

EVOLUCIÓN SECTORIAL DE LA RED ECONÓMICA ASTURIANA

Ana Salomé García Muñiz ⁽¹⁾; asgarcia@correo.uniovi.es

Antonio Morillas Raya ⁽²⁾; morillas@uma.es

Carmen Ramos Carvajal ⁽³⁾; cramos@correo.uniovi.es

(1), (3) Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Oviedo

(2) Departamento de Estadística y Econometría. Universidad de Málaga

El esquema contable subyacente en una tabla input-output refleja las interdependencias económicas latentes en la estructura productiva, a través del conjunto de relaciones intersectoriales consideradas. Constituye una pieza fundamental en el conocimiento de una región y la determinación de la información necesaria para abordar su situación económica.

El objetivo del presente trabajo es analizar la evolución sectorial de la región asturiana a lo largo de una década, esbozada a partir de la comparación de dos tablas regionales distanciadas en el tiempo, correspondientes a 1985 y 1995.

Con esta finalidad, la teoría de grafos y redes sociales, suponen una metodología alternativa que presenta un gran potencial al permitir simplificar y describir con detalle el esquema de relaciones intersectoriales. El establecimiento de la jerarquía de las relaciones de influencia, y la posición de los sectores en el entramado económico, logran perfilar el desarrollo de la actividad económica.

EVOLUCIÓN SECTORIAL DE LA RED ECONÓMICA ASTURIANA

1. INTRODUCCIÓN

El análisis input-output es una importante herramienta en los estudios de economía y, en particular, de economía regional, ya que permite un conocimiento integrado de la misma al proporcionar información no sólo de las relaciones existentes entre los distintos sectores, sino también sobre su demanda agregada. Se basa en el principio de interdependencia general entre las fuerzas que operan en el ámbito de un sistema económico, idea clave y recurrente a lo largo de la historia económica como ponen de manifiesto los modelos clásicos de formación y distribución de la riqueza.

El modelo input-output de Leontief (1951) se ha venido empleando hasta la actualidad en el análisis de la estructura de una economía, posibilitando la realización de simulaciones y predicciones sobre impactos externos en la estructura económica. La comprensión de las relaciones intersectoriales, entendidas como flujos de producción ha constituido además uno de los pilares en los estudios de localización de ejes de crecimiento, necesarios en la planificación de toda política industrial coordinada.

El análisis de las relaciones productivas, como fiel reflejo de la interdependencia existente entre las estructuras productivas, ha supuesto así una línea fructífera e importante en las investigaciones realizadas¹.

En este trabajo planteamos una alternativa, cuanto menos enriquecedora, de estudio del marco input-output. Una nueva visión basada en un instrumento, a nuestro juicio poco explotado aún en el ámbito económico, como es la teoría de redes sociales.

Sus orígenes se remontan a los años 50 con las investigaciones iniciales de Alex Bavelas (1948, 1950) y Moreno (1954), en campos como la sociología, sociometría y/o antropología. Es apenas hace diez años, en torno a los años noventa, cuando los economistas han empezado a emplear esta técnica

¹ Es todavía recientemente, cuando se han desarrollado métodos alternativos, más allá de los conocidos coeficientes de Rasmussen o Streit, entre otros, para la identificación de industrias importantes y sus interrelaciones productivas. La teoría de grafos y el análisis de redes son dos metodologías que han resultado realmente fructíferas con esta finalidad en un amplio conjunto de disciplinas tales como la sociología, psicología, geografía, o economía. Los conceptos desarrollados en la teoría de grafos han sido aplicados en el marco input-output por investigadores como Yan y Ames (1965), Blin y Murphy (1974) o Lantner (1974). Este enfoque se ha continuado con diversas derivaciones realizadas por autores tales como Morillas (1983), Sonis y Hewings (2000) o Aroche-Reyes (2002).

“conscientemente”² en sus estudios de mercado (Rauch y Casella, 2001). Su desarrollo ha respondido desde entonces, a su capacidad de adaptación a entornos complejos, donde el universo económico actual caracterizado por la globalización económica y mercados muy diferentes obliga a las empresas a una mayor capacidad de ajuste en sus actividades. La literatura sobre redes en la economía abarca un amplio abanico de estudios, desde grandes empresas multinacionales hasta industrias emergentes como la biotecnología, o desde distritos industriales como Silicon Valley- objeto de investigación en la actualidad por Granovetter - hasta entidades supranacionales tales como la Unión Europea.

Su gran potencial simplificador y enorme capacidad explicativa del desarrollo de los procesos generados³, son dos ventajosas características que convierten el reto de reformular el análisis input-output a partir de la teoría de las redes sociales, en una tarea prometedora.

En este trabajo, el empleo de esta técnica, nos va a permitir perfilar la evolución de la estructura productiva de una región, como es el Principado de Asturias, a lo largo de un periodo suficientemente amplio como es la década 1985-1995. En concreto, nos proponemos examinar la estructura productiva asturiana bajo la óptica de los modelos de centro-periferia desarrollados inicialmente por Borgatti y Everett (1999), los cuales determinan un esquema bipartito de la economía en torno a un núcleo activo de desarrollo *versus* un conglomerado productivo disperso en sus relaciones y poco conectado.

Este documento se estructura de la siguiente forma. En primer término y, desde el marco de la teoría de la información, se argumenta la homogenización y agrupación desarrollada de las dos tablas empleadas. A continuación, a partir de la definición de la red social considerada, se determinan y comparan los modelos centro-periferia de cada uno de los momentos temporales objeto de estudio, evaluando posteriormente la fiabilidad de las estimaciones planteadas. Este trabajo concluye con una breve síntesis de los resultados obtenidos.

² Anteriormente existían ya aplicaciones sobre organización industrial y teoría de juegos a nivel de empresas individuales.

³ La aplicación de esta teoría en el ámbito del análisis input-output presenta un gran potencial al integrar en su desarrollo cuestiones tan relevantes como las posiciones relativas de los sectores, su orientación o los senderos por donde circula la influencia económica dentro de la estructura considerada.

2. AGREGACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

En este apartado vamos a efectuar unos breves comentarios sobre la información estadística utilizada, base del estudio aplicado realizado en esta comunicación.

2.1. HOMOGENEIZACIÓN DE LAS TABLAS INPUT-OUTPUT DE ASTURIAS DE 1985 Y 1995

La información estadística que se utiliza en este trabajo es la que procede de las tablas input-output de Asturias de 1985 y 1995. El motivo por el que se han elegido estas matrices es doble: por un lado, recogen un periodo lo suficientemente amplio como para poder captar los cambios que ha experimentado la estructura productiva regional y, por otro, ambas tablas son, en términos generales, metodológicamente comparables⁴.

Ambas matrices objeto de estudio se han realizado de acuerdo al Sistema Europeo de Cuentas Económicas Integradas (SEC). En la primera de ellas se ha seguido el esquema dictado por la Contabilidad Regional Asturiana correspondiente al año 1978 (CRA-78), manteniendo la uniformidad y consistencia de las categorías definidas en esta. Partiendo de la división en grupos NACE/CLIO, establecida por EUROSTAT para la realización de tablas input-output (TIO), la clasificación de las ramas ha correspondido inicialmente a la Contabilidad Nacional de Actividades Económicas del año 1974 (CNAE-1974), quedando desglosada la tabla en 48 ramas.

Uno de los cambios metodológicos que ha experimentado la tabla del año 1995 en relación a las anteriores se refiere a la clasificación de las actividades, ya que se aplica la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 1993 (CNAE-93) que sustituye a la anterior CNAE-74. Dicha tabla es un paso intermedio entre una antigua y una nueva metodología, ya que, por una parte, es el primer análisis regional que sigue la CNAE-93 y, por otra, es el último bajo las directrices del SEC-70. Esta tabla aparece agrupada en 60, 31, 16 y 4 sectores.

⁴ Las tablas de 1980 y de 2000 presentan problemas de homogeneidad. La tabla de 1980 es anterior a la introducción del IVA en España con lo cual presenta diferencias de contabilización de los impuestos con respecto a las posteriores. La tabla de 2000 ha sido publicada recientemente (agosto de 2003) y recoge el cambio al nuevo SEC-95.

Como se puede apreciar las tablas de 1985 y 1995 se presentan agregadas en diferente número de sectores, por lo que el paso previo para llevar a cabo cualquier estudio empírico consiste en homogeneizar ambas. El número máximo de ramas comparables resultante es 34; en el anexo 1 se recoge la denominación y la composición de las mismas.

2.2. AGREGACIÓN SECTORIAL Y CANTIDAD DE INFORMACIÓN

El nivel de agregación y la composición de los sectores agregados influye en gran medida en la información que proporciona una tabla. Por ello, nos ha parecido conveniente cuantificar la cantidad de información contenida en la matriz agregada a 34 ramas y compararla con la que aparece publicada (a 60 y 16), de esta forma podremos tener una medida de la adecuación del nivel de agregación propuesto por nosotros.

Para evaluar la cantidad de información asociada a un determinado nivel de agregación se puede acudir a las medidas derivadas de la teoría estadística de la información, la cual viene siendo aplicada en las últimas décadas en diversos campos del análisis input-output.

Llamamos medida de incertidumbre cuadrática asociada a una variable aleatoria discreta X , al valor de la expresión:

$$H^2(X) = 2 \sum_{i=1}^n p_i (1 - p_i) = 2 \left(1 - \sum_{i=1}^n p_i^2 \right)$$

donde p_i representa la probabilidad asociada a cada valor de la variable X . Este resultado puede interpretarse como el valor esperado de las incertidumbres individuales calculadas en términos del complementario del grado de certeza, cuantificado por medio de la probabilidad. Es decir, proporciona una “medida” de la incertidumbre asociada a dicha variable.

Si se considera, ahora, una variable aleatoria bidimensional discreta (X, Y) , definiremos la incertidumbre cuadrática asociada a la misma como el valor de la expresión:

$$H^2(X, Y) = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} (1 - p_{ij}) = 2 \left(1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}^2 \right)$$

donde p_{ij} representa la probabilidad conjunta de un valor (x_i, y_j) .

A partir del concepto de incertidumbre podemos definir el de cantidad de información que la variable aleatoria Y contiene sobre X , la cual puede interpretarse como la reducción de la incertidumbre de X entre la situación inicial y la que se produce después de conocer Y .

La expresión de la cantidad de información será, en términos de la incertidumbre cuadrática,

$$I^2(X, Y) = H^2(X) + H^2(Y) - H^2(X, Y)$$

donde operando convenientemente llegamos a la formulación siguiente:

$$I^2(X, Y) = 2 \left[1 - \sum_i p_i^2 - \sum_j p_j^2 + \sum_i \sum_j p_{ij}^2 \right]$$

Esta medida presenta las siguientes cotas

$$0 \leq I^2(X, Y) \leq H^2(X)$$

A partir de ella hemos obtenido la información asociada a cada tabla según su nivel de agregación y se ha obtenido la siguiente información⁵ :

Tabla Nº1. Información asociada a la TIO según su nivel de agregación

Agregación	60 ramas	34 ramas	16 ramas
$I^2(X, Y)$	1,8013	1,7361	1,6618

Fuente: Elaboración propia a partir de TIOA-95.

Como se puede apreciar la cantidad de información asociada a la TIO-34 es ligeramente inferior a la de la TIO-60, pero supera a la de TIO-16. En concreto, supone un 87% de la cota superior de esta medida, con lo cual podemos concluir que la agregación empleada en esta comunicación y, a pesar de la composición de algunos sectores concretos, presenta un comportamiento adecuado, desde la óptica de la cantidad de información proporcionada.

3. DEFINICIÓN DE RED SOCIAL

El concepto de red social es sencillo, consiste en un conjunto de actores entre los que se establece una serie de vínculos. Pueden estar constituidas por un número más o menos amplio de actores y una o más clases de relaciones entre pares de elementos

⁵ Hemos efectuado los cálculos siguientes para la TIO de 1995.

En el análisis de una red se considera la estructura de las relaciones en las que cada actor se encuentra involucrado, es más, estos actores se describen a través de sus conexiones, las cuales se muestran tan relevantes como ellos mismos. En palabras de R. Hanneman (2000)⁶:

“Para entender acertadamente una red social es necesario realizar una descripción completa y rigurosa de la estructura de sus relaciones como punto de partida para el análisis”.

En este sentido, una tabla input-output es una matriz en la que se recogen los flujos entre diferentes sectores de una economía, es decir, las compras y las ventas entre las distintas ramas. Se trata de una descripción detallada, en términos monetarios, del proceso productivo y de los flujos de bienes y servicios existentes en un espacio geográfico concreto durante el período, normalmente, de un año. La TIO ofrece una visión cuantitativa de las interdependencias que tienen lugar en el sistema económico definido.

El enfoque de este trabajo, consiste en tratar las relaciones existentes entre los sectores de una economía, desde la óptica de las redes sociales, para ello se considera a las ramas productivas como actores y las relaciones entre ellas estarán representadas por los flujos de mercancías.

Formalmente, se define la red asociada a una tabla input-output a partir un conjunto finito de sectores $S = \{S_1, \dots, S_n\}$, los cuales están relacionados a través de transacciones o relaciones económicas de distinta índole:

$$R_t \subseteq S \times S, \quad t = 1, \dots, r$$

de forma que la red planteada sea:

$$N = (S, R_1, \dots, R_r)$$

Si consideramos un solo tipo de relación R , la matriz $F = (f_{ij})_{n \times n}$ donde se recojan explícitamente estas transacciones puede ser definida como una matriz binaria:

$$f_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } S_i R S_j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

⁶ Esta cita ha sido obtenida de la versión electrónica de Hanneman (2000): *Introducción a los métodos de análisis de redes sociales*, disponible en la dirección <http://www.redes-sociales.net/>

O bien a través de números reales no negativos que expresen la intensidad de la relación entre las ramas S_i y S_j , a partir de los coeficientes técnicos (a_{ij}) .

Esta aproximación genérica a las relaciones intersectoriales plantea un esquema más real y completo de su funcionamiento, ya que como sugiere Grannovetter (1985) a través de su teoría de “embeddedness”, toda acción económica no puede ser explicada únicamente a través de móviles individuales, sino que depende también de las relaciones que los individuos mantienen⁷. Siguiendo este razonamiento, la utilización de las redes sociales permite, de forma simplificada, un conocimiento en detalle del esquema de relaciones de un sector con su entorno, en el cual se desarrolla el entramado de sus estrategias empresariales con el resto de agentes económicos.

La red económica establecida se convierte en un cúmulo de oportunidades y limitaciones que influye sobre el comportamiento de los sectores. En este marco, las propias transacciones de las ramas productivas afectan, consecuentemente, a la toma de decisiones de otros sectores, y como tal, la estructura global se ve también transformada. Existe, en suma, un papel interactivo entre la acción o transacciones empresariales realizadas por las ramas consideradas y la estructura, de tal forma que la estructura emergente de la red también influye en el comportamiento de la empresa (Giddens, 1984).

El planteamiento de estas relaciones entre los agentes individuales y la estructura como un todo, permite un análisis detallado de las transacciones económicas a nivel micro y macroeconómico, a través de la metodología de las redes sociales.

4. MODELOS CENTRO *versus* PERIFERIA

Resulta revelador plasmar la idea referida a un conglomerado de agentes que constituye un núcleo activo de desarrollo alrededor del cual gire la actividad económica. La concepción de una estructura formada por un centro y una periferia no es nueva en economía⁸, si bien su determinación a través de la

⁷ Esta teoría explica como mecanismos informales de confianza y expectativas de comportamiento cooperativo surgen entre las relaciones empresariales y facilitan la transferencia de recursos entre agentes económicos (Uzzi, 2001).

⁸ La aplicación de los modelos centro-periferia en economía, especialmente en el área regional y urbana, ha sido impulsada en los últimos años por autores tales como Krugman (1996)- exponente de la

combinación la teoría de redes y la información contenida en una tabla input-output, resulta innovadora.

En el contexto input-output, estos modelos muestran gran potencialidad al permitir una notable simplificación del esquema de relaciones intersectoriales. La determinación de las actividades productivas centrales que configuran un entramado económico denso y compacto, surge como respuesta a un interrogante clave en la toma de decisiones de política económica.

Siguiendo a Borgatti y Everett (1999), se desarrolla un modelo estructural basado en la delimitación de un centro formado por un conjunto de sectores fuertemente relacionados, esto es, un grupo cohesivo y con alta densidad de transacciones intersectoriales. En contraposición, las ramas productivas dispersas y poco conectadas en la red delimitan la periferia del sistema productivo⁹.

Se presenta un método de estimación del modelo en el caso de un grafo dicotómico, asociado a las matrices de distribución¹⁰ respectivas donde, a la vista de las posibles distorsiones producidas por las relaciones despreciables, estas son consideradas como no significativas en el análisis- representadas a través de un valor nulo¹¹.

Se complementa dicho estudio, con el consiguiente análisis de bondad del mismo. El enfoque original de los autores mencionados es modificado en este punto, con aportaciones que suponen un mayor grado de coherencia y exactitud con los objetivos planteados.

denominada nueva geografía económica- o Raúl Prebisch -fundador de la escuela económica llamada "estructuralismo latinoamericano" y de la denominada Teoría de la Dependencia- y su trabajo en la CEPAL (*Comisión económica para América Latina y el Caribe*). Sus orígenes se pueden remontar, entre otros, a los trabajos de Christaller (1933) y Lösch (1941) sobre sistemas territoriales con relaciones asimétricas entre los nodos, conocidos bajo el nombre de teoría del Central Place.

⁹ Trabajaremos bajo del supuesto de la existencia de único centro, aunque existen desarrollos que conducen a la determinación de múltiples centros con sus respectivas periferias. La determinación de una jerarquía de bloques, o la aplicación del método de triangularización a la tabla objeto de estudio, constituyen otro enfoque posible a desarrollar bajo la misma óptica.

¹⁰ Se ha optado por trabajar con la matriz de coeficientes de distribución, ya que no se ven afectados por cambios en los precios relativos.

¹¹ Siguiendo la línea ya establecida en otros trabajos sobre la teoría de grafos (Morillas, 1983), los coeficientes de distribución inferiores al 0,01 se consideran en la literatura como despreciables, representativos de relaciones muy débiles o, no fundamentales para el funcionamiento e interconexión de la red económica. Bajo esta óptica, la inmensa mayoría de los coeficientes en ambos periodos, son prácticamente despreciables, respectivamente en torno a un 86,16% y 87, 28%, lo cual puede suponer serias distorsiones tanto en los resultados cualitativos como cuantitativos obtenidos del análisis de una tabla input-output.

4.1. ESTUDIO DE CASO. MODELO CENTRO-PERIFERIA DICOTÓMICO

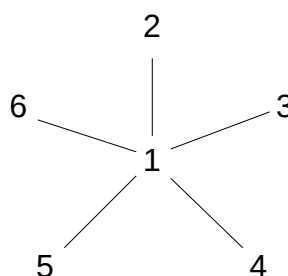
En aquellos casos, en los que trabajemos con variables dicotómicas, la estructura teórica de estos modelos corresponde a un organigrama en bloques, representado en la Tabla N° 2, dividido en cuatro zonas. Por un lado, la submatriz que recoge las relaciones entre los sectores que delimitan el centro de la actividad económica se encuentra representada en el primer cuadrante. En aquellos casos, en los que trabajemos con una matriz de datos dicotómicos, será un bloque formado por ramas completamente interrelacionadas, configurado íntegramente por unos (denominado habitualmente bloque 1). Las submatrices de transacciones entre actividades del centro y la periferia de la red productiva, cuadrantes segundo y tercero, son también un bloque 1 aunque algunas veces no todos los sectores se relacionen (un bloque 1 imperfecto). Por último, en el cuarto cuadrante se representan los sectores de la periferia caracterizados por la ausencia de transacciones (bloque 0).

Tabla N° 2. Estructura centro/periferia ideal

SECTORES	1 ... j (Centro)	j+1 ... n (Periferia)
1	1 ... 1	1 ... 1
...	...	...
j (Centro)	1 ... 1	1 ... 1
j+1	1 ... 1	0 ... 0
...	...	...
n (Periferia)	1 ... 1	0 ... 0

Este planteamiento, constituye una generalización del grafo centrado máximo de Freeman. Se trata de una estrella de forma tal que, en el caso más sencillo, el centro estaría delimitado por un único nodo (1), y el resto de sectores constituiría la periferia.

Figura N° 1. Estrella de Freeman



La configuración y delimitación de los sectores como unidades pertenecientes al centro o a la periferia de la actividad económica, se basa en la comparación de una estructura ideal con los datos de la red sectorial disponibles. Una medida de la proximidad entre ambas estructuras propuesta por Borgatti y Everett (1999) es:

$$\rho = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} \delta_{ij}$$

Donde f_{ij} recoge la presencia de relaciones productivas entre los sectores i -ésimo y j -ésimo recogidas en la matriz $\mathbf{F}$ asociada al grafo dicotómico, y δ_{ij} indica la existencia de interrelaciones entre los sectores en la matriz imagen ideal de consumos intermedios, tal que:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } c_i = \text{centro o } c_j = \text{centro} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde c_i representa la categoría a la cual el sector i será asignado (centro o periferia).

De tal forma que a medida que se incrementa la correlación (ρ) entre la estructura ideal y la real derivada de la tabla input-output analizada, mayor sería la adaptación de la red objeto de estudio al tipo de estructura ideal considerada, en la que han quedado delimitados claramente el centro y periferia de la actividad económica¹².

Se debe observar, que la aplicación del desarrollo inicial planteado, requiere asumir la existencia de una partición inicial que asigne a cada sector a la región del centro o de la periferia. Dado que, no siempre se dispone a priori este tipo de información, se pueden aplicar técnicas de optimización de las distintas combinaciones de conglomerados, con el fin determinar un patrón que maximice la correlación entre los datos y la matriz teórica¹³ y se obtenga así la información necesaria.

¹² El modelo permite evaluar la fiabilidad de una partición dada a priori por estudios precedentes. La no disposición de la misma, puede ser subsanada a través de la aplicación de algoritmos que maximicen la correlación entre los datos y una subdivisión teórica, como por ejemplo a través de la búsqueda Tabu.

¹³ Borgatti y Everett (1999) citan entre otros la búsqueda Tabu (Glover, 1989) o el algoritmo genético desarrollado por Goldberg (1989). Se debe considerar, que bajo esta última modalidad, la significatividad del test no puede ser empleada, ya que por definición; los algoritmos empleados diseñan una partición que maximiza el ajuste de la medida, de tal forma que siempre resultará significativa.

Existen, alternativamente, otros “patrones ideales” consistentes con la noción de centro-periferia del modelo, que obligan a redefinir la segunda de las ecuaciones planteadas (δ_{ij}). Tres opciones posibles son las siguientes.

Se puede considerar que sólo las ramas del centro mantienen actividades intersectoriales, ya que el indicador de la existencia de interrelaciones entre los sectores en la imagen ideal (δ_{ij}^1) vendría definido como:

$$\delta_{ij}^1 = \begin{cases} 1 & \text{si } c_i = \text{centro y } c_j = \text{centro} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Si bien una opción intermedia es seleccionar un valor de la densidad entre cero y uno¹⁴ para las transacciones de fuera de la diagonal (centro-periferia, periferia-centro).

Para intentar resolver la arbitrariedad de esta decisión surge la última de las opciones. Se trata de un algoritmo que maximiza la densidad entre los sectores del centro de la estructura económica y minimiza la de la periferia, considerando además los valores de fuera de la diagonal principal como valores perdidos:

$$\delta_{ij}^2 = \begin{cases} 1 & \text{si } c_i = \text{centro y } c_j = \text{centro} \\ 0 & \text{si } c_i = \text{periferia y } c_j = \text{periferia} \\ \text{valor perdido} & \text{en otro caso} \end{cases}$$

La aplicación de este último patrón estructural, determina como núcleos centrales, en los respectivos momentos temporales, los recogidos en la Tabla Nº 3. El resto de actividades excluidas de los mismos, delimitarían la denominada periferia productiva, un conglomerado de sectores dispersos y poco conectados en la red económica configurada. En la determinación de estos modelos se ha empleado el software especializado en redes sociales UCINET VI (Borgatti, Everett y Freeman, 2002)¹⁵.

¹⁴ La densidad de la submatriz periferia-periferia es de cero, mientras que la de centro-centro se eleva a 1.

¹⁵ El programa UCINET se halla disponible en Internet en la dirección siguiente: www.analytictech.com.

Tabla Nº 3. Núcleos de actividad económica

	1985	1995
Sectores estables	Carbones minerales (3), Extracción de minerales energéticos, Coquerías (4), Energía eléctrica (5), Metalurgia (7), Construcción de maquinaria y eq. no eléctrico (11), Construcción de maquinaria y material eléctrico (13), Industrias de pdtos alimenticios y bebidas (16), Fabricación de pdtos metálicos (23), Construcción y obras públicas (24), Servicios de reparación y comercio (25), Transporte (27), Servicios prestados a las empresas (30)	
Sectores Oscilantes	Industria química (10) Artículos de caucho y materias plásticas (22)	Otros pdtos minerales no metálicos (9) Comunicaciones (28)

Fuente: Elaboración propia.

Se perfila como núcleo central de la actividad económica asturiana, un conglomerado de diferentes ramas, predominantemente, industriales y energéticas, junto con una serie de actividades de transportes y servicios. Las dos primeras, herencia de nuestra historia, han seguido manteniendo su importancia para el desarrollo regional, mientras que, otros sectores tales como, Transportes, Servicios prestados a las empresas o Comercio, se han mostrado como elementos clave para la interconexión de la red económica establecida.

En términos porcentuales, el centro de la actividad económica supone un 41,17% de los sectores productivos, cifra que se mantiene estable a lo largo de la década junto con las ramas que lo componen a excepción de cuatro de ellas. En base a su nivel de producción, el conglomerado definido alcanza el 72,44% del output total de la economía en 1985, constituyendo ya por sí sólo el núcleo estable del mismo un 70,14%. Estos niveles se reducen sensiblemente al final del periodo pasando a ser respectivamente del 70,95% y 67,5%. Las nuevas ramas de Otros productos minerales no metálicos y Comunicaciones, parecen aportar relativamente más al peso del mismo.

Si detallamos algunas de las ramas expuestas en el núcleo central de la economía asturiana, fundamentalmente formado por actividades industriales, podemos señalar como las Industrias Extractivas han seguido manteniendo su peso tradicional en la configuración de la estructura económica, a pesar de su progresivo declive a lo largo de los años, sobre todo en la minería de la hulla, aunque tampoco se escapan del descenso ni la minería de la antracita, ni la extracción de minerales no metálicos. La fortaleza de la producción

metalúrgica, ha sido el factor fundamental en el papel destacado de la metalurgia y los productos metálicos mostrado en la red configurada.

Por otro lado, la pérdida de la posición central de la Industria Química, tras el fuerte empuje mostrado al principio del periodo de referencia, puede responder a los ajustes sufridos en la industria de los fertilizantes, hecho acontecido, no sólo a nivel regional. En el mismo sentido, las actividades relacionadas con el caucho y las materias plásticas, han pasado a formar parte de la periferia en el año 1995, como resultado de un decaimiento en la actividad de dicha rama.

Frente a estos cambios en la configuración delimitada, han surgido al final del periodo dos nuevos sectores que podríamos calificarlos de fuertemente interrelacionados, como son Otros productos minerales no metálicos y Comunicaciones. Ramas como la Construcción o las Actividades anexas a los transportes, han podido servir como arrastre de estas ramas respectivamente.

4.2. ANÁLISIS DE BONDAD DEL MODELO

Se debe señalar que el procedimiento desarrollado por Borgatti y Everett de maximización de la correlación existente no resulta, en general, correcto. Supone una condición necesaria para la precisión del modelo, pero no suficiente. Considérese que la existencia de una alta correlación entre las estructuras, rasgo analizado por el indicador anterior, no supone necesariamente concordancia o equivalencia entre las mismas. El coeficiente de correlación mide la fuerza de la relación entre dos variables, y el sentido de la misma, pero no la coincidencia en el valor de sus observaciones. De hecho, un cambio en las unidades de una de las variables no afectaría a la correlación, aunque sí indudablemente a la concordancia.

Se propone a continuación como medida alternativa y creemos más adecuada, la distancia de Kullback y Leibler (1951), indicador derivado de la teoría de la información.

4.2.1. DISTANCIA DE KULLBACK Y LEIBLER

La entropía de una distribución puede ser entendida como el desorden existente en la misma, es decir, la incertidumbre asociada a un determinado fenómeno. Dicha incertidumbre puede ser cuantificada a partir de un sistema

de probabilidad. Así, si un fenómeno lleva asociada una distribución de probabilidad uniforme, presentará una mayor carga de incertidumbre que cualquier otro.

Dada una variable aleatoria X con distribución de probabilidad $\mathbf{p} = [p_1, \dots, p_n]$, se denomina entropía de dicha variable a la expresión:

$$H(X) = H(p_1, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

Medida esta, conocida como la entropía de Shannon, se encuentra acotada entre cero y $\log(n)$. Alcanza el valor nulo cuando la variable es degenerada-son nulas $n-1$ probabilidades y la restante es la unidad, por ejemplo $(p_1 = \dots = p_{n-1} = 0, p_n = 1)$ - y su valor máximo cuando la distribución de probabilidad es uniforme $\left(p_1 = \dots = p_n = \frac{1}{n}\right)$.

A partir de la misma, considerada una variable aleatoria bidimensional discreta (X, Y) que toma valores $(x_i, y_j) \forall i = 1, \dots, n; \forall j = 1, \dots, n$ con probabilidades

$p(x_i, y_j) \geq 0$, tales que $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p(x_i, y_j) = 1$, se define la entropía como:

$$H(X, Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p(x_i, y_j) \log p(x_i, y_j)$$

Indicador con comportamiento análogo al anteriormente expresado para una variable unidimensional.

La medida valuarte de la teoría de la información, la entropía de Shannon, así como otros indicadores de entropía, han sido ya empleados repetidamente como indicadores de la diversidad existente dentro de una población. Las medidas de divergencia basadas en esta teoría, son aquellas cuyo uso se ha dirigido hacia el análisis del grado de similaridad de dos poblaciones dadas, objetivo análogo a nuestro caso de estudio. Entre estos indicadores existentes empleamos, una medida de divergencia directa extensamente aplicada por sus buenas propiedades, como es la distancia de Kullback y Leibler (1951).

Dadas dos distribuciones de probabilidad $\mathbf{p} = [p_1 \dots p_n]$ y $\mathbf{q} = [q_1 \dots q_n]$, constituye un indicador de la divergencia entre dos distribuciones de

probabilidad que puede ser considerado, como una medida del error cometido al suponer que la distribución correcta es $\mathbf{q}$. Su expresión es la que sigue:

$$D(\mathbf{p} | \mathbf{q}) = \sum_{i=1}^n p_i \log \frac{p_i}{q_i}$$

Muestra por tanto, la ineficiencia o el error cometido al asumir que la distribución correcta es $\mathbf{q}$ cuando en realidad lo es la distribución desconocida $\mathbf{p}$.

Medida acotada inferiormente por cero ($D(\mathbf{p} | \mathbf{q}) \geq 0$), alcanzará dicho valor cuando, si y sólo si, $\mathbf{p} = \mathbf{q}$. Y a medida que la divergencia entre las distribuciones sea mayor, dicho indicador crecerá¹⁶. Además se debe considerar que $D(\mathbf{p} | \mathbf{q}) \neq D(\mathbf{q} | \mathbf{p})$, propiedad que se deriva de la interpretación anteriormente expresada en términos de ineficiencia.

Considérese ahora dos distribuciones de probabilidad bidimensionales $\mathbf{P} = \{p_{ij}\}$ y $\mathbf{Q} = \{q_{ij}\} \forall i = 1, \dots, n; \forall j = 1, \dots, n$, cuyos elementos p_{ij} y q_{ij} corresponden respectivamente a las proporciones de transacciones teóricas (δ_{ij}) y observadas (f_{ij}) en las estructuras consiguientes recogidas en la Tabla N° 4:

Tabla N° 4. Organigrama de estructuras existentes

TIO TEÓRICA				TIO REAL			
	S_1	...	S_n		S_1	...	S_n
S_1	δ_{11}	...	δ_{1n}	S_1	f_{11}	...	f_{1n}
...	...	...	...	...	...	...	...
S_n	δ_{n1}	...	δ_{nn}	S_n	f_{n1}	...	f_{nn}

de tal forma que:

$$\left(p_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\sum_{i=1}^n \delta_{ij}} = \frac{\delta_{ij}}{\delta_{.j}} \right) \quad \left(q_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{i=1}^n f_{ij}} = \frac{f_{ij}}{f_{.j}} \right)$$

donde $\delta_{i.}, \delta_{.j}$ son respectivamente la suma por filas y columnas de los coeficientes de distribución teóricos.

La divergencia de Kullback y Leibler asociada a estas variables bidimensionales, con comportamiento análogo al anteriormente expresado para

¹⁶ Alcanzará el valor $\log(n)$ en el caso en que una de las distribuciones sea degenerada y la otra presente un reparto uniforme, es decir, cuando la diferencia entre las distribuciones sea lo mayor posible.

una variable unidimensional, ofrece un indicador de la concordancia existente entre la estructura teórica y real:

$$D(\mathbf{p}_{xy} | \mathbf{q}_{xy}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \log \frac{p_{ij}}{q_{ij}}$$

Su aplicación a la adaptación de la estructura teórica del modelo centro periferia a la observación real recogida en la tablas input-output respectivas, determina una distancia en torno al 0,133 en el año 1985, que se reduce sensiblemente a finales del periodo, pasando a ser del 0,1285. Muestran por tanto, un elevado grado de concordancia entre estructuras, lo que nos permite calificar la representación ofrecida por los modelos como asumible. La estructura productiva regional asturiana, se asemeja, en ambos periodos, adecuadamente a un organigrama bipartito delimitado en torno a un entramado económico denso y compacto, frente a un conglomerado de sectores dispersos y poco interrelacionados. La bondad de ambos, nos permite confirmar además, el creciente grado de polarización al cual está sujeto la economía analizada, recogiendo en mayor medida el modelo centro periferia del año 1995 la estructura subyacente productiva.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los rasgos estructurales de una economía es un aspecto fundamental para la comprensión de su funcionamiento. La teoría de las redes sociales muestra una gran potencialidad en este sentido, al permitir una notable simplificación o reducción del esquema de relaciones intersectoriales contenido en una tabla input-output.

En este trabajo, se examina la estructura productiva bajo una nueva óptica, derivada de esta teoría, donde se considera su adaptación a un organigrama constituido por un núcleo activo de desarrollo formado por un entramado denso y compacto de sectores, frente a un conglomerado productivo disperso en sus relaciones y poco conectado. Este estudio se complementa, con un análisis de bondad del modelo, en el cual se aportan sustanciales mejoras al planteamiento original, que suponen un mayor grado de coherencia y exactitud con los objetivos planteados.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AROCHE-REYES, F. (2002): "Structural Transformations and important coefficients in the North American Economies", *Economic Systems Research*, Vol. 14, nº3.
- BAVELAS, A. (1948): "A mathematical model for group structure", *Human Organizations*, nº 7, pp. 16-30.
- BAVELAS, A. (1950): "Communications patterns in task-oriented groups", *Journal of Acoustical Society of America*, nº 22, pp. 271-282.
- BLIN, J.M., MURPHY, F. (1974): "On measuring economic interrelatedness", *Review of Economic Studies*, nº 41, pp. 437-440.
- BORGATTI, S.P., EVERETT, M.G. (1999): "Models of Core/Periphery Structures", *Social Networks*, nº 21, pp. 375-395.
- BORGATTI, S.P., EVERETT, M.G. y FREEMAN, L.C. (2002): *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*, Harvard: Analytic Technologies.
- GIDDENS, A. (1984): *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. University of California Press, Berkeley.
- GLOVER, F. (1989). "Tabu search-Part 1", *ORSA Journal on Computing*, nº 1, pp. 190-206.
- GOLDBERG, D.E. (1989): *Genetic Algorithms*, Addison Wesley, New York.
- GRANNOVETTER, M. (1985): "Economic action and social structure: The problem of embeddedness", *American Journal of Sociology*, Vol. 78, nº 6, pp. 1360-1380.
- HANNEMAN, R. (2000): *Introducción a los métodos de análisis de redes sociales*, disponible en versión electrónica en <http://www.redes-sociales.net/>
- KRUGMAN, P. (1996): *The Self-Organizing Economy*, Oxford, Blackwell Publishers, U.K.
- KULLBACK, S., LEIBLER, A. (1951): "On information and sufficiency", *Annals of Mathematical Statistics*, nº 22, pp. 79-86.
- LANTNER, R. (1974): *Théorie de la dominance économique*, Ed. Dunod, París.
- LEONTIEF, W. (1951): *The structure of the American Economy 1919-1929*. Oxford University Press, New York.
- MORENO, J. L. (1954): *Fondements de la sociométrie*. París, PUF.
- MORILLAS, A. (1983): *La teoría de grafos en el análisis Input-Output. La estructura productiva andaluza*, Málaga, Editorial Universidad de Málaga.
- RAUCH, J. Y CASELLA, A. (2001): *Networks and Markets*. Russel Sage Foundation, New York.

- SONIS, M.; HEWINGS, G. y GUO, J. (2000): "A new image of classical key sector analysis: minimum information decomposition of the Leontief inverse", *Economic Systems Research*, Vol. 12, nº3, pp.401-423.
- UZZI, B. (2001): "Knowledge Spillover in Corporate Financing Networks: Embeddedness, Network Transitivity and Trade Credit Performance", *Strategic Management Journal*, Vol.23, nº 7, pp. 595-618.
- WASSERMAN, S. y FAUST, K. (1994): *Social Network Analysis. Methods and Applications*, Structural Analysis in the Social Sciences, Nueva York, Cambridge University Press.
- YAN, C.S, AMES, E. (1965): "Economic interrelatedness", *Review of Economic Studies*, nº 32, pp. 299-310.

ANEXO 1

Tabla N° A-1: Agregación homogénea máxima TIOA-85 y TIOA-95

Denominación Ramas	TIOA-85	TIOA-95
Agricultura (1)	1	1+2
Pesca (2)	2	3
Carbones minerales (3)	3	4
Extracción de minerales energéticos. Coquerías y Refino de petróleo (4)	4+5	5+17
Energía eléctrica. Distribución de agua, gas y vapor (5)	6+7	32+33
Extracción y preparación de minerales metálicos (6)	8	6+7
Metalurgia (7)	9+10	21
Extracción de minerales de construcción y otros minerales no metálicos (8)	11	8
Otros productos minerales no metálicos (9)	12+13+14	20
Industria química (10)	15	18
Construcción de maquinaria y equipo mecánico no eléctrico (11)	17	23
Fabricación de máquinas de oficina; instrumentos de precisión(12)	18	24+27
Construcción de maquinaria y material eléctrico (13)	19	25+26
Construcción de vehículos automóviles y sus piezas (14)	20	28
Fabricación de otro material de transporte (15)	21+22	29
Industrias de productos alimenticios y bebidas (16)	23+24+25+26	9
Industria del tabaco (17)	27	10
Industria textil y de confección (18)	28	11+12
Industria del cuero y calzado (19)	29	19
Fabricación de papel y cartón y sus transformados (20)	31	15
Imprenta, prensa y editorial (21)	32	16
Artículos de caucho y materias plásticas (22)	33	13
Fabricación de productos metálicos. Industria de la madera y otras manufactureras (23)	16+30+34	14+30+22
Construcción y obras públicas (24)	35	34
Servicios de reparación y recuperación de productos. Comercio (25)	36+37	31+35+36+37
Hostelería (26)	38	38
Transporte (27)	39	39+40+41+42
Comunicaciones (28)	40	43
Servicios bancarios y seguros (29)	41+42	44+44 bis+45+46
Servicios prestados a las empresas. Alquiler de inmuebles (30)	43+44	47+48+49+51
Enseñanza e investigación (31)	45	50+53
Sanidad (32)	46	54+55
Administración pública y defensa (33)	47	52+60
Servicio doméstico y otros (34)	48	56+57+58+59