	2	1	0	1
16. Construcción	5	3	1	5
17. Reciclaje, reparación comercio	4	4	0	4
18. Hostelería	2	1	0	1
19. Serv. trans. terrestre	3	1	0	1
21. Serv. aux. de transporte	2	1	0	1
25. Serv. de no mercado	5	3	1	5

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOEU-95.

A este respecto, hay una serie de circunstancias exógenas al sector agrícola que han condicionado su devenir y entre las que se puede destacar el proceso generalizado de terciarización de la sociedad con la disminución del número de efectivos empleados en el sector agrario, y las nuevas demandas de los ciudadanos en torno a alimentos más seguros y respetuosos con el medio ambiente, y la consideración del campo como suministrador de nuevos servicios relacionados con el ocio y el tiempo libre.

Relacionada con la agricultura y ligada fuertemente al comportamiento del consumo privado, la industria de la alimentación, bebida y tabaco es una rama productiva que se encuentra en continua modernización tecnológica, dados los cambios experimentados en las exigencias de la demanda hacia productos más complejos de elaboración y presentación.

Dentro de esta línea, el sector de reciclaje, servicios de reparación y comercio, mantiene un ritmo de crecimiento mucho más moderado que otros servicios, que podría constituir un indicio de su progresivo

estancamiento. Sin embargo y, a pesar de ello, constituye, sin lugar a duda, una actividad central en los nuevos estándares de competitividad global donde la asistencia post-venta -mantenimiento y reparación- se ha convertido es un aspecto fundamental para muchas industrias manufactureras.

En este sentido, Europa ha entrado en una etapa de sociedad post-industrial, en la que el sector de servicios constituye una parte esencial, cuyo dominio actual en los países europeos contribuye decisivamente a la riqueza y al empleo generado (EUROSTAT, 1999). Las industrias manufactureras han comenzado a confiar actividades no esenciales a prestadores de servicios independientes. Constituye esta externalización una respuesta a la búsqueda incesante hoy en día (Coffey y Bailly, 1991; Ruysen, 1987) de mayor flexibilidad y agilidad ante variaciones de la demanda. En consecuencia, el sector de servicios desempeña ahora un papel fundamental en la competitividad global de las industrias manufactureras.

En contraposición, existen ciertas ramas con menor importancia en el análisis de sensibilidad estructural. A este respecto, destaca la escasa relevancia de la energía, un elemento que condiciona el desarrollo económico y social de un país. El hecho de que la Unión Europea no cubra sus necesidades energéticas y deba importar más de la mitad de la energía que consume (EUROSTAT, 1999), limita su posible impacto en la propia economía interior. Los posibles efectos del transporte en sus diferentes vertientes –transporte marítimo y aéreo, transporte terrestre, servicios auxiliares de transporte- son reducidos, a pesar de constituir un sector económico de una enorme y creciente importancia estratégica para la industria, el comercio y la movilidad de las personas. Los problemas de coordinación, accesibilidad y funcionamiento del transporte, puede responder a la posición mostrada por el mismo dentro de la estructura económica. En este contexto, planificar políticas de infraestructuras que simultáneamente afronten las necesidades crecientes de transporte, asuntos medioambientales y descongestión de las principales áreas urbanas es un objetivo esencial para la cohesión y desarrollo regional, como se ha manifestado en el Libro Blanco publicado en el año 2001. Considérese que un sector del transporte fuerte, abierto y competitivo puede ser un instrumento clave para retener la actividad económica y generar otras nuevas en una Europa que tiende a convertirse importadora de las mercancías producidas en terceros países, especialmente en China y extremo Oriente. Para ello debo ha-

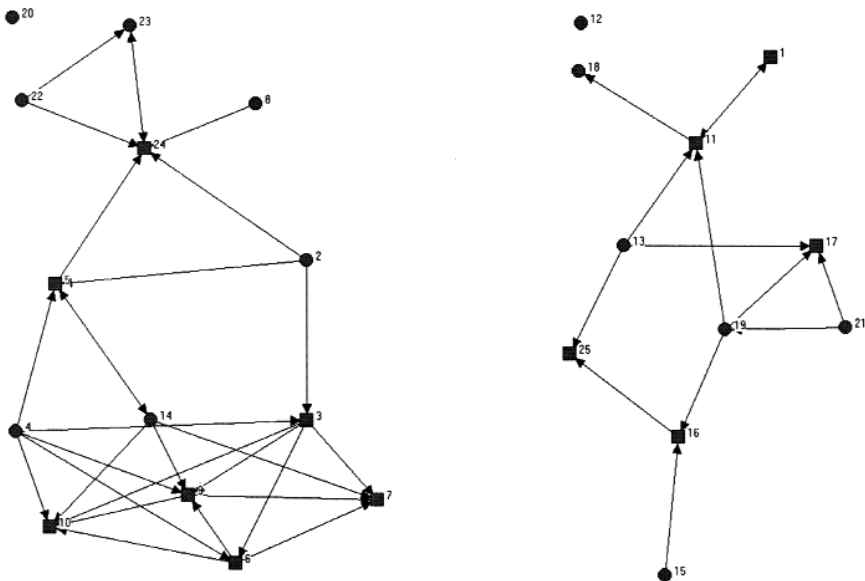
cer frente a retos específicos como la modificación en las condiciones de las concesiones, la introducción de más competencia interna y externa, ampliación de la red ferroviaria de altas prestaciones, intermodalidad y accesibilidad, entre otras condiciones, necesarias para el desarrollo del negocio.

La representación gráfica de estas redes que se generan entre sectores de un cierto nivel tecnológico, permite observar cómo estos sectores clave se relacionan con las otras ramas productivas. Con esta finalidad, hemos elaborado<sup>17</sup> los Gráficos 1 y 2, en los cuales se muestran los grafos asociados a las matrices booleanas definidas a partir de los coeficientes importantes delimitados en torno a las transacciones productivas dentro de cada bloque tecnológico y las relaciones de retroalimentación generadas. Los sectores clave –con un mayor número de coeficientes importantes- han sido representados a través de un cuadrado frente al resto de ramas productivas caracterizadas por un círculo.

GRÁFICO 1  
Estructura económica básica interna

**Sectores de alta-media tecnología**

**Sectores de baja tecnología**



<sup>17</sup>Las representaciones gráficas han sido elaboradas con el programa de redes UCINET VI (Borgatti, Everett y Freeman, 2002). Asimismo, dado el mínimo impacto de los efectos externos, el análisis se ha centrado en las relaciones internas y de retroalimentación existentes.

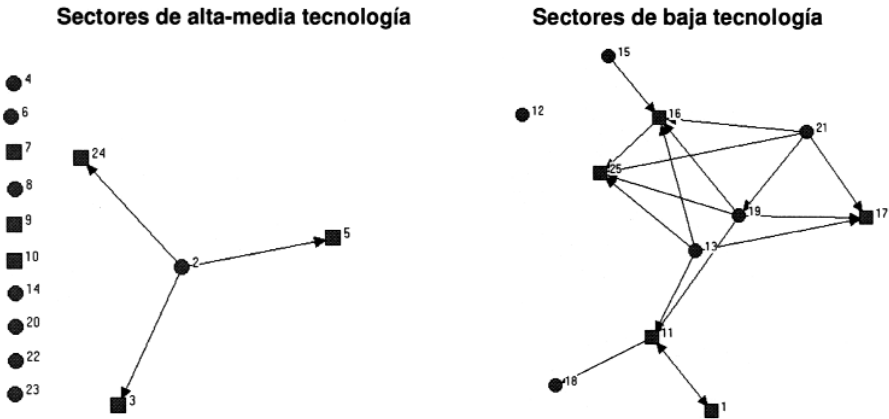
De acuerdo al Gráfico 1, los sectores de alta y media tecnología muestran una estructura interna con un alto grado de interrelación. Maquinaria industrial y agrícola (7), material y accesorios eléctricos (9), otro material de transporte (10), química (5) y otros servicios de mercado (24) son destacados sectores suministradores de *inputs*<sup>18</sup>. Estas dos últimas ramas actúan como elementos conectores clave para la cohesión y vertebración global de las dos partes esenciales configuradas en la representación de la estructura interna de alta tecnología. En contraposición, el sector servicios de transporte marítimo y aéreo (20) aparece desconectado del resto de la red productiva.

El gráfico asociado a la estructura interna de los sectores de baja tecnología es relativamente menos denso. El papel de los sectores clave es mucho más periférico, a excepción, si acaso, del reciclaje, servicios de reparación y comercio (17) y alimentación, bebida y tabaco (11), los cuales dentro de esta estructura poco compacta, pueden actuar como intermediadores natos. Destaca, asimismo, la posición aislada del sector textil, vestido, cuero y calzado (12). A este respecto, considérese que las tendencias de contratación y reestructuración a las cuales está sometida esta rama productiva en Europa se han visto reforzadas a partir de la recesión sufrida a principios de los 90, de forma que gran parte de su producción se ha visto trasladada a regiones con bajos costes como el Sur y Sudeste asiático, o subcontratada a empresas de la Europa del Este.

Las relaciones de retroalimentación dentro de cada bloque tecnológico aparecen en el Gráfico 2. Los sectores de alta y media tecnología no disponen de una estructura de retroalimentación vertebrada, lo cual supone una limitación a los posibles efectos positivos asociados a la transferencia de recursos, información y posterior desarrollo de innovaciones. Sin embargo, los sectores de baja tecnología gozan de una interrelación, bajo efectos de retroalimentación, que intensifica el papel de ciertos sectores como elementos de conexión cruciales para el funcionamiento de la estructura económica. A partir de esta perspectiva, los sectores clave de baja tecnología que funcionan a modo de encrucijada son alimentación, bebida y tabaco (11), construcción (16), reciclaje, reparación y comercio (17) y servicios de no mercado (25).

<sup>18</sup> Dado un grafo, la forma más simple e intuitiva de medir la posición de un sector es el empleo de los semigrados, una aproximación a las relaciones directas entre distintas ramas productivas, que bajo relaciones direccionales ofrece un doble punto de vista según se observen las transacciones emitidas o recibidas. (Ver Morillas, 1983).

GRÁFICO 2  
Estructura económica básica de retroalimentación



En términos generales, se podría destacar que los sectores de alta y media tecnología muestran unos impactos muy centrados en la propia red interna. Son ramas que si bien inicialmente, pueden presentar un elevado grado de relación sectorial, sus posibles efectos de retroalimentación resultan limitados. La opción de actividades cualificadas como motor de desarrollo regional no es fácil sin tener asociado un entramado industrial que las soporte y difunda. Sin embargo, dada la perfecta movilidad de muchas de estas actividades, que facilita el acceso a mercados exteriores, pueden tener un papel importante tanto en la difusión del conocimiento y la tecnología como en el desarrollo global de la Unión Europea. Por otro lado, la menor articulación de los sectores de baja tecnología, supone una traba que puede ser superada a través de la actuación complementaria de los propios mecanismos internos y de retroalimentación que presentan dichas ramas. En resumen, existen ciertos sectores en la red económica, resumidos en el Cuadro 6, que favorecen la difusión de conocimientos y posterior desarrollo económico.

La transmisión de información generará entonces una serie de efectos positivos en la economía, tal y como ha puesto de relieve la tradición marshalliana y las teorías objeto de desarrollo de, entre otros conceptos asociados a las externalidades, los denominados *spillovers* de información. Con el objeto de corroborar la capacidad real de difusión de la

innovación que hemos detectado a través de los coeficientes importantes, observamos las tasas de variación de magnitudes que, de forma aproximada, permiten mostrar la evolución de los propios beneficios que logra el sector de referencia. El valor añadido bruto y los sueldos y salarios constituyen las variables seleccionadas habituales en estudios no exhaustivos de este tipo, que pueden constituir un punto de partida para análisis futuros más amplios y profundos.

CUADRO 6  
Resumen de sectores importantes

Sectores alta-media tecnología	Sectores baja tecnología
3. Minerales y metales férricos y no férricos	
5. Química	1. Agricultura, silvicultura, pesca
6. Productos metálicos excepto maquinaria	11. Alimentación, bebida y tabaco
7. Maquinaria industrial y agrícola	16. Construcción
9. Material y accesorios eléctricos	17. Reciclaje, reparación y comercio
10. Otro material de transporte	25. Servicios de no mercado
24. Otros servicios de mercado	

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOEU-95.

Dado que “abundan los trabajos recientes donde se insiste en que los desbordamientos informativos se extienden lentamente... Es más, se apunta la idea de que las líneas de comunicación entre agentes que vehiculan conocimiento tácito toman tiempo para madurar y ser eficaces” (Callejón y Costa, 1996), hemos seleccionado un tiempo de referencia suficientemente amplio como para que los efectos derivados de la transferencia de información, y el posterior desarrollo de innovaciones sean perceptibles. En este sentido, las tasas de variación ofrecidas en el Cuadro 7 corresponden al período 1995-2001, tomando como primera fecha el año de referencia de las tablas y estudio realizado.

En general, los sectores señalados muestran unas tasas de variación, en el periodo de referencia, para el VAB y/o sueldos y salarios superiores a la media en Europa. Por tanto, las ramas tecnológicas relevantes bajo la óptica del análisis de sensibilidad estructural, muestran beneficios y ventajas asociadas a su poder de intermediación que les permite favorecer la transmisión de conocimientos y desarrollo posterior de innovaciones.



CUADRO 7  
Tasas de variación (1995-2001)

Sector	VAB	Sueldos
1. Agricultura, silvicultura, pesca	0,069	0,027
2. Productos energéticos	0,152	0,041
3. Minerales y metales féreos y no féreos	-0,236	-0,126
4. Productos minerales no metálicos	0,087	0,060
5. Química	0,160	0,094
6. Productos metálicos excepto maquinaria	0,124	0,085
7. Maquinaria industrial y agrícola	0,115	0,149
8. Máquinas de oficina, material inform.	0,237	0,141
9. Material y accesorios eléctricos	0,054	0,101
10. Otro material de transporte	0,281	0,177
11. Alimentación, bebida y tabaco	0,069	0,120
12. Textil, vestido, cuero y calzado	-0,023	0,003
13. Papel y edición	0,089	0,042
14. Caucho y plástico	0,172	0,233
15. Otras manufacturas	0,097	-0,006
16. Construcción	0,022	0,040
17. Reciclaje, servicios reparación, comercio	0,152	0,231
18. Hostelería	0,149	0,257
19. Servicios de transporte terrestre*	0,377	0,216
20. Servicios de transporte marítimo y aéreo		
21. Servicios auxiliares de transporte		
22. Comunicaciones		
23. Servicios de cdto e inst. de seguro	0,198	0,187
24. Otros servicios de mercado	0,214	0,357
25. Servicios de no mercado	0,116	0,173
Media aritmética	0,122	0,118
Desviación típica	0,116	0,105

Fuente: Elaboración propia a partir de la contabilidad nacional (EUROSTAT).

La información suministrada por EUROSTAT obliga a la agregación de las ramas servicios de transporte terrestre, transporte marítimo y aéreo, servicios auxiliares de transporte y comunicaciones, conglomerado señalado con el signo\* sobre el primer sector.

## 5. Conclusiones

El entramado sectorial constituye uno de los posibles factores determinantes en la capacidad de innovación y desarrollo de un territorio. Un análisis sintético de sus rasgos estructurales es un punto fundamental para la comprensión de su funcionamiento.

En este trabajo, se ha examinado la importancia en la estructura productiva europea de ramas de diferente grado de desarrollo tecnológico a través de una nueva óptica en la cual se emplea como punto de partida,

en la posterior determinación de coeficientes importantes, el método de descomposición de relaciones productivas propuesto por Miyazawa (1966, 1971). Esto permite determinar la estructura económica básica asociada a los posibles efectos generados entre clusters tecnológicos y extraer conclusiones sobre su comportamiento.

En este sentido, se ha observado un papel diferente de los sectores de alta y media tecnología frente a los de menor grado de desarrollo tecnológico. Los primeros gozan de estructuras más compactas y cohesivas en sus relaciones internas. Constituye quizá un reflejo de los esfuerzos en política tecnológica realizados por la Unión Europea en la última década. La necesidad de una estrategia de I+D+I más articulada entre los diferentes campos y países, se pone de manifiesto, ante la escasa vertebración de las sinergias y efectos externos que pueden llegar a provocar estos sectores.

En contraposición, los sectores de baja tecnología muestran una estructura que se refuerza a través de la combinación de los efectos internos y de retroalimentación, lo que les permite adquirir una posición relevante en el desarrollo económico.

Destaca en la red productiva europea, por una parte, la pérdida de peso de las infraestructuras productivas -de transporte, hidráulicas, urbanas- frente a las sociales -educación y sanidad- y al resto de infraestructuras -administrativas, judiciales, policiales, culturales, deportivas, etc-. Esta evolución responde a una economía mucho más compleja y desarrollada y, sobre todo, mejor equipada de infraestructuras de todo tipo.

Por otro lado, el papel destacado que, según se ha observado, podrían representar ciertas ramas de servicios es una realidad presente en muchos países desarrollados. Su creciente importancia en las economías modernas (Miles, 1993) ha suscitado un amplio abanico de estudios sobre su contribución al desarrollo tecnológico y a la innovación (Haukness, 1998; Andersen et. al., 2000; Antonelli, 2000 y Tomlinson, 2000). Este hecho subraya el cambio en el peso tradicional de la base manufacturera hacia una nueva economía, una economía del conocimiento en la cual los servicios avanzados resultan cruciales en la intermediación entre sectores. Las estadísticas sobre empleo<sup>19</sup> muestran un crecimiento paulatino en el sector servicios, especialmente en puestos cualificados y específicamente relacionados con las altas tecno-

<sup>19</sup>Ver los informes de EUROSTAT sobre empleo.

logías, frente a la pérdida de posiciones de las ramas manufactureras. Un hecho que responde a la tendencia a la deslocalización que sufre la industria europea ante costes laborales inferiores en otros países fuera o, recientemente incorporados, a la Unión Europea.

## Referencias

- Andersen, B., Howells, J., Hull, R., Miles, I. y J. Roberts (2000), *Knowledge and innovation in the New Service Economy* Bath, Elgar.
- Andersen, E.S. (1996): "From Static Structures to Dynamics: Specialisation and Innovative Linkages", en DeBresson, C. (ed.), *Economic Interdependence and Innovative Activity: An Input-Output Analysis*, Cheltenham, Elgar.
- Antonelli, C. (1999): "The evolution of the industrial organisation of the production of knowledge", *Cambridge Political Economy Society* 23, pp. 243-26.
- Antonelli, C. (2000): "New information technology and localized technological change in the knowledge-based economy", en Boden, M. y I. Miles (eds.), *Services and the Knowledge-Based Economy*, Continuum, London y New York.
- Aroche Reyes, F. (1996): "Important coefficients and structural change: a multi-layer approach", *Economic Systems Research* 8, pp. 235-246.
- Aroche Reyes, F. (2001): "The question of identifying industrial complexes revisited: A qualitative perspective", en Lahr, M. y E. Dietzenbacher (eds.), *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions*, Palgrave Houndmills, Basingstoke, Hampshire y New York.
- Aroche-Reyes, F. (2002): "Structural transformations and important coefficients in the North American Economies", *Economic Systems Research* 14, pp. 257-273.
- Bluestone, R. (1984): "Is Deindustrialisation a Myth?", *Annals AAPSS* 475, September.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G. y L.C. Freeman (2002), *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis* Analytic Technologies, Harvard, MA.
- Bullard, C.W y A.V. Sebald (1977): "Effects of Parametric Uncertainty and Technological Change on Input-Output Models", *Review of Economics and Statistics* 59, pp. 75-81.
- Callejón, M. y M. Costa (1996): "Geografía de la producción. Incidencia de las externalidades en la localización de las actividades industriales en España", *Información Comercial Española* 754, pp. 39-49.

- Campbell, J. (1972): "Growth pole theory, digraph analysis and interindustry relationship", *Tijdschrift voor Economische en Social Geografie* 63, pp. 79-87.
- Campbell, J. (1975): "Application of graph theoretic analysis to interindustry relationships", *Regional Science and Urban Economics* 5, pp. 91-106.
- Carter, A.P. (1990): "Upstream and downstream benefits of innovation", *Economic Systems Research* 2, pp. 241-257.
- Coffey, W.J. y A. S. Bailly (1991): "Producer Services and Flexible Production: An Exploratory Analysis", *Growth and Change* 22, pp. 95-117.
- Cohen, S. y J. Zysman (1986), *Manufacturing Matters* Basic Books, New York.
- Debresson, C. (1996): "The Inter-industrial analysis of innovative activities", en DeBresson, C. (ed.), *Economic Interdependence and Innovative Activity- An Input-Output Analysis*, Cheltenham, Elgar.
- Debresson, C., Sirilli, G., Hu, X. y F.K. Luk (1994): "Structure and Location of Innovative Activity in the Italian Economy, 1981-85", *Economic Systems Research* 6, pp. 135-158.
- Eurostat (1999), *Europa en Cifras: Conocer la Unión Europea* Mundi-Prensa, Madrid.
- Evans, W.D. (1954): "The effect of structural matrix errors on interindustry relation estimates", *Econometrica* 22, pp. 461-480.
- Fanjul, O., Maravall, F., Pérez Prim, J.M. y J. Segura (1974), *Cambios en la estructura interindustrial de la economía española 1962-1970: una aproximación* Serie E 3, Fundación del Instituto Nacional de Industria, Madrid.
- Fontela, E. y A. Pulido (1991): "Input-Output, Technical Change and Long Waves", en Peterson, W. (ed.), *Advances in Input-Output Analysis*, Oxford University Press, Oxford, pp. 137-148.
- Forsell, O. (1983): "Experiences of Studying Changes in Input-Output Coefficients in Finland", en Smyshliav, A. (ed.), *Proceedings Of The Forth IIASA Task Force Meeting On The I-O Model*, Vienna.
- Foster, R. (1986), *Innovation: the attackers advantage* Macmillan, London.
- García, A.S., Morillas, A. y C. Ramos (2005): "Relaciones interindustriales y difusión de la innovación. Una aproximación desde la teoría de redes", *Estadística Española* 160, pp. 475-499.
- Harary, F., Norman, R.Z. y D. Cartwright (1965), *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs* John Wiley and Sons, New York.
- Hauknes, J. (1999): "Norwegian Input-Output Clusters and Innovation Patterns", en Roelandt, T. y P. den Hertog (eds), *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, Organization for Economic Cooperation and Development, París.
- Hewings, G.J, Sonis, M., Madden, M. y Y. Kimura (1999), *Understanding and interpreting economic structure* Springer, New York.
- Holub, H.W. y H. Schnabl (1994), *Input-Output-Rechnung: Input-Output Analyse* Oldenbourg-Verlag, München.

- Jílek, J. (1971): "The Selection of the Most Important Coefficients", *Economic Bulletin For Europe* 23, pp. 86-105.
- Leontief, W. (1941), *The structure of the American Economy 1919-1929* Oxford University Press, New York (1º ed.:1941; 2º ed.: 1951).
- Los, B. (1997): "The empirical performance of a new interindustry technology spillover measurement measure", Mimeo, Maastricht University.
- Miles, I. (1993): "Services in the New Industrial Economy", *Futures* 25, pp. 653-672.
- Miller, R.E. y P.D. Blair (1985), *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* Englewood Cliffs, Prentice Hall, New York.
- Miyazawa, K. (1966): "Internal and external matrix multipliers as a matrix", *Hitotsubashi Journal of Economics* 8, pp. 39-58.
- Miyazawa, K. (1971): "An analysis of the interdependence between service and goods-producing sectors", *Hitotsubashi Journal of Economics* 12, pp. 10-21.
- Mohnen, P. (1999): "International R & D Spillovers and Economic Growth", mimeo, Université du Quebec a Montreal, February.
- Morillas R., A. (1983), *La teoría de grafos en el análisis Input-Output. La estructura productiva andaluza* Málaga, Editorial Universidad de Málaga.
- Pasinetti, L.L. (1981), *Structural Change and Economic Growth- A theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations* Cambridge University Press, Cambridge.
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology* Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruyssen, O. (1987): "The new deal in services: A challenge for Europe", en Akehurst, G., Gradey, J. (eds.), *The economics of services*, Frank Cass, Londres.
- Sakurai, N., Papaconstantinou, G. y E. Ioannidis (1997): "Impact of R & D and technology diffusion on productivity growth: empirical evidence for 10 OECD countries", *Economic Systems Research* 9, pp.81-109.
- Scherer, F.M. (1982): "Interindustry technology flows and productivity growth", *Review of Economics and Statistics* 64, pp. 627-34.
- Schinkte, J. y R. Stäglin (1988): "Important input coefficients in market transactions' tables and production flow tables", en M. Ciaschini (ed.), *Input-Output Analysis: Current Developments*, Chapman and Hall, London.
- Schnabl, H. (2003): "The ECA-method for Identifying Sensitive Reactions within an IO Context", *Economic Systems Research* 15, pp. 495-504.
- Schumpeter, J. (1912), *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle* Mass.: Harvard University Press, 1934, Cambridge.
- Schumpeter, J. (1927): "The Explanation of the Business Cycle", *Economica*.
- Schumpeter, J. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy* London: Harper & Brothers, New York.

- Sherman J. y W. Morrison (1950): "Adjustment of an Inverse Matrix Corresponding to a Change in one Element of a Given Matrix", *Annals of Mathematical Statistics* 21, pp. 124-127.
- Siebe, T. (1996): "Important Intermediate Transactions and Multisectoral Modelling", *Economic Systems Research* 8, pp. 183-193.
- Skolka, J. (1983): "Important Input Coefficients in Austrian Input-Output Tables for 1964 and 1976", en Smyshliav, A. (ed.), Proceedings of The Forth Iiasa Task Force Meeting On The I-O Model, Vienna.
- Sonis, M. y G.J. Hewings (1993): "Hierarchies of Regional Sub-Structures and their Multipliers within Input-Output Systems: Miyazawa Revisited", *Hitotsubashi Journal of Economics* 34, pp. 33-44.
- Taracón, M.A. y P. Del Río (2005): "Projection of Input-Output Tables by means of Mathematical Programming based on the Hypothesis of Stable Structural Evolution", *Economic Systems Research* 17, pp. 1-23.
- Terleckyj, N. E. (1974): "Effects of R & D on the Productivity Growth of Industries: An Exploratory Study", Washington DC: National Planning Association.
- Tomlinson, M. (2000): "Information and technology flows from the service sector: a UK-Japan Comparison", en Boden, M. y I. Miles (eds.), *Services and the Knowledge-Based Economy*, Continuum, London and New York.
- Utterback, J.M. (1994), *Mastering the dynamics of innovation* Mass, Harvard Business School Press, Boston.
- Vaccara, B.N. (1970): "Changes over time in input-output coefficients for the United States", en Carter, A.P y A. Brody (eds.), *Applications of Input-Output Analysis*, 2, Amsterdam.
- Velasco, R. y B. Plaza (2003): "La industria española en democracia, 1978-2003", *Economía Industrial* 349-350, pp. 155-180.
- Wolff, E.N. (1997): "Spillovers, Linkages and Technical Change", *Economic Systems Research* 9, pp. 9-23.

## Abstract

*The systematic study of the way in which exchanges are organized in the productive structure allows to obtain a rich information, if it is related to the innovation capacity of different productive sectors. The application of the method proposed by Miyazawa (1966, 1971) to the decomposition of sectorial relations by technological levels can be specially suitable for this purpose. From this methodology, this work studies in depth the productive articulation and determines the important coefficients (Aroche Reyes, 1996, 2002) in the diffusion of economic influence in and between technological profiles.*

*Keywords: Graph theory, input-output analysis, innovation.*

*Recepción del original, octubre de 2005*

*Versión final, octubre de 2006*