

Relaciones interindustriales y difusión de la innovación: una aproximación desde la Teoría de Redes

por

ANA SALOMÉ GARCÍA MUÑIZ

Departamento de Economía Aplicada, Facultad de C.C. Económicas y Empresariales
Universidad de Oviedo

ANTONIO MORILLAS RAYA

Departamento de Estadística y Econometría, Facultad de C.C. Económicas
Universidad de Málaga

y

CARMEN RAMOS CARVAJAL

Departamento de Economía Aplicada, Facultad de C.C. Económicas y Empresariales
Universidad de Oviedo

RESUMEN

El análisis input-output es una herramienta de gran potencialidad que permite profundizar en el conocimiento de la estructura productiva de un espacio económico. Por otro lado, el entramado sectorial constituye uno de los posibles factores determinantes en la capacidad de innovación de un territorio.

En este trabajo, desde la óptica de la teoría de redes, se estudian algunas características estructurales de la red productiva de la economía andaluza relevantes en la difusión de la innovación y la tecnología. En particular, se exponen y calculan diversos indicadores relacionados con el concepto topológico de centralidad.

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

Clasificación AMS: Aplicaciones económicas G2P20, Redes sociales 91D30, Teoría topológica de grafos 05C10

1. INTRODUCCIÓN

El entramado productivo constituye uno de factores determinantes en 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). Se trata de un factor determinante del nivel de competitividad de una nación o región. Se puede afirmar, además, que dicha capacidad de innovación y, muy especialmente su difusión, dependen, en buena medida, de la estructura de las relaciones intersectoriales existente en una economía. El análisis de las transacciones interindustriales hace posible una aproximación al estudio de innovación y de su difusión, como ya se puso de manifiesto en los mismos albores 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). Su análisis, a través de los coeficientes técnicos de los inputs intermedios y del valor añadido de los inputs primarios, suministra 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, sobre los beneficios de la innovación y sobre su creación y difusión, han impulsado esta línea de investigación a lo largo de los últimos años.

Por otro lado, los estudios sobre tecnología e innovación mediante matrices de intercambios (input-output) han sido muy numerosos(1). Estos trabajos, generalmente, abundan en la idea de cuantificar el conocimiento incorporado, introduciendo ciertos indicadores, a modo de coeficientes, en el modelo. Pero ninguno toma en cuenta la importancia, cualitativa, pero determinante, 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, las posiciones relativas de los sectores, permiten obtener una información enriquecedora, si se relacionan con la

(1) 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).

capacidad innovadora de las distintas ramas de la producción. La teoría de redes, aplicada en un amplio conjunto de disciplinas tales como la sociología, psicología o la geografía, que, también, ha resultado de gran utilidad como herramienta del análisis estructural en economía (Lantner, 1974; Rossier, 1980; Morillas, 1983; Lahr y Dietzenbacher, 2001), puede ser especialmente adecuada para este propósito.

Mediante esta metodología, el presente trabajo, analiza la asociación existente entre la posición de centralidad de diversas ramas en la red productiva andaluza y su correspondiente nivel tecnológico, llegándose a realizar una clasificación de las mismas.

2. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

La información de partida es la recogida en la tabla input-output de Andalucía de 1995 (TIOAn-95), por ser esta la última publicada para esta región. Dicha tabla se encuentra desagregada a 89 sectores.

La identificación de los diferentes perfiles tecnológicos de las ramas productivas analizadas precisa de una reclasificación de las actividades económicas según su grado de intensidad tecnológica. La elaboración, en este sentido, de una clasificación de las industrias supone numerosas dificultades, que han sido y están siendo abordadas por organismos como OCDE, EUROSTAT y más recientemente el Instituto Nacional de Estadística. El INE publica, desde 2001, las estadísticas sobre sectores de alta tecnología, así como las correspondencias necesarias con CNAE.

En el presente trabajo hemos homogeneizado las ramas de la tabla input-output de Andalucía(2) de acuerdo con la clasificación proporcionada por OCDE(3) de los sectores según su intensidad tecnológica, la cual aparece recogida en el Cuadro nº1. En la primera columna se muestra la numeración utilizada en este trabajo, en la segunda la clasificación proporcionada por OCDE y en la tercera las ramas de la TIOAn.

Cuadro 1

(2) Hemos considerado aquellas ramas productivas susceptibles de ser catalogadas a partir de su intensidad en la utilización de tecnología, por lo tanto hemos excluido, entre otros, los 10 primeros sectores de la tabla andaluza. Asimismo, también hemos agregado el sector Aeronáutico con el Naval y la Industria Química con la Farmacéutica, por no aparecer separadas dichas ramas en la TIOAn.

(3) El Instituto Nacional de Estadística (INE) realiza una primera clasificación basada en el porcentaje de empresas innovadoras que constituyen el sector de referencia. Sin embargo, para las estadísticas sobre los sectores de alta tecnología utiliza la clasificación de EUROSTAT que recoge la desagregación realizada por OCDE para las manufacturas.

CLASIFICACIÓN SECTORIAL SEGÚN INTENSIDAD TECNOLÓGICA

(Continúa)

<i>RAMAS</i>	<i>DENOMINACIÓN</i>	<i>TIOAn</i>
Tecnología Alta		
Manufacturas de alta tecnología (MAT)		
1	Industria química, farmacéutica	28+29
2	Fabricación maquinas oficina, material informático	37
3	Componentes electrónicos	39
Manufacturas de media y alta tecnología (MMAT)		
4	Maquinaria y equipo	36
5	Maquinaria y aparatos eléctricos	38
6	Instrumentos médicos y de precisión	40
7	Industria del automóvil	41
8	Otro material de transporte	43
Servicios de alta tecnología (SAT)		
9	Correos y telecomunicaciones	63
10	Actividades informáticas	69
11	Investigación y desarrollo	70
Tecnología Media		
Manufactureras de tecnología media (MMT)		
12	Alimentación, bebida y tabaco	12+13+14+15+ 16+17+18+19+20
13	Cartón y papel	25
14	Caucho y plástico	30
15	Extracción de minerales no metálicos	11
16	Metales férreos	34+35
Servicios de tecnología media (SMT)		
17	Ingeniería	72
18	Consultoría	71

Cuadro 1
CLASIFICACIÓN SECTORIAL SEGÚN INTENSIDAD TECNOLÓGICA

(Conclusión)

<i>RAMAS</i>	<i>DENOMINACIÓN</i>	<i>TIOAn</i>
Tecnología Baja		
Manufactureras de Baja tecnología (MBT)		
19	Impresión, edición, reproducción	26
20	Extractivas	7+8+9+10
21	Textil	21
22	Prendas de vestir y peletería	22
23	Cuero y calzado	23
24	Madera y caucho	24
25	Fabricación de productos metálicos	35
26	Naval	42
27	Fabricación de muebles	44
28	Otras manufacturas	45
29	Electricidad, gas y agua. Reciclaje	46+47+48+49
30	Resto de servicios	52+53+54+55+56+ 57+64+65+66+73+ 77+78+79+80+81

Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación proporcionada por la OCDE.

3. CENTRALIDAD SECTORIAL Y DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN LA ESTRUCTURA PRODUCTIVA ANDALUZA

La difusión tecnológica constituye un proceso complejo determinante en el crecimiento y desarrollo económico, cuya intensidad depende en gran medida de la capacidad de absorción y adaptación de las unidades empresariales (Rosenberg, 1976). En su transmisión desempeñan un papel fundamental 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 la región de Andalucía.

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).

Bajo el enfoque de la teoría de las redes sociales, es posible profundizar en el conocimiento de la articulación productiva regional, determinando aquellos sectores claves en la difusión de la influencia económica, mediante la consideración de tres rasgos complementarios: los efectos totales que ejercen sobre el conjunto de la economía; la rapidez (vinculación más o menos directa) con que se relacionan con los demás y la importancia como elementos transmisores dentro de la red de intercambios. Dichos aspectos se recogen en el concepto genérico de centralidad, característica que permite analizar las propiedades estructurales y de localización de la red económica.

Se considera un sector como importante si presenta un mayor número de interrelaciones, bien directas o indirectas, con el resto de agentes en la red. En este sentido, las ramas que mantienen mayores conexiones gozan de posiciones estructurales más ventajosas en la medida en que presentan un mayor grado relativo de acceso y control sobre los recursos existentes, siendo menos dependientes y teniendo una mayor capacidad para transmitir su influencia a los demás. En este trabajo, se identificarán los sectores que funcionan en el sistema económico regional a modo de *encrucijada*(4) constituyendo elementos de conexión cruciales para el funcionamiento de la estructura económica, y se relacionarán con su nivel tecnológico, para valorar las posibilidades de difusión de la tecnología dentro de la economía regional.

Para detectar aquellos sectores con una posición más relevante dentro de la economía, incorporamos al ámbito del análisis económico tres medidas de centralidad(5) propuestas por Friedkin (1991) en el análisis sociológico mediante la teoría de redes, denominadas efectos totales, efectos inmediatos y efectos de intermediación. Estos indicadores suponen un reflejo de las relaciones interindustriales bajo un triple enfoque:

- Los efectos totales, que determinan el efecto relativo total de un sector sobre el resto de la economía.
- Los efectos inmediatos, que muestran la rapidez con la cual se implementan los efectos totales.

(4) El concepto de sectores de encrucijada ha sido utilizado en un sentido similar en Morillas (1983) aunque basado en la idea de cohesión en una estructura propuesta por Rossier (1980).

(5) El concepto de centralidad ha sido tratado hace bastante tiempo (Harary, 1965; Freeman, 1979) y se han propuesto diversas formas para medirlo (índices de centralidad). Las medidas propuestas por este autor, sin embargo, tienen la gran ventaja de ser comparables entre estructuras de distinto tamaño y, sobre todo, de referirse a tres rasgos importantes, y complementarios a la vez, de la centralidad.

– Los efectos de intermediación, que indican, por su parte, la importancia de determinados sectores como instrumentos de transmisión de los efectos totales producidos por otros.

3.1 Efectos totales

Bajo esta óptica, los distintos efectos se determinan a partir de una matriz $\mathbf{A} = \{a_{ij}\}$ estocástica, en la que se recogen las interrelaciones entre los vértices o polos de la red analizada, tal que $\mathbf{A} \geq \mathbf{0}$ y la suma de todas sus filas sea igual a la unidad:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, \forall i = 1, \dots, n \quad [1]$$

Como se ha dicho, el esquema teórico fue desarrollado por Friedkin (op. cit.), en él se señala que las opiniones iniciales $y^{(1)}$ se transforman en posiciones finales $y^{(t+1)}$ a través de un proceso que refleja la propensión tanto a influencias sociales (α) como interpersonales (a_{ij}). Tal proceso, se representaría mediante la ecuación siguiente:

$$y_i^{(t+1)} = \alpha(a_{i1}y_1^{(t)} + \dots + a_{in}y_n^{(t)}) + (1 - \alpha)y_i^{(1)} \quad [2]$$

Si dicho esquema se adapta a un marco contable input-output, se deriva la expresión:

$$X_i = \alpha(a_{i1}X_1 + \dots + a_{in}X_n) + (1 - \alpha)D_i \quad [3]$$

donde X_i y D_i denotan la producción y demanda respectivamente de un sector *i-ésimo*, a_{ij} representa los coeficientes input-output indicativos de las relaciones intersectoriales, y α ofrece una ponderación que permite calibrar el efecto de cambios exógenos y el peso de las transacciones intersectoriales consecuentes.

Expresado matricialmente:

$$\mathbf{X} = \alpha\mathbf{A}\mathbf{X} + (1 - \alpha)\mathbf{D} \quad [4]$$

Ecuación que bajo una serie de transformaciones, puede ser planteada en función de su inversa:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - \alpha\mathbf{A})^{-1}(1 - \alpha)\mathbf{D} = \mathbf{V}\mathbf{D} \quad [5]$$

De esta forma, la determinación de los efectos totales intersectoriales está básicamente relacionada con el número y longitud de los caminos existentes entre los distintos sectores a través de las relaciones productivas especificadas, de tal forma que(6):

$$\mathbf{V} = (\mathbf{I} - \alpha\mathbf{A})^{-1}(1 - \alpha) = (\mathbf{I} + \alpha\mathbf{A} + \alpha^2\mathbf{A}^2 + \alpha^3\mathbf{A}^3 + \dots)(1 - \alpha) \quad [6]$$

$$0 < \alpha < 1$$

donde α es una ponderación de las influencias intersectoriales que permite calibrar la capacidad de influencia entre sectores, y \mathbf{A} representa la matriz de coeficientes input-output normalizados.

Observemos que la matriz \mathbf{V} se determina a partir de la matriz inversa de Leontief ponderada por dicho coeficiente α . El aumento del número de pasos a través de los cuales dos sectores se pueden interrelacionar supone una disminución del impacto de sus transacciones, mientras que, para igualdad de distancias, el efecto ocasionado depende de la intensidad o fuerza de las relaciones existentes (αa_{ij}). Ambos aspectos son considerados en la especificación propuesta.

Friedkin y Johnsen (1990) demuestran que, bajo el supuesto de que $\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k = \mathbf{A}^\infty$, en el caso de que α se aproxime a la unidad:

$$\mathbf{V} = \lim_{\alpha \rightarrow 1^-} (\mathbf{I} - \alpha\mathbf{A})^{-1}(1 - \alpha) = \mathbf{A}^\infty = \mathbf{W} \quad [7]$$

Esto es, si α tiende a la unidad, \mathbf{V} convergería, bajo ciertas condiciones de la matriz \mathbf{A} , a \mathbf{W} tal que los efectos totales intersectoriales sean constantes. La matriz \mathbf{V} tiende entonces, a la distribución límite de \mathbf{A} $\left(\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k \right)$ donde el efecto total es constante para cada sector *i*-ésimo. La matriz \mathbf{W} , por tanto, es de la forma:

(6) Sea un término arbitrario $\alpha^k \mathbf{A}^k$ de la serie de potencias desarrollada. Si todas las entradas no nulas de la matriz de coeficientes input-output, \mathbf{A} , son representadas por un valor unitario, la entrada correspondiente en $\mathbf{A}^k = \{a_{ij}^k\}$ indicará el número de caminos existentes entre los sectores *i*-ésimo y *j*-ésimo de longitud *k*.

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_1 & \dots & w_n \\ \dots & \dots & \dots \\ w_1 & \dots & w_n \end{bmatrix} \quad [8]$$

Podemos afirmar que la matriz estocástica \mathbf{A} de radio espectral igual a la unidad(7), resulta una matriz convergente cuyo límite(8) será no nulo ($\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k \neq 0$), cumpliéndose el supuesto de partida necesario para la convergencia de la matriz $\mathbf{V}=\mathbf{W}$ bajo la hipótesis de que $\alpha \rightarrow 1^-$.

Dicha hipótesis, ante ausencia de información adicional sobre el valor de la ponderación α , será la empleada en el cálculo de los efectos totales estimados de tal forma que el efecto total de centralidad para un sector j -ésimo, $TEC_{(j)}$, se define como:

$$TEC_{(j)} = \frac{\sum_{i=1}^n v_{ij}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij}}{n} = w_j \quad \forall i, j \quad [9]$$

Se trata del promedio de los elementos de las columnas de la matriz \mathbf{V} de forma que cuanto mayor sea este valor, mayor fuerza tendrán en el sector los efectos totales respecto al conjunto de la economía.

3.2 Rapidez en la difusión

El análisis de la rapidez de transmisión de los efectos totales estimados es un aspecto importante en la valoración de políticas económicas y sus posibles efectos en el tiempo o en su propagación dentro de la red analizada. Este rasgo se determina a partir de los denominados efectos inmediatos, cuyo cálculo gira en torno a la cadena de Markov asociada a la matriz \mathbf{A} .

(7) Toda matriz estocástica tiene un radio espectral igual a la unidad.

(8) Dado que el límite de las potencias de una matriz cualquiera, $\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k$, existe si y sólo si:

– El radio espectral de la matriz, esto es, el máximo de los valores absolutos de los valores propios de la matriz, es inferior a la unidad ($\rho(\mathbf{A}) < 1$), en cuyo caso $\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k = 0$.

– El radio espectral de la matriz es igual a la unidad ($\rho(\mathbf{A}) = 1$) siendo 1 el único valor propio semisimple de \mathbf{A} , matriz de módulo 1. El límite entonces es distinto de cero.

En este sentido considérese que una cadena de Markov puede ser interpretada como un paseo aleatorio por el digrafo ponderado de la matriz estocástica de coeficientes input-output $\mathbf{A} = \{a_{ij}\}$, donde al arco entre los sectores *i-ésimo* y *j-ésimo* del digrafo analizado se le atribuye el peso a_{ij} .

Resulta entonces una cadena de Markov de n estados donde la matriz \mathbf{A} recoge las probabilidades de transición de una rama a otra, tal que el elemento (i,j) de la denominada matriz de transición del paso *k-ésimo*, \mathbf{A}^k , mostrará la probabilidad de pasar del sector *i-ésimo* al *j-ésimo* en k pasos exactamente(9).

A partir de la delimitación de este proceso estocástico, la rapidez de difusión en la red de los efectos de un sector *j-ésimo*, se puede determinar a través de la longitud media de las secuencias de sus transacciones económicas ponderadas cada una de ellas por la fuerza de las relaciones sectoriales establecidas (Kemeny y Snell, 1960):

$$\mathbf{M} = (\mathbf{I} - \mathbf{Z} + \mathbf{E}\mathbf{Z}_{dg})\mathbf{D} \quad [10]$$

donde \mathbf{D} es una matriz diagonal con elementos $d_{ij} = \frac{1}{w_i}$, \mathbf{E} representa una matriz $(n \times n)$ formada por unos y \mathbf{Z} es la denominada matriz fundamental cuya expresión es la que sigue:

$$\mathbf{Z} = (\mathbf{I} - \mathbf{A} + \mathbf{A}^\infty)^{-1} \quad [11]$$

tal que \mathbf{A}^∞ coincidirá con la matriz \mathbf{W} , que recoge el estado estacionario del proceso analizado (w_1, \dots, w_n) y, \mathbf{Z}_{dg} es una matriz diagonal construida a partir de la definición de \mathbf{Z} .

La rapidez con que un sector se relaciona económicamente con otros se expresa en las columnas respectivas de la matriz \mathbf{M} . El indicador de estos efectos inmediatos, IEC, se calcula como el inverso de la media de las longitudes de los caminos de un sector *j-ésimo*:

(9) El enfoque de cadenas de Markov es aplicable a la estimación de los efectos totales. Considérese en este sentido que el vector (\mathbf{w}) que delimita la matriz \mathbf{W} , tal que a partir de la matriz de transición $\lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{A}^k = \mathbf{W}$, constituye el denominado vector de distribución estacionario de la cadena, la fracción de tiempo que el sistema está en el sector *j-ésimo* a largo plazo.

$$IEC_{(j)} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n m_{ij}}{n} \right)^{-1} \quad \forall i, j \quad [12]$$

donde m_{ij} son los elementos de la matriz \mathbf{M} .

A medida que aumenta el valor de la medida expuesta, mayor será la rapidez con la cual se propaguen los efectos totales del sector considerado.

3.3 Elementos conectores

El último de los tres rasgos que se ha considerado, el de los denominados efectos de intermediación, define un sector económico como clave y hace referencia a la importancia de ciertas ramas como instrumentos de transmisión de los efectos totales. Son sectores que facilitan el funcionamiento e interconexión económica, vertebrando la interrelación de las distintas actividades productivas. Tales agentes económicos funcionan en el sistema a modo de encrucijada, constituyendo puntos clave para el desarrollo conjunto de la economía. Con su cálculo se obtiene información sobre los sectores polarizadores del desarrollo y de su difusión en la región, de tal forma que aquellas ramas que aparecen como habitualmente interrelacionadas por tales elementos conectores podrían llegar a formar complejos industriales y establecerse juntas en el espacio.

Friedkin (op. cit.) descompone para su estimación la matriz \mathbf{M} , planteada con anterioridad, en el número de pasos desde un sector j -ésimo a otro i -ésimo, a través de otros intermedios:

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^n t_{(j)ik} \quad i \neq j \neq k \quad [13]$$

donde $t_{(j)ik}$ es la ik -ésima celda de la matriz \mathbf{T} en:

$$\mathbf{T}_{(j)} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}_{(j)})^{-1} \quad [14]$$

y $\mathbf{A}_{(j)}$ es la matriz resultante de eliminar la j -ésima fila y columna de la matriz \mathbf{A} (Kemeny y Snell, 1960).

Los efectos de intermediación, indicativos de la importancia de un sector *j-ésimo* como transmisor o como punto de encrucijada para la conexión de la red económica, se calculan entonces como:

$$MEC_{(j)} = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{t}_{(k)j}}{n} \quad [15]$$

donde,

$$\bar{t}_{(k)j} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{(k)ij}}{(n-1)t_{(k)jj}} \quad i \neq j \quad [16]$$

recoge la contribución de un sector *j-ésimo* a la transmisión de los efectos intersectoriales de la rama *k*.

3.4 Análisis empírico de la centralidad

Una vez expuesto el concepto de centralidad desde una perspectiva teórica, y con el fin de determinar la importancia de los sectores de alta y media tecnología en la configuración de las transacciones productivas, aplicamos estas medidas a la TIO de Andalucía referida al año 1995, agregada a 30 ramas productivas, tal y como se ha especificado en apartados anteriores. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro nº 2(10).

Dada la muy alta correlación observada en las tres medidas, se ha sintetizado la información suministrada por las mismas mediante un análisis de componentes principales. La componente obtenida, que explica un 90% de la varianza, se presenta en dicho cuadro, acompañada del orden que cada sector ocupa en relación con la centralidad.

(10) Los valores nulos mostrados en este cuadro recogen efectos despreciables de los sectores analizados.

Cuadro 2
INDICADORES DE CENTRALIDAD

(Continúa)

<i>INTENSIDAD TECNOLOGIA</i>	<i>SECTORES</i>	<i>TEC</i>	<i>IEC</i>	<i>MEC</i>	<i>CP</i>	<i>Rango</i>
Alta Tecnología	– Indus. química, farmacéutica	0,021	0,011	0,531	-0,222	16
	– Fabricación maquinas oficina, material informático	0	0	0,037	-2,251	29
	– Componentes electrónicos	0,036	0,028	0,679	1,073	10
	– Maquinaria y equipo	0,085	0,046	0,748	2,789	2
	– Maquinar. y apara. eléctricos	0,007	0,006	0,439	-0,888	19
	– Instru. médicos y de precisión	0,003	0,002	0,291	-1,485	24
	– Industria del automóvil	0,001	0,001	0,198	-1,791	26
	– Otro material de transporte	0	0	0,058	-2,198	28
	– Correos y Telecomunicac.	0,040	0,028	0,678	1,138	9
	– Actividades informáticas	0,074	0,036	0,708	2,108	4
	– Investigación y desarrollo	0,015	0,016	0,597	0,037	15
Media Tecnología	– Alimentac., bebida y tabaco	0	0	0,129	-2,020	27
	– Cartón y papel	0,074	0,032	0,690	1,906	6
	– Caucho y plástico	0,050	0,028	0,679	1,312	8
	– Extrac. de minerales no metálic.	0,007	0,003	0,326	-1,290	22
	– Metales férreos	0,028	0,018	0,604	0,355	12
	– Ingeniería	0,004	0,003	0,331	-1328	23
	– Consultoría	0,108	0,051	0,754	3,394	1

Cuadro 2
INDICADORES DE CENTRALIDAD

		(Conclusión)					
<i>INTENSIDAD TECNOLOGIA</i>	<i>SECTORES</i>	<i>TEC</i>	<i>IEC</i>	<i>MEC</i>	<i>CP</i>	<i>Rango</i>	
Baja	– Impresión, edición, reproduc.	0,089	0,034	0,692	2,246	3	
Tecnología	– Extractivas	0,098	0,026	0,641	1,957	5	
	– Textil	0,057	0,014	0,566	0,598	11	
	– Prendas de vestir y peletería	0,008	0,005	0,397	-1,016	20	
	– Cuero y calzado	0,051	0,003	0,321	0,551	17	
	– Madera y caucho	0,048	0,012	0,543	0,308	13	
	– Fabricac.de productos metálic.	0,024	0,015	0,578	0,104	14	
	– Naval	0	0	0,005	-2,331	30	
	– Fabricación de muebles	0,003	0,002	0,281	-1,510	25	
	– Otras manufacturas	0,018	0,006	0,429	-0,726	18	
	– Electricidad, gas y agua.						
	Reciclaje		0,045	0,033	0,701	1,478	7
	– Resto de servicios		0,004	0,004	0,369	-1,194	21
	Promedio		0,033	0,016	0,467	0,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOAN-1995.

Si consideramos como sectores más destacados, en cuanto al concepto de centralidad, a los que están por encima del tercer cuartil, podemos observar que sólo hay dos entre los de alta tecnología, uno industrial, Maquinaria y equipo, y otro de servicios, Actividades informáticas. Dentro de los clasificados como de tecnología media se encuentra otra rama de servicios, las actividades relacionadas con la Consultoría, siendo el resto calificados como de bajo nivel tecnológico.

Su posición de centralidad les permite transmitir unos importantes efectos totales sobre el conjunto de ramas con relativa rapidez, jugando un papel clave en la intermediación de las relaciones intersectoriales del resto de sectores productivos.

Destacan también, dentro de los sectores catalogados como de intensidad tecnológica media-alta, Componentes electrónicos, Cartón y papel y Caucho y plástico, al convertirse en elementos fundamentales para la interconexión de la red económica establecida.

Si, de forma complementaria, se consideran como sectores con poca importancia, desde el punto de vista de la centralidad, los que están situados por debajo del primer cuartil, se puede observar que cuatro de ellos son de alta tecnología (Fabricación de maquinaria de oficina y material Informático, Otro material de transporte, Industria del automóvil, Instrumentos médicos y de precisión) y uno más de nivel tecnológico medio (Alimentación, bebidas y tabaco). Los dos restantes son de baja tecnología (Fabricación de muebles y Naval).

En conclusión, podemos decir, que las relaciones productivas en Andalucía no están estructuradas en torno a ramas de alta tecnología, lo que puede ser una traba para la difusión y el desarrollo de la misma en el entramado industrial. Sin embargo, hay ciertos sectores de servicios, los relacionados con actividades de informática y consultoría, a los que su centralidad en la red económica les permite acceder al conjunto de ramas con relativa rapidez, jugando un papel clave en la intermediación de las relaciones intersectoriales del resto de sectores productivos y, por tanto, en las posibilidades de difusión de la tecnología que incorporan o producen.

La opción de los servicios cualificados como motor de desarrollo regional no es fácil sin tener asociado un entramado industrial que los soporte. Sin embargo, dada la perfecta movilidad de este tipo de actividades, que facilita el acceso a mercados fuera de la región, pueden tener un papel importante tanto en la difusión del conocimiento y la tecnología como en el desarrollo global de la región.

La posición de centralidad, como se ha señalado, es compartida por sectores de diferente perfil o nivel de intensidad tecnológica. Resulta, por tanto, de interés profundizar en las similitudes estructurales existentes entre ellos, con objeto de abordar su clasificación desde esta perspectiva. Dicha cuestión se trata en el siguiente epígrafe, a través del concepto de equivalencia estructural.

4. ANÁLISIS DE LA EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL

El concepto de equivalencia estructural hace referencia a grupos de sectores que presentan la misma posición dentro del entramado económico, dado que la estructura de sus intercambios es análoga.

Sea un sector X que compra productos (bienes y servicios) a un sector Y, y un sector Z que compra al sector Y, las ramas X y Z son estructuralmente equivalentes, desde la perspectiva de las compras, puesto que revelan un patrón relacional común. Es decir, ramas con similares relaciones son estructuralmente equivalentes cuando ocupan una posición similar en la red (White, Boorman y Breiger, 1976).

En la práctica, es difícil localizar sectores que cumplan exactamente esta característica. Se requiere, más bien, identificar y localizar conjuntos de ramas pro-

ductivas que sean “aproximadamente” equivalentes desde un punto de vista estructural de acuerdo con alguna medida de similitud.

Un procedimiento ampliamente utilizado en la literatura de redes sociales con este fin es el denominado CONCOR (CONvergence of iterated CORrelations), algoritmo cluster desarrollado sobre un proceso iterativo de re-estimación de coeficientes de correlación entre columnas (filas)(11).

4.1 El método CONCOR: algunas consideraciones generales

La aplicación del método CONCOR, precisa de una matriz de datos donde cada columna (fila) representa un sector, posteriormente se calculan los coeficientes de correlación de cada una de dichas columnas (filas) con el resto, repitiéndose dicho proceso.

Sea una matriz \mathbf{X} de orden $(n \times n)$ cuyos elementos pueden ser valores o coeficientes. Se comienza por calcular los coeficientes de correlación lineal de cada una de las columnas(12) del conjunto y relacionándola con cada una de las demás, de esa forma se recogen las relaciones existentes entre los distintos sectores. La matriz obtenida será, por tanto,

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad [17]$$

La matriz de coeficientes de correlación $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}$, puede ser expresada como:

$$\mathbf{R} = \mathbf{D}_s \mathbf{S} \mathbf{D}_s \quad [18]$$

donde \mathbf{D}_s recoge una matriz diagonal cuyos elementos son los inversos de las desviaciones típicas y $\mathbf{S} = \{s_{ij}\}$ corresponde a la matriz de varianzas y covarianzas:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{n} \mathbf{X}^T \mathbf{M} \mathbf{X} \quad [19]$$

(11) Obtenido de forma paralela por los investigadores McQuitty y Clark (1968), Breiger et al. (1975) y White et al. (1976).

(12) El proceso podría ser aplicado también por filas.

tal que \mathbf{X} es una matriz cuyas columnas corresponden a las n observaciones de cada sector, mientras que sus filas representan las interrelaciones con el entorno de cada una de ellos y \mathbf{M} es una matriz idempotente(13) construída como

$$\mathbf{M} = \left(\mathbf{I} - \frac{1}{n} \mathbf{e} \mathbf{e}^T \right) \text{ donde } \mathbf{e} \text{ representa un vector columna unitario.}$$

Una vez que disponemos de los coeficientes de correlación lineal, es decir, de vectores que representan la relación existente entre las variables, procederemos a calcular, a partir de ellos, nuevos coeficientes de correlación lineal. De forma genérica, la t -ésima iteración del algoritmo CONCOR da lugar a los siguientes resultados:

$$\mathbf{R}^{(t)} = \mathbf{D}_S^{(t)} \mathbf{S}^{(t)} \mathbf{D}_S^{(t)} \quad [20]$$

La secuencia de matrices \mathbf{R} converge a una matriz $\mathbf{R}^{(\infty)}$, la cual muestra la estructura interna existente en la matriz de datos original, \mathbf{X} . Un caso habitual según aparece en las aplicaciones existentes de esta metodología(14), se presenta cuando $\mathbf{R}^{(\infty)}$ converge a una matriz cuyos elementos son $+1, -1$, subdivida en dos grupos claramente diferenciados. Siguiendo a Schwartz (1977), señalamos que cualquier matriz \mathbf{R} de rango unitario formada por $+1, -1$, puede ser reordenada en cuatro submatrices como sigue:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{(1)} & \mathbf{(-1)} \\ \mathbf{(-1)} & \mathbf{(1)} \end{pmatrix} \quad [21]$$

de tal forma que la matriz obtenida tras una convergencia iterativa queda dividida en dos bloques(15). Sucesivas aplicaciones de dicho método sobre los grupos precedentes permiten subdividirlos progresivamente.

La utilización de este método nos ha parecido adecuada, dado no sólo los buenos resultados que proporciona, sino también "la lógica del proceso" empleada: puesto que se pretende crear bloques de sectores que presentan similares relaciones, se utiliza como instrumento de medida el coeficiente de correlación.

(13) Una matriz es idempotente si $\mathbf{M}^2 = \mathbf{M}$.

(14) Las estructuras simétricas perfectas no responden a este patrón clásico, si bien, son organigramas difíciles de encontrar en la realidad económica, y por tanto, ajenos a nuestro campo de estudio. Ver Chen (2002).

(15) La matriz de correlación final, obtenida tras sucesivas iteraciones, estará formada por $+1$ y -1 , representativos de los actores que pertenecen a uno u otro de los dos grupos.

Su empleo ha sido cuestionado en ocasiones, ya que su sustento teórico aún no ha sido demostrado satisfactoriamente. Aún así, nuestras investigaciones sobre el mismo han revelado interesantes propiedades, entre las cuales podríamos destacar brevemente las dos siguientes.

Por un lado, el método CONCOR ha mostrado un comportamiento adecuado en escenarios con escasa información. La consideración de rasgos adicionales como las similitudes existentes entre los sectores o el número de caminos a través de los cuales se conectan las ramas productivas, conduce a una identificación análoga de posiciones estructurales, lo cual significa que dicha técnica es muy útil en ámbitos en los que existe una información limitada.

Por otro, las simulaciones realizadas han revelado un elevado grado de robustez del método, ya que pequeñas variaciones en los datos de partida permiten recobrar la estructura subyacente existente.

El primero de los rasgos, permite superar las disquisiciones sobre la consideración de características adicionales a las relaciones establecidas, en la identificación de las posiciones sectoriales equivalentes estructuralmente. El segundo, capacita al método para delimitar la estructura real de los datos, aún cuando éstos presenten cierto margen de error.

4.2 Sectores equivalentes estructuralmente en la TIOAn

Se constituyen y analizan agrupaciones de ramas de actividad equivalentes estructuralmente dentro de una red productiva definida para un grafo donde se han considerado como relaciones significativas(16) –representadas a través de un valor unitario– aquellas que muestran un coeficiente elevado.

El resultado de aplicar esta metodología mediante la aplicación del algoritmo CONCOR, aparece en el Cuadro nº 3.

Dicho cuadro condensa en nueve bloques, denotados cada uno de ellos por una letra, las ramas de actividad que presentan similares interrelaciones. Para efectuar

(16) Aunque hay diversos criterios y bastante literatura para detectar los coeficientes más importantes (Morillas, 1983), es usual en este tipo de aplicaciones considerar como absolutamente despreciables aquellos coeficientes de distribución inferiores al 0,01, representativos de relaciones muy débiles en el funcionamiento e interconexión de la red económica. Los coeficientes entre el 1% y el 5%, y los comprendidos entre el 5% y el 10%, son considerados como representativos de relaciones débiles y medias respectivamente. Finalmente, los mayores del 10% recogen relaciones fuertes, umbral empleado en este trabajo y que permite definir la matriz $\mathbf{F} = (f_{ij})_{n \times n}$ como:

$$f_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ij} \geq 0,1 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde d_{ij} recoge el coeficiente de distribución entre los sectores i -ésimo y j -ésimo.

la determinación de los bloques se ha empleado el software especializado en redes sociales UCINET VI (Borgatti, Everett y Freeman, 2003)(17).

Cuadro 3
BLOQUES EQUIVALENTES ESTRUCTURALMENTE(18)

(Continúa)

<i>BLOQUES</i>	<i>CONGLOMERADOS</i>	<i>NIVEL TECNOLÓGICO</i>
A	(1) Industria química, farmacéutica	(MAT)
B	(3) Componentes electrónicos	(MAT)
C	(22) Prendas de vestir y peletería	(MBT)
	(23) Cuero y calzado	(MBT)
	(24) Madera y caucho	(MBT)
	(26) Naval	(MBT)
D	(2) Fabricación maquinaria oficina, material informático	(MMAT)
	(4) Maquinaria y equipo	(MMAT)
	(5) Maquinaria y aparatos eléctricos	(MMAT)
	(6) Instrumentos médicos y de precisión	(MMAT)
	(7) Industria del automóvil	(MMAT)
	(8) Otro material de transporte	(MMAT)
	(15) Extracción de minerales no metálicos	(MMT)
	(16) Metales féreos	(MMT)
	(25) Fabricación de productos metálicos	(MBT)
	(27) Fabricación de muebles	(MBT)
	(28) Otras manufacturas	(MBT)

(17) El programa UCINET se halla disponible en Internet en la dirección siguiente: www.analytictech.com.

(18) La terminología empleada en el cuadro corresponde a: MAT Manufacturas de alta tecnología, MMAT Manufacturas de media y alta tecnología, MMT Manufacturas de media tecnología, MBT Manufacturas de baja tecnología, SAT Servicios de alta tecnología, SMT Servicios de media tecnología, SBT Servicios de baja tecnología.

Cuadro 3**BLOQUES EQUIVALENTES ESTRUCTURALMENTE**

		(Conclusión)
<i>BLOQUES</i>	<i>CONGLOMERADOS</i>	<i>NIVEL TECNOLÓGICO</i>
E	(20) Extractivas	(MBT)
	(29) Electricidad, gas y agua: reciclaje	(SBT)
F	(19) Impresión, edición y reproducción	(MBT)
G	(9) Correos y telecomunicaciones	(SAT)
	(10) Actividades informáticas	(SAT)
	(11) Investigación y desarrollo	(SAT)
	(17) Ingeniería	(SMT)
	(18) Consultoría	(SMT)
	(30) Resto de servicios	(SBT)
H	(12) Alimentación, bebida y tabaco	(MMT)
	(21) Textil	(MMT)
I	(13) Cartón y papel	(MBT)
	(14) Caucho y plástico	

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOAn-1995.

Si exceptuamos los bloques A y B, formados, respectivamente, por las ramas de alta tecnología Industria química y farmacéutica y Componentes electrónicos, puede observarse que aparecen dos bloques claramente relacionados con el desarrollo de la tecnología: el bloque D, constituido, básicamente, por industrias manufactureras de tecnología media y alta, de cuyas carencias en relación con la centralidad en la estructura productiva andaluza acabamos de hablar, y el bloque G, constituido por sectores de servicios de media y alta tecnología, entre los que se encuentran los dos ya señalados como centrales en la economía andaluza, pero, también, otros dos cuyo papel central es bastante pobre (Ingeniería, lugar 23 en la jerarquía de centralidad, e Investigación y desarrollo, en el puesto 15).

En resumen, puede decirse que estos dos bloques de ramas, uno industrial y otro de servicios, conforman potencialmente las mejores expectativas de desarrollo relacionado con la tecnología. Pero la posición de dichas ramas en la estructura de intercambios de la región es, en general, poco adecuada, exceptuando los casos concretos señalados anteriormente.

5. CONCLUSIONES

El entramado sectorial constituye uno de los posibles factores determinantes en la capacidad de innovación de un territorio. Un análisis sintético de sus rasgos estructurales es un punto fundamental para la comprensión de su funcionamiento. El estudio sistemático del modo en que se organizan y disponen estas transacciones productivas constituye una información enriquecedora sobre su estructura y, en la medida en que estas puedan ser clasificadas en grupos homogéneos, esta tarea se facilitará enormemente.

En este trabajo, se ha examinado la importancia en la estructura productiva andaluza de ramas de elevada intensidad tecnológica a través de tres medidas de centralidad. La consideración conjunta de los efectos totales, inmediatos y de intermediación, ha permitido determinar los sectores tecnológicos con mayores efectos relativos totales sobre el resto de la red, la rapidez de su difusión y su papel como elementos conectores, cruciales para la interconexión económica y la difusión de la tecnología.

En este sentido, muy pocos sectores andaluces de intensidad tecnológica alta y media (Maquinaria y equipo, Actividades informáticas y Consultoría, básicamente) logran transmitir sus efectos sobre el conjunto de ramas con relativa rapidez, lo que desdice bastante acerca de las posibilidades de que las relaciones interindustriales puedan jugar un papel clave en la transmisión de la tecnología al resto de sectores productivos.

El papel destacado que, según se ha observado, podrían representar ciertas ramas de servicios (Actividades informáticas y Consultoría) 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. Sin embargo, la amplia dependencia exterior que tienen los sectores relacionados con este tipo de servicios en Andalucía, como se ha puesto de manifiesto en Morillas, Moniche y Castro (2004), es especialmente preocupante, por lo que supone de pérdida de oportunidades de difusión de la tecnología y de la innovación.

Finalmente, se ha obtenido del estudio de las relaciones de semejanza una clasificación de las ramas productivas en bloques equivalentes estructuralmente, bastante bien relacionados con la intensidad tecnológica de los mismos. Se ha puesto de manifiesto que la existencia de dos conjuntos de ramas de alta y media

tecnología en la economía andaluza, uno de servicios, manufacturero el otro no se corresponde con un protagonismo relevante de este tipo de bloques en su difusión, según han puesto de manifiesto los indicadores de centralidad utilizados. En definitiva, la falta de estructuración de la economía andaluza en torno a sectores de alta tecnología que se ha detectado en este trabajo, coincide con lo señalado, desde otra perspectiva, por otros investigadores como García, Palma y Pomares (2002) y Villalba (2003). Evidentemente, esta circunstancia podría limitar seriamente las posibilidades de difusión de la tecnología y de la innovación entre sus empresas.

REFERENCIAS

- ANDERSEN, B., HOWELLS, J., HULL, R., MILES, I. y ROBERTS, J. (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. (2000): New information technology and localized technological change in the knowledge-based economy, en Boden, M. y Miles, I. (eds.) «Services and the Knowledge-Based Economy», London and New York, Continuum.
- BREIGER, R. L., BOORMAN, SA. y ARABIE, P. (1975): An algorithm for clustering relational data with applications to social network analysis and comparison with multidimensional scaling, *Journal of Mathematical Psychology*, 12, pp. 328-383.
- CARTER, A.P. (1990): Upstream and downstream benefits of innovation, *Economic Systems Research*, 2, pp. 241-257.
- CHEN, C-H. (2002): Generalized Association Plots: Information visualization via iteratively generated correlation matrices, *Statistica Sinica*, 12, pp.7-29.
- 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., G. SIRILLI, X. HU, & F. K. LUK (1994), Structure and Location of Innovative Activity in the Italian Economy, 1981-85, *Economic Systems Research*, 6, pp. 135-158.
- FANJUL, O. et. Al. (1975): «Cambios en la estructura interindustrial de la economía española 1962-1970: una aproximación», Madrid, Fundación del Instituto Nacional de Industria.

- FONTELA, E., PULIDO, A. (1991): Input–Output, Technical Change and Long Waves, en Peterson, W. (ed.): «Advances in Input-Output Analysis», Oxford, Oxford University Press, pp. 137-148.
- FOSTER, R. (1986): «Innovation: the attackers advantage», Londres, Macmillan.
- FREMAN, L.C. (1979): Centrality in social networks: I. Conceptual clarification, *Social Networks*, 1, pp. 215-239.
- FRIEDKIN, N. (1991): Theoretical Foundations for Centrality Measures, *American Journal of Sociology*, 96, 6, mayo, pp.1478-1504.
- GARCÍA, A., PALMA, L. y POMARES, I (2002): La difusión tecnológica en la industria andaluza. Un análisis a partir de las tablas input–output, *Economía Industrial*, 347, pp. 85-98.
- GARCIA, A. S., RAMOS, C. (2003): Las redes sociales como herramienta de análisis estructural input-output, *REDES. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, IV, pp. 1-27.
- HARARY, F., NORMAN, R. Z., CARTWRIGHT, D. (1965): «Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs», New York, John Wiley and Sons.
- HAUKNES, J. (1998): Services in innovation- Innovation in services, *SIYS Final Report* (Oslo STEP).
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA DE ANDALUCÍA (1995): «Sistemas de Cuentas Económicas de Andalucía. Marco Input-Output 1995». <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadistica/mioan95/>
- KEMENY, J. G, SNELL, J.L. (1960): «Finite Markov Chains», N. J. Van Nostrand, Princeton.
- LAHR, M., DIETZENBACHER, E. (2001): «Input –Output Analysis: Frontiers and Extensions», New York, Ed. Palgrave.
- LANTNER, R. (1974): «Théorie de la Dominance Economique», París, Dunod.
- LEONTIEF, W. (1928): The Economy as a Circular Flow, *Structural Change and Economic Dynamics*, 2, pp. 181-212.
- LOS, B. (1997): The empirical performance of a new interindustry technology spill-over measurement measure, Mimeo, Maastricht University.
- MCQUITTY, L., CLARK, J. (1968): Clusters from iterative, intercolumnar correlational analysis, *Educational and Psychological Measurement*, 28, pp. 211-238.
- MILES, I. (1993): Services in the New Industrial Economy, *Futures*, 25, 6, pp.653-672.

- 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.
- MORILLAS, A., MONICHE, L., CASTRO, M. (2004): Evaluation of Cross-Border Leakages in Community Support Frameworks. The case of Andalusia (Spain), ERSA 2004, 25-29 Agosto, Universidade do Porto, Portugal.
- PASINETTI, L. L. (1993): «Structural Change and Economic Growth—A theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations», Cambridge, Cambridge University Press.
- ROSENBERG, N. (1976): «Perspectives on Technology», Cambridge, Cambridge University Press.
- ROSSIER, E. (1980): «Economie Structural», París, Económica.
- SAKURAI, N., PAPAConstantinou, G., IOANNIDIS, E. (1997): Impact of R&D and technology diffusion on productivity growth: empirical evidence for 10 OECD countries, *Economic Systems Research*, 9, 1, pp.81-109.
- SCHERER, F. M. (1982): Interindustry technology flows and productivity growth, *Review of Economics and Statistics*, 64, pp. 627-34.
- SCHUMPETER, J. (1912): «The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle», Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1934.
- SCHUMPETER, J. (1927): The Explanation of the Business Cycle, *Economica*.
- SCHUMPETER, J. (1942): «Capitalism, Socialism and Democracy», New York, London: Harper & Brothers.
- SCHWARTZ, J. E. (1977): An Examination of Concor and Related Methods for Blocking Sociometric Data, en Heise, D. (ed.): «Sociological Methodology», United States of America, Jossey-Bass Publishers.
- 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 Miles, I. (eds.) «Services and the Knowledge-Based Economy», London and New York, Continuum.
- UTTERBACK, J. M. (1994): «Mastering the dynamics of innovation», Boston, Mass, Harvard Business School Press.

- VACCARA, B. N. (1970): Changes over time in input-output coefficients for the United States, en Carter, A.P y Brody, A. (eds.): «Applications of Input-Output Analysis», 2, Amsterdam.
- VILLALBA, F. (2003): Posición de la tecnología en la empresa andaluza, *Boletín Económico de Andalucía, Nueva Economía y Sociedad del Conocimiento*, 33-34, pp. 200-219.
- WHITE, H., BOORMAN, S. Y BREIGER, R. (1976): Social structure from multiple networks I. Blockmodels of roles and positions, *American Journal of Sociology*, 81, 4, pp. 730-780.
- WOLFF, E. N. (1997): Spillovers, Linkages and Technical Change, *Economic Systems Research*, 9, 1, pp. 9-23.

INTERINDUSTRY FLOWS AND INNOVATION DIFFUSIONAN APPROXIMATION FROM NETWORK THEORY

ABSTRACT

The input-output analysis is a useful tool that allows us making a deep study of the productive structure of a region. In the other hand, the sectorial framework supposes one of the determinant factors in the capacity of innovation.

In this work, from network theory we study some structural characteristics of the productive economy network of Andalusia that are relevant in the technology diffusion. In particular we expose and calculate several indicators that are related with the topological concept of centrality.

Key words: Network theory, input-output analysis, innovation.

AMS Classification: G2P20, 91D30, 05C10