

Estructura interindustrial y desarrollo económico. Un análisis desde las perspectivas de redes e *input-output**

Interindustrial Structure and Economic Development. An Analysis from Network and Input-Output Perspectives

*Pedro Noguera-Méndez, María Semitiel-García
y María López-Martínez***

ABSTRACT

This paper studies inter-industry structures at national level by applying traditional input-output measures and also network analysis. The main objective is to attain a better understanding of economic processes by focusing on inter-industrial structures as a main explanatory factor of the observed international disparities in development. This study shows the existence of a fundamental inter-industrial structure, common to all countries. When comparing groups of countries, there are also structural differences that are in accordance with differences in development levels, in industrial specialization and in the structural position of some industrial sectors. Those differences have an impact on the countries' unequal development processes. This study shows that both methodologies, input-output and network analyses, are complementary and allow to attain more advanced explanations of the processes of development. By applying network theory it is possible to improve our knowledge on structural differences and its relation with economic growth and development.

Key words: development, interindustrial relationships, input-output, network analysis. *JEL Classification:* C67, O10, O14.

* Artículo recibido el 30 de julio de 2014 y aceptado el 11 de septiembre de 2015. Los errores remanentes son responsabilidad exclusiva de los autores.

** Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Murcia (correos electrónicos: pedrono@um.es, mariase@um.es y marlomar@um.es).

RESUMEN

En este trabajo se estudian diversas estructuras interindustriales nacionales aplicando medidas tradicionales *input-output* y análisis de redes. Su principal objetivo es avanzar en la comprensión de los procesos económicos centrándose en las estructuras interindustriales como un factor explicativo de las disparidades internacionales de desarrollo. El estudio de las relaciones intersectoriales muestra la existencia de una estructura fundamental o común y de diferencias estructurales entre grupos de países, de acuerdo con sus niveles de desarrollo, en la especialización y en la posición de determinadas ramas, teniendo un impacto en sus desiguales procesos de desarrollo. En este trabajo se muestra que ambas metodologías, *input-output* y redes, son complementarias y permiten alcanzar explicaciones más ricas de los procesos de desarrollo. La aplicación de la teoría de redes permite una mejor comprensión de las diferencias estructurales, que puede ser relacionada con el crecimiento económico y el desarrollo.

Palabras clave: desarrollo, relaciones interindustriales, *input-output*, análisis de redes. *Clasificación JEL:* C67, O10, O14.

INTRODUCCIÓN

Este artículo se centra en la literatura que estudia los procesos económicos que ocurren a nivel regional o nacional. Su principal objetivo es avanzar en el conocimiento sobre los procesos de desarrollo relacionando las características estructurales de los sistemas interindustriales con el crecimiento económico y el desarrollo. En este artículo se utiliza información sectorial para analizar las relaciones de ventas y compras intermedias teniendo en cuenta el papel protagonista de los sectores productivos en el cambio económico y su incidencia en el desarrollo del territorio mediante las estructuras de producción que lo conforman.

La principal motivación de este trabajo radica en la convicción de que los resultados y conclusiones de los análisis *input-output* (AIO) no consideran suficientemente la dimensión relacional de los datos que utilizan y, por ello, el análisis de redes, aplicado a esta misma información, proporciona una visión nueva, así como resultados interesantes y útiles. Tradicionalmente, el estudio de las estructuras *input-output* (IO) se ha utilizado para explicar sus características, evolución y diferencias, tanto a nivel nacional como global, y para distinguir sectores económicos clave en las intervenciones de política

industrial, por ejemplo. La aproximación convencional del AIO se centra en las relaciones comerciales que se dan, en una región o país concreto, entre los sectores productivos que participan en la actividad económica. Las relaciones IO son analizadas para estudiar las estructuras interindustriales y también para comprender la capacidad de cada sector para estimular y conducir el crecimiento económico y el desarrollo. La metodología más apropiada para llevar a cabo tales análisis ha sido motivo de controversia, aunque existen algunos indicadores ampliamente utilizados en los estudios de las estructuras IO para llevar a cabo comparaciones internacionales (Chenery y Watanabe, 1958; Robinson y Markandya, 1973; Deutsch y Syrquin, 1989). Esos indicadores también han sido utilizados para seleccionar sectores clave con el objetivo de estimular el tejido productivo en un lugar determinado (Bharadwaj, 1966; Hazari, 1970; Beyers, 1976; Schultz, 1977; McGilvray, 1977; Meller y Marfán, 1981; Dietzenbacher, 1992). Para cualquiera de estos objetivos las medidas de las relaciones interindustriales “hacia atrás” y “hacia delante” tienen una larga tradición en el ámbito del análisis IO. La relación “hacia atrás” de un sector se refiere a su dependencia respecto a los *inputs* que son producidos dentro de un proceso productivo. Las relaciones “hacia delante” miden la dependencia de la rama vendedora con respecto a sus demandantes.

Los indicadores IO citados miden el peso de cada transacción intermedia (considerando sólo las relaciones directas o incluyendo también las relaciones indirectas) sobre la producción o sobre la demanda final. Miden, por tanto, el valor de las transacciones intermedias en términos relativos y no consideran el número de relaciones comerciales ni la posición de los sectores en la estructura IO. Por esta razón, cabe la posibilidad de que a partir del análisis IO se concluya que un sector está altamente interrelacionado si el volumen de sus transacciones intermedias es elevado aun en el caso de que se relacionara sólo con un sector. Esta problemática conclusión ha sido parcialmente corregida cuando se incluyen, en algunos análisis, los coeficientes de variación.

En este artículo se afirma que el análisis estructural IO debe ser complementado aplicando análisis de redes (AR), con el fin de mejorar las conclusiones sobre las estructuras interindustriales y recomendar políticas más apropiadas para alcanzar un mayor crecimiento y desarrollo. La perspectiva de redes¹

¹ La ciencia de las redes estudia las redes sociales aplicando el análisis de redes sociales (ARS), aunque esto también incluye el estudio de redes donde los objetos de estudio no son personas. Para una

implica un análisis estructural que considera la dimensión relacional, esto es, la existencia y la intensidad de las relaciones entre los sectores económicos, así como sus posiciones en la red IO. La escasa presencia del AR en los estudios IO resulta llamativa, puesto que analizan la información relacional sobre la que se construyen las estructuras interindustriales.

En este artículo, ambas metodologías, AIO y AR, se han aplicado a las matrices IO de 21 países para relacionar el crecimiento económico y el desarrollo con características estructurales a nivel nacional. Los países han sido seleccionados considerando la mayor desagregación sectorial posible y evitando problemas metodológicos. La sección I resume la literatura sobre AIO y AR centrada en las relaciones entre las estructuras interindustriales y los procesos de desarrollo. La sección II presenta los datos y la metodología aplicada en esta investigación, mientras que la sección III incluye el análisis empírico. Por último, en las conclusiones se presentan los resultados obtenidos.

I. LA EVOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERINDUSTRIAL EN LOS PROCESOS DE DESARROLLO

Las transformaciones estructurales que tienen lugar en los procesos de desarrollo han sido estudiadas, entre otros, en Chenery-Watanabe (1958), Hirschman (1958), Hoffmann (1958), Kuznets (1966) y Chenery y Syrquin (1975, 1979). Estas investigaciones han remarcado las características estructurales del crecimiento, las regularidades del cambio estructural y la fenomenología del desarrollo.

En Chenery-Watanabe (1958) se propone una clasificación en la que se indican las etapas de producción que se dan. De este modo, en un proceso de desarrollo, los países empezarían en una etapa con relaciones débiles hacia atrás; en una segunda etapa los sectores mostrarían elevadas relaciones hacia delante y hacia atrás y, finalmente, en las economías más desarrolladas predominarían los sectores con elevadas relaciones hacia atrás y bajas hacia delante. Partiendo de los datos y de la perspectiva de la clasificación de Chenery-Watanabe y Hirschman (1958) modifica el orden de ésta estableciendo que los sectores con bajas ligazones hacia atrás y hacia delante son los que tienen una menor capacidad para incidir en el conjunto de la economía, seguidos por los sectores con bajas ligazones hacia atrás y elevadas ligazones hacia delante. Así, pues, en un nivel superior se encuentran los

discusión sobre la diferencia entre ARS y la teoría de redes, así como sobre la evolución de la ciencia de las redes, véase Borgatti *et al.* (2009).

sectores con elevadas ligazones hacia atrás y bajas hacia delante y, por último, los sectores con mayor capacidad, los que tienen ligazones hacia atrás y hacia delante elevadas.²

Los déficits de interdependencias y de relaciones son, por supuesto, una de las típicas características de las economías menos desarrolladas. Si dispusiéramos de estadísticas *input-output* homogéneas para todos los países sería ciertamente instructivo ordenar a los países de acuerdo con la proporción de las transacciones intersectoriales sobre el total del *output*; es probable que esta clasificación muestre una estrecha correlación con el ingreso per cápita y también con la proporción de la población ocupada en el sector manufacturero (Hirschman, 1958: 109).

Así como los sectores con fuertes ligazones hacia atrás y hacia delante tienen capacidad para inducir la expansión de otros sectores, la inversión en sectores muy interrelacionados iniciaría, o conduciría, con mayor intensidad los procesos de desarrollo económico.

Yotopoulos y Nugent (1973, 1976) contrastan la relación entre los vínculos interindustriales y el crecimiento en países en desarrollo y menos desarrollados, con lo que concluyen que no hay diferencias entre las estructuras productivas de ambos grupos de países. De acuerdo con estos autores, no existe una relación positiva entre la tasa de crecimiento y su estructura.³ Con una metodología también basada en medidas IO tradicionales, Boucher (1976) obtiene como resultado principal que la media de las ligazones hacia atrás y hacia delante es mayor en los países desarrollados que en los menos desarrollados. Además, los coeficientes de variación son menores en los países desarrollados que en los países menos desarrollados. Por lo tanto, un mayor desarrollo estaría relacionado con vínculos intermedios más intensos mantenidos con un elevado número de sectores, lo cual revela un nivel más elevado de integración industrial (Semitiel-García y Noguera-Méndez, 2012). En Dietzenbacher y Van der Linden (1997) se miden ligazones hacia

² Varios autores se han referido a la propuesta de Hirschman señalando que su teoría requiere, primero, la identificación de los sectores clave que, por sus interacciones, podrían iniciar los procesos de desarrollo (Laumas, 1976: 308). Riedel (1976: 319) señala, a propósito del trabajo de Yotopoulos y Nugent (1973), que el test de la hipótesis de Hirschman sirve para saber si los países que cumplieron la prescripción de Hirschman y priorizaron a los sectores con elevadas relaciones fueron capaces de alcanzar mayores tasas de crecimiento que los países que priorizaron sectores con bajas relaciones.

³ Su trabajo recibió numerosas críticas tales como las de Jones (1976), Riedel (1976), Boucher (1976) y Laumas (1976).

atrás y hacia delante aplicando un método modificado de extracción a siete países europeos, y se concluye que no hay diferencias significativas entre los países analizados, puesto que las relaciones están más determinadas por cuestiones tecnológicas que por factores nacionales.

Todos los trabajos de investigación mencionados consideran el grado de interdependencia, las relaciones, la selección de sectores clave o la difusión de distintos efectos, pero siempre a partir de un análisis no relacional. Sólo se tienen en cuenta los pesos o la importancia de las transacciones intermedias y no se llega a ningún consenso sobre la relación entre las ligazones interindustriales y el desarrollo. Sin embargo, esos trabajos pretendían lo siguiente:

- i) Determinar patrones estructurales para concluir qué sectores mantienen el mayor número de relaciones. En Meller y Marfán (1981) se señala que la interdependencia entre los sectores es la característica esencial de la producción moderna y que el patrón y la medición de estas interdependencias indican la capacidad de un sector para estimular a otros sectores, siendo los sectores clave aquellos que tienen la mayoría de los enlaces.
- ii) Definir el grado de interdependencia. Esto se puede abordar a partir de comparaciones interindustriales, considerando el grado de interdependencia de una industria respecto al valor correspondiente al conjunto de todas las industrias. Laumas (1976) destaca que esto es especialmente deseable cuando se comparan los patrones de ligazones de países desarrollados con los de países menos desarrollados, puesto que en estos últimos el grado de interdependencia es menor.

En el presente artículo se afirma que la metodología utilizada en las publicaciones citadas anteriormente no está de acuerdo con sus objetivos. Todos los estudios revisados destacan las transformaciones estructurales de la producción, del empleo, de la demanda final, de la composición de la industria, etc. Esas transformaciones, identificadas con cambios en los pesos relativos de los sectores y con la composición de los productos ofertados, de la industria y de la demanda, habitualmente se denominan estructurales. Sin embargo, Chenery y Syrquin (1979) definen la estructura como las relaciones estables que subyacen en un sistema económico y social. De acuerdo con esta fundamentación metodológica Kubo *et al.* (1986) critican la utilización de los tradicionales indicadores IO para medir las relaciones

interindustriales, puesto que tales indicadores deberían captar la naturaleza sistémica y la complejidad creciente de las estructuras económicas. Sin embargo, de acuerdo con el AIO tradicional, esos mismos autores usan un indicador ponderado de los coeficientes en la matriz inversa de Leontief para medir el cambio estructural. Tras analizar nueve países, concluyen que existe una relación positiva entre desarrollo e interconectividad.⁴ Kubo *et al.* (1986) asocian este resultado con el creciente uso de los *inputs* intermedios que conforman sistemas económicos crecientemente complejos y explican el aumento de las relaciones intermedias a partir de los cambios en la estructura de la producción. Esto implica una mayor concentración en los sectores manufactureros que son grandes consumidores de *inputs* intermedios. Los cambios mostrados también se deben a los avances tecnológicos, que dan lugar a una economía más especializada y compleja.

El análisis de los cambios estructurales aplicando una metodología relacional es coherente con la pretendida perspectiva sistémica. La estructura se refiere al patrón de las relaciones entre los sectores que conforman la red interindustrial. De esta manera, los cambios en las relaciones afectarían al conjunto de la red, modificando sus principales características estructurales (densidad, centralización y forma de la red), así como la posición de los actores en ésta.⁵ Las matrices IO ofrecen la información relacional necesaria acerca de las relaciones comerciales intermedias entre los sectores que constituyen la red IO para llevar a cabo un análisis estructural. En una tabla IO los sectores definen una red que muestra los cambios en los procesos de desarrollo y pueden, por tanto, ser analizados a partir de la teoría de redes.

La aplicación de la teoría de redes al estudio de las relaciones interindustriales y al desarrollo se encuentra todavía en sus etapas iniciales (Semitiel, 2006). Sin embargo, ya se han alcanzado resultados muy valiosos. Hausmann y Klinger (2006) conciben el proceso de desarrollo como una transformación estructural que implica un movimiento desde la producción de bienes simples, característicos de países de bajos ingresos, a bienes más complejos, propios de países de elevados ingresos. Estos autores estudian las relaciones entre 1 006 productos en 72 países para analizar la “proximi-

⁴ Los países analizados, en términos interiores y totales, son Colombia, México, Turquía, Yugoslavia, Japón, Corea del Sur, Taiwán, Israel y Noruega.

⁵ La densidad se define como la relación entre el número de relaciones de una red y el número de relaciones en una red completa con el mismo número de nodos. Los nodos, en este caso, son sectores económicos. La densidad es, por tanto, el número de relaciones comerciales efectivas en relación con el número total de posibles relaciones comerciales.

dad de los productos” y construyen el “espacio del producto” utilizando datos de comercio internacional. El espacio del producto es muy heterogéneo y, por tanto, la velocidad de transformación estructural dependerá de la densidad del espacio próximo al área donde cada país ha desarrollado sus capacidades productivas. Los autores identifican en el espacio del producto un centro constituido por las partes más densas de la red y una periferia. Los países más ricos, especializados en productos más localizados en las zonas centrales del espacio del producto, tienen más oportunidades para transformar su estructura productiva, moviéndose hacia bienes con mayor valor y a una velocidad superior. Considerando el planteamiento de Hidalgo (2008), la principal cuestión es que la densidad del espacio del producto no es uniforme, ni tampoco la red interindustrial, por lo que las oportunidades económicas para los países especializados en productos localizados en áreas periféricas difieren de manera significativa de aquellos países especializados en productos localizados en áreas más densamente conectadas. La explicación es que los países tienden a “saltar”, es decir, empiezan a elaborar productos que requieren capacidades similares a las requeridas por productos ya fabricados y comercializados (Hausman y Klinger, 2006; Hidalgo, Klinger, Barabási y Hausmann, 2007). De acuerdo con los resultados obtenidos por los autores, los análisis tradicionales podrían conducir a seleccionar como claves los sectores localizados en la periferia del sistema, limitando e, incluso, impidiendo las posibilidades de expansión y, en consecuencia, también el camino hacia el desarrollo. Estas conclusiones se obtienen de la perspectiva de los sistemas complejos, donde el desarrollo es comprendido como un proceso evolutivo.

Estos resultados suponen una crítica importante a las teorías tradicionales del desarrollo y permiten reinterpretar, según Hausman y Klinger (2006: 25), la intuición de los padres del desarrollo económico; sus creencias de que la industrialización creaba externalidades que podrían conducir a un crecimiento acelerado, pueden ser interpretadas no como algo relacionado con las ligazones hacia delante y hacia atrás (Hirschman, 1958) ni con las complementariedades en inversión que “requieren un gran empujón” (Rosenstein-Rodan, 1943), sino en términos de la mayor flexibilidad con la cual los activos y capacidades acumulados pudieran ser reubicados de un sector a otro.

En Hidalgo y Hausmann (2008) se afirma que es necesario comprender la evolución de la especialización productiva de los países para disponer de

una detallada visión del desarrollo. Además, se debería adoptar una perspectiva de redes para describir las relaciones de los productos, en la medida en la que esto ilumina varios aspectos de los procesos de desarrollo. Cuando la especialización de un país se concentra en productos ubicados en las partes menos densas de la red interindustrial, la difusión del producto y la diversificación económica son limitadas. Sus análisis empíricos han sido realizados utilizando datos de comercio internacional; sin embargo, lo relevante es que la metodología de redes es apropiada para llevar a cabo un análisis estructural y que los países especializados en productos localizados en las áreas más densas del espacio del producto —cualquiera que sea el criterio relacional— facilitan la difusión del conocimiento y de la innovación, con lo que se impulsan los procesos de desarrollo. En Hidalgo y Hausman (2009) se establece que las diferencias internacionales en términos de ingreso y desarrollo pueden ser explicadas por la complejidad económica, la cual es medida por la diversidad de capacidades e interacciones presentes en un país. Las capacidades son reveladas a partir de los intercambios comerciales internacionales de productos. Los autores proponen un “método de reflexión” para tener descriptores que pueden ser interpretados como medidas de los tipos de productos que los países serán capaces de desarrollar en el futuro, de acuerdo con sus capacidades disponibles en el presente. Los datos de comercio internacional permiten construir redes de modo 2 (países por productos) que, una vez transformadas para aplicar el método de la reflexión, se hacen binarias para calcular la diversificación del país y la ubicuidad del producto en términos de sus relaciones directas e indirectas.⁶ Una de sus principales conclusiones es que la mayoría de países no diversifica y está especializada en productos estandarizados, mientras que los países más ricos presentan ofertas muy diversificadas y una especialización basada más en productos exclusivos. Los países con muchas capacidades podrán combinar las nuevas capacidades adquiridas con las anteriores, lo que les permitirá la elaboración de productos de una creciente complejidad.

Todos los trabajos de investigación revisados señalan que la complejidad es una de las principales explicaciones de las grandes diferencias internacionales en los ingresos per cápita. El desarrollo está asociado con la complejidad de la economía de un país y los países tenderán a converger en el nivel de ingreso asociado a su nivel de complejidad económica. La riqueza no es

⁶ La diversificación es interpretada en términos del número de productos exportados por un país. La ubicuidad se interpreta como el número de países que exporta determinado producto.

una propiedad de la actividad económica, sino que se entiende como una propiedad emergente de las interacciones que tienen lugar en la economía de un país que son, a su vez, el resultado de las relaciones entre las actividades económicas individuales. Según Hidalgo y Hausman (2009) se deben impulsar las condiciones que permitan que emerja la complejidad con el fin de avanzar en los procesos de desarrollo.

Por lo tanto, la cuestión relevante no es sólo si un sector particular tiene un mayor o menor peso en la producción, o si su peso se ha reducido o se ha incrementado. La cuestión relevante concierne también a las posiciones estructurales de los sectores y a los sistemas que conforman sus relaciones, a la complejidad de las cadenas y de los sistemas de producción así como a la diversidad de las estructuras productivas. No obstante, ambas informaciones pueden ser utilizadas de forma complementaria.

II. DATOS Y METODOLOGÍA

1. *Los datos*

Los datos seleccionados para llevar a cabo el estudio de las relaciones interindustriales han sido los intercambios nacionales IO en términos interiores, considerando sólo las relaciones intersectoriales y, por tanto, eliminando la información intrasectorial. Esta elección presenta ventajas y desventajas. La elección prioriza la formación de sistemas nacionales de producción respecto al estudio de las relaciones técnicas.⁷ La principal deficiencia de la información utilizada, en relación con los objetivos propuestos, es la inexistencia de datos sobre los intercambios intersectoriales de capital.

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a la información ofrecida por la OECD Input-Output database (2006) que incluye 37 países. De éstos han sido seleccionados 21, pues son los que ofrecen información interior para el año 2000. Todas las tablas IO han sido homogeneizadas y, por tanto, la clasificación original de 48 sectores ha sido reducida a 34. En el apéndice se muestra la clasificación final utilizada y su correspondencia con la de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

⁷ Los datos intersectoriales han sido transformados para calcular los coeficientes relativos que se presentan en la subsección 2 de la sección II. Por lo tanto, no se han utilizado coeficientes técnicos, *a*, ni coeficientes de Leontief, *b*. De Mesnard (2001) ofrece suficientes argumentos para evitar el uso de la inversa de Leontief en un análisis de redes, lo que implicaría la consideración de las relaciones directas e indirectas.

(OCDE) a 48 ramas.⁸ Los países se han clasificado en cuatro grupos (Centro, Periferia, Transición y Sur) considerando criterios económicos y geográficos. En el Centro se encuentran los Estados Unidos, Noruega, Dinamarca, Suecia, Austria, Holanda, Alemania, Finlandia, Bélgica, Reino Unido y Francia; al grupo Periferia pertenecen Irlanda, Italia, España y Portugal; los países en Transición son la República Checa, Hungría, Polonia y Eslovaquia; y el grupo Sur está integrado por Brasil e Indonesia.

2. Metodología

Los indicadores IO aplicados en esta investigación son las ligazones hacia atrás (*backward linkages*) y hacia delante (*forward linkages*) de las ecuaciones (1) y (2), respectivamente. Son una variación de los coeficientes de Chenery-Watanabe, ya que ambos se han calculado respecto a la producción y considerando en los numeradores sólo las transacciones interiores intersectoriales:

$$LA_j = \frac{\sum_i x_{ij}}{x_j} \quad (1)$$

$$LD_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{x_i} \quad (2)$$

Para la aplicación de la teoría de redes, las estructuras interindustriales han sido estudiadas seleccionando las relaciones *input-output* que son importantes desde la perspectiva de los sectores implicados en la transacción (para el sector vendedor y para el sector comprador). Los cálculos y el análisis de redes se han realizado con la ayuda del programa UCINET (Borgatti, Everett y Freeman, 2002), y la visualización de las redes con el programa PAJEK (Batagelj y Mrvar, 1998). Cada matriz ha sido transformada para disponer de dos versiones de sus transacciones intermedias interiores. La matriz de ventas intermedias considera el peso de cada relación entre dos sectores con res-

⁸ A partir de la información de la OCDE se ha elaborado otra clasificación homogénea que implica la renuncia a una mayor desagregación (cinco ramas menos) a cambio de disponer de información de dos países más. A partir de esta clasificación con 23 países y 29 ramas se hicieron también todos los cálculos y análisis, dividiendo la muestra de países en tres grupos en función del Producto Nacional Bruto (PNB) pc. Los principales resultados obtenidos son similares y permiten alcanzar las mismas conclusiones que se presentan en este trabajo.

pecto al total de las ventas intermedias del sector oferente —ecuación (3)—. La matriz de compras intermedias considera la importancia de cada relación respecto a las compras intermedias de cada sector demandante —ecuación (4)—. De esta forma, las ligazones seleccionadas representan relaciones mutuamente dependientes de los nodos o ramas implicados.⁹

$$VI_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} \quad (3)$$

$$CI_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} \quad (4)$$

Las matrices intermedias propuestas han sido dicotomizadas seleccionando los vínculos IO importantes desde la perspectiva de cada sector, considerando varios filtros. De esta forma, las relaciones escasamente relevantes son eliminadas y emerge la estructura básica, el esqueleto de la red. El principal filtro, *F1*, está determinado por el tamaño de la red, *n*, de la siguiente manera: las ventas de cada sector representarían exactamente $1/(n-1)$ en el caso hipotético de que las ventas de cada sector a todos los demás sectores, $n-1$, tuvieran exactamente el mismo valor. *F1* corresponde a ese valor, y el doble también ha sido aplicado, *F2*. Las relaciones seleccionadas superan el valor del filtro desde la perspectiva de las compras, *MCI*, o de las ventas, *MVI*.

Existen varias medidas y conceptos para estudiar y caracterizar, desde una perspectiva relacional, tanto las redes IO como sus nodos o sectores. En este trabajo se utilizan dos medidas: la centralidad de grado y la estructura centro-periferia. Las razones son que las medidas: *i*) se ajustan a los fundamentos metodológicos —tal y como se explicará en la próxima sección— y *ii*) son compatibles con el análisis IO tradicional. La centralidad de grado se ha calculado a partir del número de relaciones que cada sector mantiene con los demás, distinguiéndose entre el grado de entrada (*indegree*), que se refiere a las relaciones que implican compras, y el grado de salida (*outdegree*), que son los vínculos hacia delante de cada sector o ventas. En el caso de relaciones no dirigidas, el grado de cada nodo es simplemente su número de relaciones. El grado se expresa en términos absolutos o en valores normalizados cuando se precisa comparar redes de diferente tamaño, relativizando por el máximo número posible de relaciones. Con valores normalizados, el

⁹ Es importante subrayar las diferencias entre estos indicadores y $x_{ij}/\sum_j x_{ij}$, donde la selección de relaciones está más condicionada por la dimensión (o el volumen total) de los sectores.

grado varía entre 0, para un nodo aislado, y 1, para el nodo central conectado con todos los nodos de una red en forma de estrella, por ejemplo.

El procedimiento para determinar los sectores que forman el centro en una posible estructura centro-periferia se basa en un algoritmo propuesto en Borgatti y Everett (1999) que ajusta la matriz de datos a otra, la cual representaría una estructura centro-periferia ideal. En esa estructura ideal todos los nodos del centro están relacionados entre sí. La periferia está integrada por nodos que sólo están relacionados con el centro. En sistemas socioeconómicos esta estructura idealizada es difícil de encontrar, pero es posible estimar el nivel de aproximación de una estructura determinada con respecto a la teórica. Por otra parte, en muchos casos resulta posible, incluso conveniente, indicar la existencia de grupos de nodos en posiciones intermedias, entre el centro y la periferia (semiperiferia). Borgatti y Everett (1999) proponen comprobar la existencia de una estructura centro-periferia aplicando un algoritmo que maximiza la correlación entre la matriz con los datos originales y la que se postule ideal —ecuación (5)—.¹⁰

$$\rho = \sum_{ij} l_{ij} \delta_{ij} \quad \text{con} \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } c_i = \text{centro o } c_j = \text{centro} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (5)$$

La posición en la estructura centro-periferia se puede determinar calculando para cada sector el grado de cercanía (*closeness*) al centro, denominado *coreness*, c_i (Borgatti y Everett, 1999; Borgatti *et al.*, 2002). Estas puntuaciones permiten establecer un orden jerárquico que distingue diferentes áreas en la red, como el centro, una primera semiperiferia, una segunda semiperiferia más débil y la periferia. El índice de concentración —ecuación (6)— aumenta a medida que las diferencias entre el *coreness* del centro y de la periferia son mayores, indicando que los primeros nodos j componen el centro (Everett y Borgatti, 2005: 73). El número de sectores que maximiza el índice de concentración sería seleccionado como perteneciente al centro.

$$\frac{\sum_{i=1}^j (c_i - \max(c_{j+1}, c_{j+2}, \dots, c_n))}{2j} + \frac{\sum_{k=j+1}^n (\min(c_1, c_2, \dots, c_j) - c_k)}{2(n-j)} \quad (6)$$

¹⁰ Las matrices binarias de relaciones interindustriales están formadas por l_{ij} , que indica la presencia o ausencia de relación; c_i , que se refiere a la clase —centro o periferia— a la que ese sector es asignado y δ_{ij} , que indica la presencia o ausencia de una relación en la imagen ideal. La ecuación (5) es básicamente, según Borgatti y Everett (1999: 379), un coeficiente de correlación no normalizado de Pearson aplicado a matrices y no a vectores.

Aunque puede parecer que ambos conceptos, grado y *coreness*, miden la misma característica, son diferentes. El grado es una propiedad de cada sector y el *coreness* es una propiedad del conjunto de la red. Mientras que todos los actores que forman parte de un centro son necesariamente centrales, no todos los actores más centrales forman parte del “centro” de la red. Tal y como se indica en Borgatti y Everett (1999: 393), desde un punto de vista teórico, la diferencia clave entre ambas medidas (centralidad y *coreness*) es que el *coreness* implica un modelo de comportamiento de las relaciones en la red. La medida *coreness* sólo se puede interpretar en el ámbito del modelo que se propone. Por el contrario, señalan estos autores, la medida de centralidad es interpretable sin importar la estructura de la red.

III. EL ANÁLISIS

Tres cuestiones, expresadas como hipótesis en esta sección, han construido el hilo conductor para alcanzar el principal objetivo de este estudio: analizar los cambios estructurales en las relaciones intersectoriales de diferentes países cuando se consideran distintos niveles de ingreso per cápita.

Hipótesis 1. Una parte importante de la estructura interindustrial, y la posición de algunos sectores en ella, tiene un carácter permanente, independientemente del nivel de desarrollo del país. En otros términos, la posición estructural de los sectores no se ve alterada con el nivel de renta de los países.

Hipótesis 2. El progreso tecnológico implica un aumento de la interconexión de algunos sectores, en particular de los servicios.

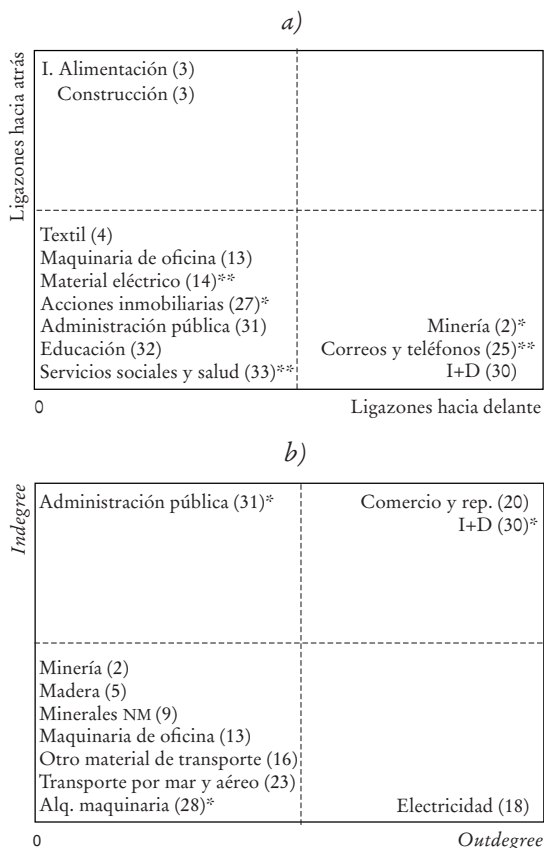
Hipótesis 3. El desarrollo implica una creciente concentración de la producción en sectores de elevada conectividad. La especialización y la conectividad no coinciden en países de bajos ingresos. Por el contrario, en países de altos ingresos, los sectores con mayor conectividad alcanzan los mayores pesos.

El carácter permanente de la estructura interindustrial se examina en las gráficas 1, 2 y 3. Desde la perspectiva del análisis IO tradicional, esto implica que los sectores mantienen su carácter de altos o bajos vínculos hacia atrás o hacia delante. Esto ha sido explicado en términos de las restricciones tecnológicas que actúan en los procesos de producción. Desde la perspectiva

de redes, supone que la posición de los sectores varía en un rango limitado. Muchos vínculos tienen un carácter permanente y también se mantienen los altos o bajos *indegree* u *outdegree* de los sectores, incluso si se impone un valor de filtro y considerando países con diferentes niveles de ingreso.

Las gráficas 1a y 1b presentan una clasificación de los sectores que tienen un carácter estructural, en el sentido de que sus posiciones son las mismas en todos o en casi todos los países (véase la nota al pie de la gráfica 1). Este criterio es muy exigente, pues en los cuadros sólo se han incluido sectores que simultáneamente cumplen los criterios que se desprenden de los dos ejes. Por ejemplo, el sector 3 (I. Alimentación) presenta en todos los países ligazones hacia atrás por encima de la media y ligazones hacia delante por debajo de la media. Las diferencias se aprecian cuando los datos son analizados en términos totales o interiores. Considerando sólo datos interiores de la clasificación anterior, quedarían fuera los sectores 2, 4, 13, 14 y 19, y aparecería, con una coincidencia en 19 países, el sector 9 (Minerales no metálicos) como un sector clave (elevadas ligazones hacia delante y hacia atrás). Cuando se examinan las transacciones totales se incluyen las importaciones y aumentan los sectores que presentan un carácter estructural común en los 21 países. En este sentido este resultado estaría de acuerdo, en parte, con Dietzenbacher y Van der Linden (1997) que no encuentran, para un número menor de países, diferencias significativas en las ligazones hacia atrás y hacia delante. Cuando el análisis se realiza con datos totales, el carácter técnico de las relaciones interindustriales pesa más y puede prevalecer sobre las diferencias nacionales, en especial cuando sólo se consideran siete países europeos desarrollados, como es el caso del citado trabajo.

La gráfica 1b muestra la clasificación estructural de los sectores de acuerdo con los *indegree* y *outdegree*. Como ejemplo, el sector 20 (Comercio y reparación) tiene elevados *indegree* y *outdegree*, superiores a la media en los 21 países analizados. Desde este punto de vista, 11 sectores presentan un carácter estructural. No obstante, considerando de forma independiente los grados de entrada y de salida, la lista de sectores con un carácter común en todos los países se amplía considerablemente. Por ejemplo, se pueden destacar, entre otros, el sector 19 (Construcción), que tiene un *indegree* elevado en todos los países; o los sectores 1 (Agricultura), 2 (Minería), 3 (Industria alimentación), 4 (Textil) y 5 (Madera) con un *outdegree* reducido, y los sectores 22 (Transporte terrestre) y 26 (Intermediación financiera) con elevados *outdegree*.

GRÁFICA 1. *El carácter permanente de las relaciones interindustriales*^a

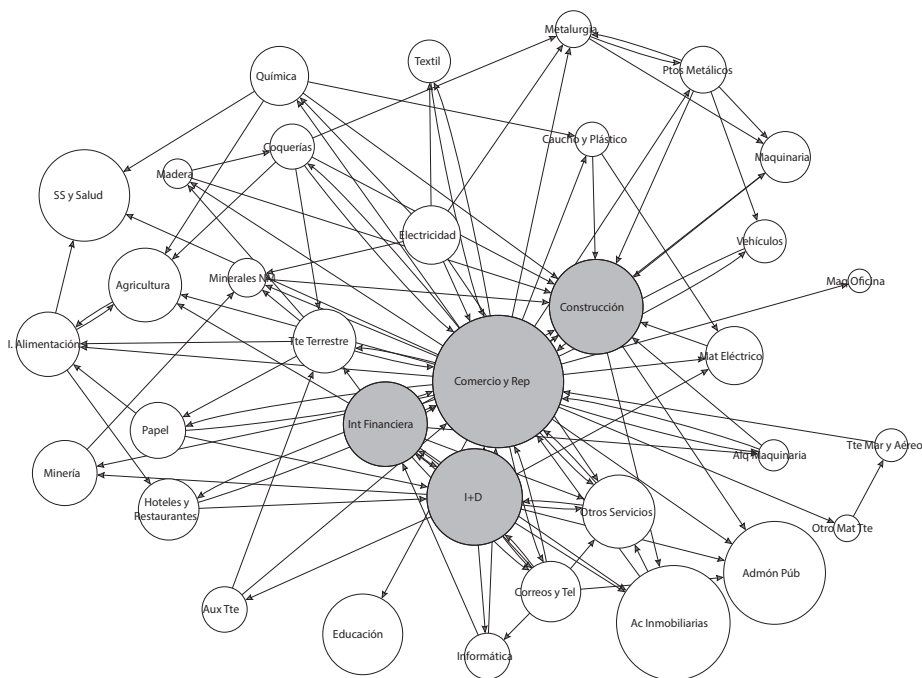
^a En los ejes de la gráfica 1a se representan, en abscisas, las posiciones de los sectores respecto a los promedios de los coeficientes hacia delante; en ordenadas, las posiciones respecto a los coeficientes de las ligazones hacia atrás. Los datos utilizados son totales y las líneas interiores representan los valores medios de las variables. En la gráfica 1b estos ejes representan las posiciones de los sectores respecto al *outdegree* y al *indegree* medios, respectivamente. Los sectores que aparecen en ambas gráficas son los que tienen características, en cuanto a los coeficientes y a los grados, comunes en la muestra de países. Si el nivel de coincidencia alcanza a 20 países se indica con *; si coinciden en 19 países con **. Siguiendo estos criterios, no se identifica en la gráfica 1a ningún sector clave (sectores que simultáneamente presenten elevadas ligazones hacia delante y hacia atrás en todos los países). Por el contrario, sí se identifican, en la gráfica 1b, dos sectores que presentan elevadas conexiones de entrada y de salida en todos los países: Comercio y reparación e I+D.

Examinando con más detenimiento los resultados, se puede comprobar que cuatro sectores tienen un carácter estructural desde ambas perspectivas, y coincide en uno de ellos la posición (gráficas 1a y 1b): i) Maquinaria de oficina es una rama con pocos vínculos de bajo volumen, ii) Administración

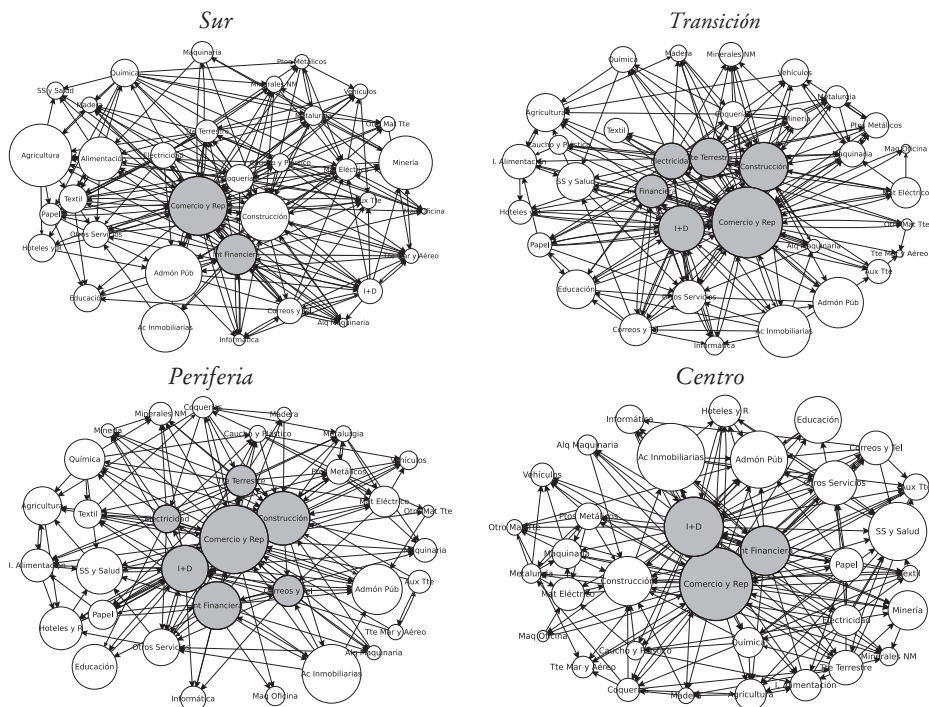
pública es una rama con muchas relaciones de compra de bajo volumen, *iii)* I+D tiene muchas relaciones de compra y de venta, siendo de elevado volumen las de venta, y *iv)* Minería presenta pocas relaciones, pero son de elevado volumen cuando actúa como vendedor.

Las gráficas 2 y 3 muestran desde la perspectiva relacional las estructuras fundamentales del promedio de todos los países y de los cuatro grupos de países considerados. El tamaño de los nodos indica el peso de cada sector en el valor añadido y la coloración oscura sirve para identificar los sectores que integran el centro, siguiendo el criterio que se deriva de la ecuación (6). Los cuatro sectores pertenecientes al centro de la estructura fundamental promedio son Comercio y reparaciones, Construcción, Intermediación financiera e I+D, variando significativamente el grupo de sectores que forman el centro en cada uno de los grupos considerados, pero manteniéndose, en general, con elevados *coreness* los citados sectores en todos los grupos. También presenta un carácter permanente la posición periférica, o más alejada del centro, de determinados sectores como Minería, Textil, Madera, Caucho y plásticos, Maquinaria y Maquinaria de oficina, Vehículos de mo-

GRÁFICA 2. *Estructura fundamental de todos los países*



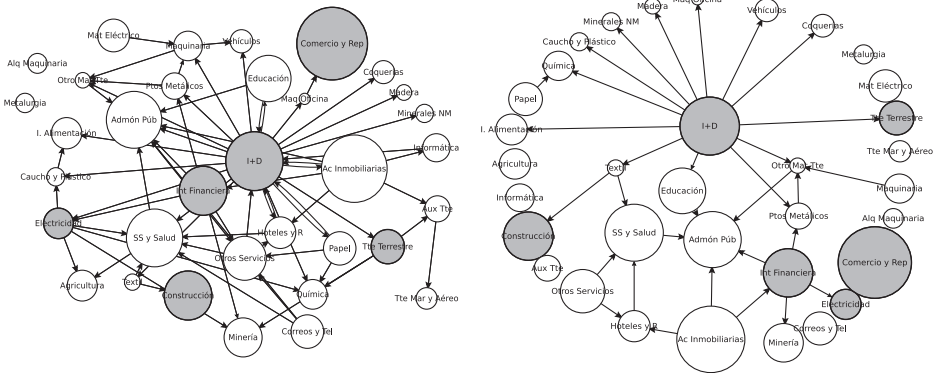
GRÁFICA 3. Estructura fundamental de los cuatro grupos de países



tor, Otro material de transporte, Transporte por mar y aéreo, Actividades complementarias y auxiliares de Transporte, Educación y Servicios sociales y salud. En consecuencia, se puede aceptar la primera hipótesis, que hace referencia al carácter permanente o estructural de una parte del orden interindustrial, lo que no significa que no existan importantes diferencias en las estructuras interindustriales y las posiciones de determinadas ramas en los sistemas económicos nacionales.

Una de las diferencias más apreciables al comparar grupos de países es la reducción del peso de I+D y su alejamiento del centro en los países periféricos y del sur. Esto se puede examinar con una mayor claridad en la gráfica 4, donde *a* representa la red del grupo Centro menos la red del grupo Sur y *b* sólo muestra aquellas relaciones comunes a los países del Centro que no se encuentran en los países de la Periferia ni tampoco en los del Sur. En esta última gráfica aparece muy destacada la rama I+D como un nodo que concentra una gran parte de las relaciones que distinguen a los países más desarrollados del resto.

GRÁFICA 4. *Estructura distintiva de los países del Centro*^a



^a A partir de las estructuras fundamentales de los agrupamientos considerados (véase la gráfica 3), se ha calculado la estructura distintiva de relaciones del “Centro” considerando las relaciones de este grupo, las cuales no están presentes en el grupo “Sur” a) ni en los grupos “Periferia” ni “Sur” b).

Los cambios estructurales que tienen lugar en los procesos de desarrollo implican cambios cuantitativos y cualitativos de los intercambios intermedios. Algunas relaciones intersectoriales emergen o incrementan su presencia en la actividad económica y al mismo tiempo otras relaciones reducen su importancia o incluso desaparecen. Estos procesos de transformación tienen su origen en las empresas, pero sus efectos se manifiestan en los sectores económicos y en el conjunto de la red interindustrial (Semitiel-García, Noguera-Méndez, 2012).

La evolución de los patrones de consumo y el progreso técnico conducen a la dinámica de las relaciones IO. En efecto, los cambios en las tecnologías y en las pautas de consumo afectan las relaciones directas e indirectas entre los sectores y la demanda final. Los productos son el resultado de tecnologías de creciente complejidad; al mismo tiempo las preferencias individuales y colectivas pueden ir aumentando su nivel de sofisticación. Como consecuencia de ello aparecen relaciones más intensas con otros sectores, en particular con los sectores de servicios, y con la demanda final. Una de las principales consecuencias de este proceso es la creciente complejidad que resulta de la integración de los sectores en el sistema interindustrial (Noguera-Méndez y Semitiel-García, 2011).

Por lo tanto, la creciente interconexión del sistema interindustrial es una característica del progreso económico y del desarrollo. Esto debería dar

como resultado que un creciente número de sectores incrementa su interdependencia y, al mismo tiempo, un aumento de la densidad de los sistemas productivos, tal y como señala la segunda hipótesis. El cuadro 1 muestra que la renta per cápita (PIBpcPPA) y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) están positivamente correlacionados con el grado. Esto es, cuanto mayor es el nivel de desarrollo, mayor es el número de relaciones intersectoriales. Esta correlación positiva es particularmente significativa para los sectores de servicios. I+D (que es en realidad la combinación de los sectores Investigación y Desarrollo, y Otras actividades empresariales, sectores 42 y 43 de la clasificación de la OCDE) constituye un caso destacable, pues presenta una muy elevada correlación positiva con el ingreso y el desarrollo, y mantiene muchas relaciones en la estructura interindustrial de los países de altos ingresos, que no es el caso de los países de bajos ingresos.

CUADRO 1. *Desarrollo e interconectividad: correlaciones con el grado*^a

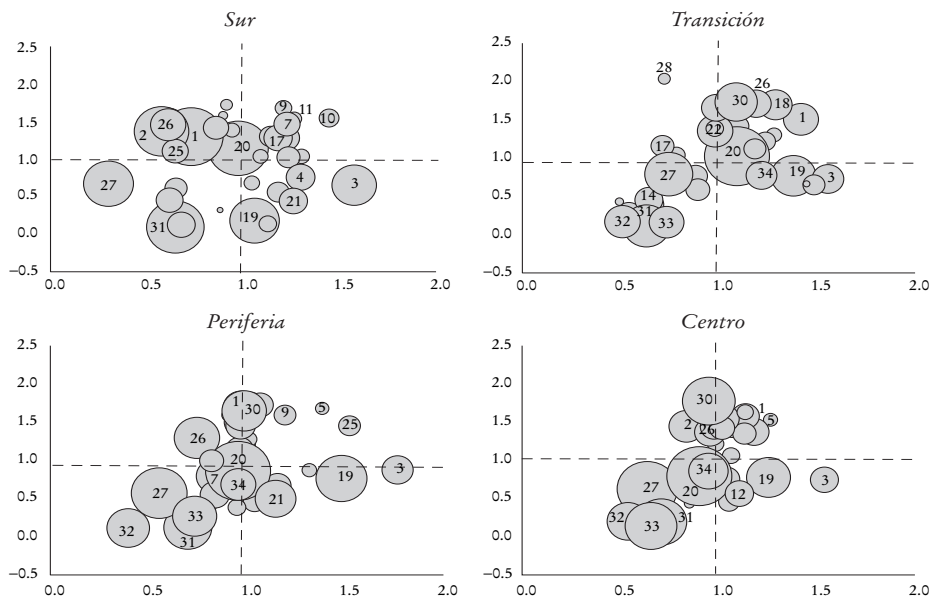
	<i>Países</i>	<i>Agricultura</i>	<i>Coquerías</i>	<i>Productos metálicos</i>	<i>Informática</i>	<i>I+D</i>	<i>Servicios sociales y salud</i>
<i>F1 MCVI</i>							
PIBpcPPA	0.468	-0.529	-0.623	0.603	0.493	0.731	0.713
IDH	0.536	-0.578	-0.475	0.664	0.469	0.892	0.720
<i>F2 MCVI</i>							
PIBpcPPA	0.385	-0.743	-0.369	0.462	0.582	0.724	0.516
IDH	0.319	-0.791	-0.284	0.459	0.583	0.818	0.414

^a MCVI incluye todas las relaciones que son "importantes" desde la perspectiva del sector vendedor o del comprador. MCVI corresponde a la suma de las relaciones contenidas en MCI y MVI; *F1* es el filtro principal utilizado. Ambos conceptos son explicados en la subsección 2 de la sección II. En la columna *Países* se correlacionan el grado promedio de los 21 países, considerando *F1* y MCVI, con el PIBpc y el IDH. En las columnas siguientes, el grado corresponde al de los sectores que se indican.

Las gráficas 5 y 6 indican una reducción de la dispersión de las ramas, en particular de las ligazones hacia delante, cuando se compara el grupo de países que conforma el Centro con los otros grupos, sobre todo respecto al grupo Sur (gráfica 5), y también cuando se compara una muestra de países con mayores ingresos (Holanda y Austria) respecto a los países del Sur, Brasil e Indonesia (gráfica 6).

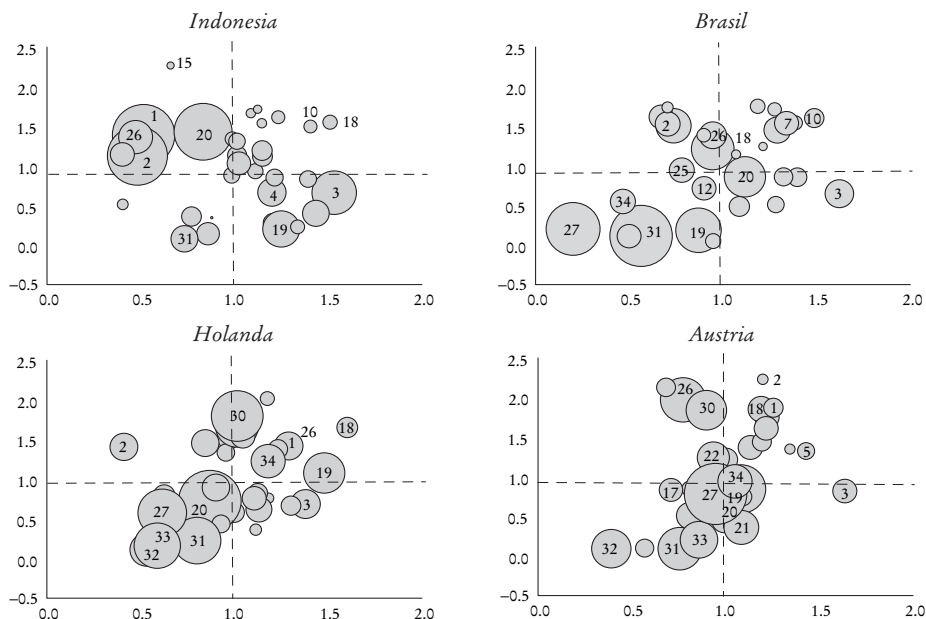
La tercera hipótesis, que hace referencia a la concentración creciente de la producción de los países de altos ingresos en sectores de elevada conectividad, conformando áreas de elevada densidad, es examinada a partir del cuadro 2 y de las gráficas 7, 8 y 9. El cuadro 2 muestra una fuerte correlación entre el *coreness* y la especialización. Esta correlación es menor en los

GRÁFICA 5. *Ligazones hacia delante y hacia atrás. Relaciones interiores (2000)*^a



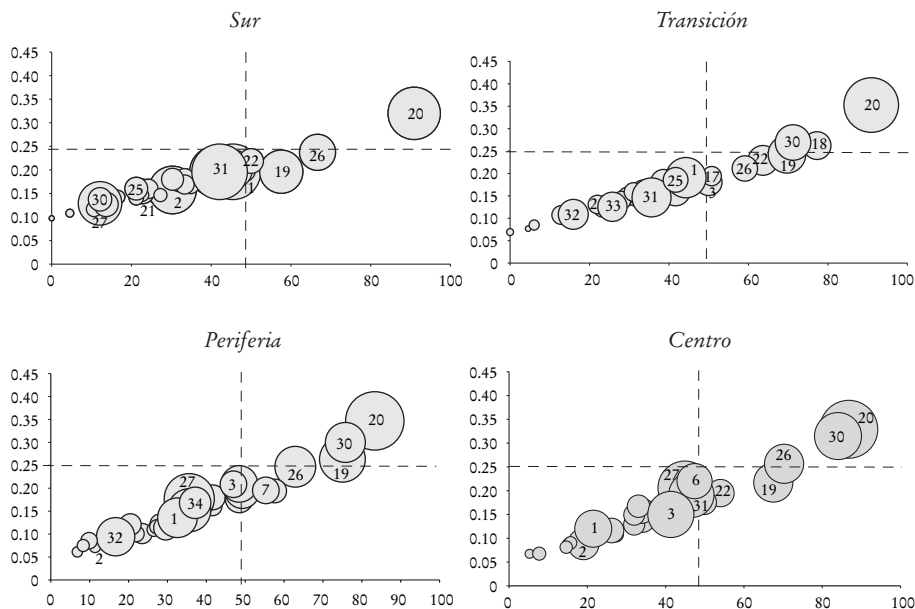
^a En abscisas se muestran los coeficientes de ligazones hacia delante; en ordenadas aparecen los coeficientes de ligazones hacia atrás.

GRÁFICA 6. *Ligazones hacia delante y hacia atrás. Relaciones interiores (2000)*^a



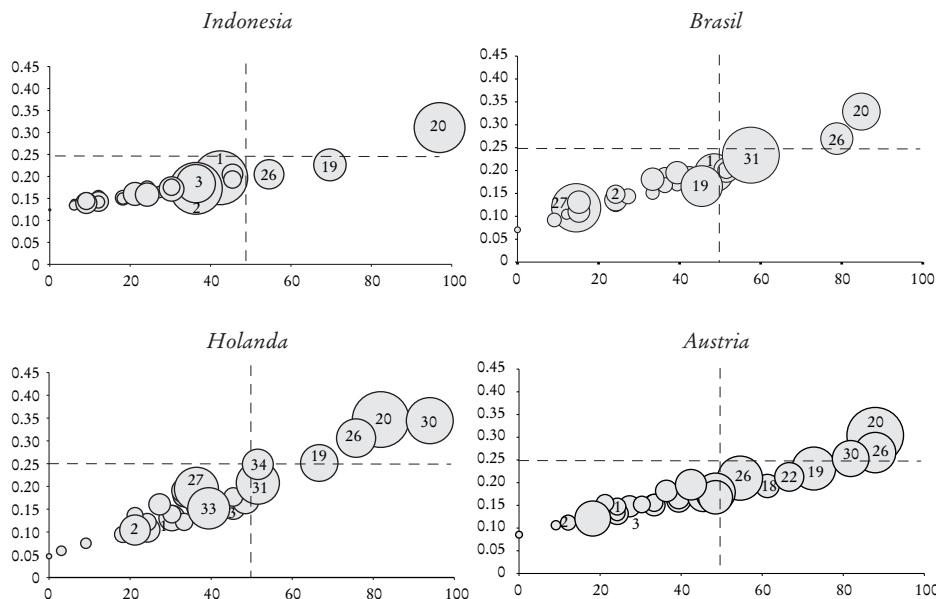
^a Las ligazones hacia delante se representan en abscisas, y las ligazones hacia atrás en ordenadas.

GRÁFICA 7. Grado, coreness y especialización (2000)^a



^a En el eje de abscisas se muestra el grado normalizado, en ordenadas aparece el *coreness*. El peso de las ramas en el VAB determina sus tamaños.

GRÁFICA 8. Grado, coreness y especialización (2000)^a



^a En obscisas se muestra el grado normalizado, en ordenadas aparece el *coreness*. El peso de las ramas en el VAB determina su tamaño.

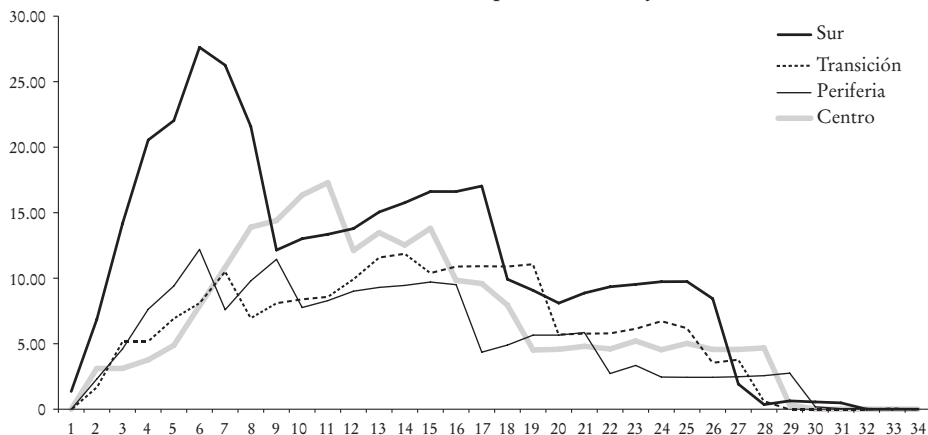
países de bajo ingreso y se incrementa significativamente con el ingreso hasta alcanzar un valor máximo de 0.821 en los países de ingresos altos. El caso de Noruega es, en este contexto, excepcional, y merece un comentario. La reducida correlación entre *coreness* y especialización, menor incluso que en los países menos desarrollados, se explica por el peso de los recursos naturales en su producción y en sus exportaciones. En efecto, las manufacturas sólo representaban en 2000 18% del total de sus exportaciones de mercancías, cuando el promedio de los países de alto ingreso fue de 83% (Banco Mundial, 2003). En el cuadro 2 también se ofrecen las correlaciones con el modelo centro-periferia indicando la emergencia de esta estructura, y esas correlaciones aumentan con el ingreso, aunque débilmente. En consecuencia, la correlación entre el nivel de pertenencia al centro y la especialización debería incrementarse con el ingreso, lo que está de acuerdo con los resultados de la literatura de perspectiva de redes revisada. Es decir, conforme se eleva la renta, aumenta el peso relativo de los sectores con mayor grado y mayor *coreness*. Esto es particularmente destacable en el caso de los sectores más centrales (servicios) que incrementan más su peso conforme las economías se desarrollan (gráficas 7 y 8). Este resultado es consistente con los obtenidos por Hausmann y Klinger (2006), e Hidalgo *et al.* (2007), que señalan cómo los procesos de desarrollo implican, entre otros cambios, producir más bienes localizados en áreas más densas del “espacio del producto”.

CUADRO 2. *La estructura interindustrial y el desarrollo*^a

Correlaciones	Coreness/especialización	Centro-Periferia
Estados Unidos	0.789	0.595
Noruega	0.392	0.584
Dinamarca	0.683	0.540
Suecia	0.683	0.599
Austria	0.821	0.533
Irlanda	0.681	0.561
Italia	0.612	0.581
República Checa	0.756	0.587
Hungría	0.766	0.605
Brasil	0.451	0.517
Indonesia	0.639	0.550

^a Sólo se incluye una selección de países, perteneciente a los cuatro grupos considerados.

La gráfica 9 complementa el análisis a partir de un ejercicio cuantitativo, permitiendo aceptar claramente la hipótesis 3. Para ello se han ordenado los 34 sectores de mayor a menor peso, según el Valor Agregado Bruto (VAB)

GRÁFICA 9. *Distancia entre especialización y coreness*^a

^a Con el fin de calcular las diferencias entre el VAB acumulado según el orden descendente del VAB y del *coreness*, es preciso calcular: *i*) el ordenamiento de los sectores en función del VAB, de mayor a menor, y después se calcula la serie acumulada; *ii*) ordenados los sectores en función del *coreness*, de mayor a menor, se calcula la suma acumulada del VAB. Las series representadas en la gráfica se obtienen restando los datos obtenidos procediendo como se ha indicado en *ii*) de los datos que se derivan de *i*). Que la serie correspondiente al grupo Sur se encuentre por encima de las restantes indica que los sectores con mayor peso en el VAB no son las que tienen una mayor puntuación *coreness*. Es decir, que la correspondencia entre la ordenación de los sectores según el VAB y el *coreness* es significativamente inferior en el agrupamiento Sur que en los restantes grupos.

y se han calculado los porcentajes acumulados de VAB para cada grupo de países. También se han calculado los porcentajes acumulados de este valor a partir de los 34 sectores ordenados según el *coreness*. La diferencia o distancia entre el primero y el segundo es lo que se ha representado en esta gráfica. La idea es muy sencilla: si los sectores que más pesan en términos de VAB son también los sectores con mayor *coreness*, y esto es así independientemente del nivel de desarrollo, no podremos identificar diferencias entre un grupo de países y otro. Pero si algunos sectores presentan de manera sistemática elevados *coreness*, independientemente de su peso en el VAB, entonces el cálculo propuesto puede servir para comprobar que, efectivamente, en los países del Sur, la especialización productiva se encuentra menos concentrada en las ramas más centrales (con mayor *coreness*) que en los países del Centro.

CONCLUSIONES

A partir del estudio de las relaciones interindustriales de 21 países con diferentes niveles de desarrollo, se han examinado, en este artículo, haciendo

uso de las metodologías *input-output* y de redes, características estructurales asociadas a los procesos de desarrollo. Conviene destacar que los resultados difieren significativamente entre ambas metodologías, pues siguiendo sólo una de estas perspectivas (IO o redes) la selección de sectores para implementar estrategias de desarrollo conduciría a decisiones diferentes en la medida en que los sectores que presentan elevadas ligazones hacia delante y hacia atrás (como Minerales no Metálicos, con datos interiores) tienen bajos *degree*, y los sectores con elevados *degree*, como I+D y Comercio, no presentan elevadas ligazones hacia atrás y hacia delante en todos los casos. La complementariedad de la información que proporcionan ambas metodologías, cuando se aplican a los mismos datos, constituye una razón básica para que las dos perspectivas sean utilizadas de manera simultánea.

Las principales conclusiones de este trabajo son las siguientes, ordenadas a partir de las tres hipótesis formuladas:

Una parte importante de los sectores presenta características similares en todos los países, tanto desde la perspectiva de los indicadores IO como en la aplicación el análisis de redes. El carácter permanente de las estructuras interindustriales puede explicarse por condicionantes técnico-productivos que dan lugar a variaciones limitadas en las posiciones de los sectores, en sus respectivos sistemas nacionales interindustriales. En concreto, las características estructurales de 13 y 11 sectores, según la metodología IO o redes, respectivamente, se mantienen similares, con independencia de los niveles de ingreso.

Los procesos de desarrollo implican cambios en las relaciones interindustriales, lo cual aumentó significativamente las relaciones de algunos sectores, en especial de los servicios, que tienen una mayor importancia en las compras y ventas intermedias de los sistemas productivos. La interconexión de los sistemas interindustriales aumenta con el progreso tecnológico y el desarrollo, al igual que la interdependencia de los sectores y la densidad de las redes de relaciones intersectoriales de los sistemas productivos.

Conforme el desarrollo avanza, la creciente complejidad de la economía, y en particular de sus sistemas interindustriales, no sólo tiene su origen en el aumento de las relaciones intersectoriales, sino también en la mayor presencia de sectores productivos con mayor conectividad, como es el caso de las actividades de servicios. El desarrollo implica una creciente concentración de la actividad económica en sectores más y mejor conectados. No es una casualidad que la especialización y la conectividad coincidan mucho

más en los países desarrollados que en los países menos desarrollados. Este argumento no es trivial y significa también que conforme se eleva la renta aumenta el peso de los sectores con mayor conectividad.

Las conclusiones anteriores permiten ampliar nuestro conocimiento sobre los sistemas interindustriales y su papel en los procesos de desarrollo. También ayudan a entender mejor las diferencias que se observan en los procesos de desarrollo a nivel internacional. Se trata, además, de conclusiones que resultan útiles a la hora de seleccionar, de forma más precisa y fundamentada, los sectores que la literatura ha denominado como clave y que se consideran cruciales para la política industrial y los planes de desarrollo.

APÉNDICE

CUADRO A1. *Identificación de los sectores y clasificación de la OCDE*

1	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	Agricultura	(1)
2	Industrias extractivas	Minería	(2-3)
3	Alimentación, bebidas y tabaco	I. Alimentación	(4)
4	Textil, confección, cuero y calzado	Textil	(5)
5	Madera y corcho, excepto muebles	Madera	(6)
6	Papel y artes gráficas	Papel	(7)
7	Química	Química	(9-10)
8	Caucho y materias plásticas	Caucho y plástico	(11)
9	Minerales no metálicos	Minerales NM	(12)
10	Metalurgia (productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones)	Metalurgia	(13-14)
11	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	Productos metálicos	(15)
12	Maquinaria y equipo	Maquinaria	(16)
13	Maquinaria de oficina y equipo informático	Maquinaria de oficina	(17)
14	Material eléctrico, aparatos de radio, instrumentos médicos	Material eléctrico	(18-19-20)
15	Vehículos de motor, remolques y semirremolques	Vehículos	(21)
16	Otro material de transporte	Otro material de transporte	(22-23-24)
17	Coquerías, refino de petróleo y otras industrias	Coquerías	(8 y 25)
18	Producción y suministro de electricidad, gas y agua	Electricidad	(26-27-28-29)
19	Construcción	Construcción	(30)
20	Comercio y reparación de vehículos y artículos de uso doméstico	Comercio y reparación	(31)
21	Hoteles y restaurantes	Hoteles y restaurantes	(32)
22	Transporte terrestre y por tuberías	Transporte terrestre	(33)
23	Transporte acuático y aéreo	Transporte marítimo y aéreo	(34-35)
24	Actividades complementarias y auxiliares de transporte	Auxiliares de transporte	(36)
25	Correos y telecomunicaciones	Correos y teléfonos	(37)

26	Intermediación financiera	Intermediación financiera	(38)
27	Actividades inmobiliarias	Actividades inmobiliarias	(39)
28	Alquiler de maquinaria y equipo	Alquiler de maquinaria	(40)
29	Informática y actividades conexas	Informática	(41)
30	Investigación y desarrollo y otras actividades empresariales	I+D	(42-43)
31	Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria	Administración pública	(44)
32	Educación	Educación	(45)
33	Servicios sociales y de salud	Servicios sociales y salud	(46)
34	Otros servicios, hogares con serv. doméstico y orgs. extraterritoriales	Otros servicios	(47-48)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial (2003), *Informe sobre el desarrollo mundial 2003. Desarrollo sostenible en un mundo dinámico: Transformación de las instituciones, crecimiento y calidad de vida*, Banco Mundial, Mundi-Prensa Libros / Alfaomega, Madrid.
- Batagelj, V., y A. Mrvar (1998), "Pajek-Program or Large Network Analysis", *Connections*, vol. 21, núm. 2, pp. 47-57.
- Beyers, W. (1976), "Empirical Identification of Key Sectors: Some Further Results", *Environment and Planning A*, núm. 8, pp. 231-236.
- Bharadwaj, K. R. (1966), "A Note on Structural Interdependence and the Concept of 'Key' Sectors", *Kyklos*, núm. 19, pp. 315-319.
- Borgatti, S. P., y M. G. Everett (1999), "Models of Core/Periphery Structures", *Social Networks*, vol. 21, pp. 375-395.
- , M. G. Everett y L. C. Freeman (2002), *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*, Analytic Technologies, Harvard, Massachusetts.
- , A. Mehra, D. J. Brass y G. Labianca (2009), "Network Analysis in the Social Sciences", *Science*, vol. 323, núm. 5916, pp. 892-895.
- Boucher, M. (1976), "Some Further Results on the Linkage Hypothesis", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 2, pp. 313-318.
- Chenery, H., y M. Syrquin (1975), *Patterns of Development, 1950-1970*, Oxford University Press, Londres.
- , y M. Syrquin (1979), "A Comparative Analysis of Industrial Growth", en R. C. O. Matthews (ed.), *Measurement, History and Factors of Economic Growth*, Macmillan, Nueva York.
- , y T. Watanabe (1958), "International Comparisons of the Structure of Production", *Econometrica*, vol. 26, núm. 4, pp. 487-521.

- De Mesnard, L. (2001), "On Boolean Topological Methods of Structural Analysis", en M. L. Lahr y E. Dietzenbacher (eds.), *Input-output analysis: frontiers and extensions*, Palgrave, Nueva York.
- Deutsch, J., y M. Syrquin (1989), "Economic Development and the Structure of Production", *Economic Systems Research*, vol. 1, núm. 4, pp. 447-464.
- Dietzenbacher, E. (1992), "The Measurement of Interindustry Linkages: Key Sectors in the Netherlands", *Economic Modelling*, vol. 9, núm. 4, pp. 419-437.
- , y J. A. Van der Linden (1997), "Sectoral and Spatial Linkages in the EC Production Structure", *Journal of Regional Science*, vol. 37, núm. 2, pp. 235-257.
- Everett, M. G., y S. P. Borgatti (2005), "Extending Centrality", en P. Carrington, J. Scott y S. Wasserman (eds.), *Models and Methods in Social Network Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hausmann, R., y B. Klinger (2006), "Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space, Technical Report", CID documento de trabajo núm 128, John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- Hazari, B. (1970), "Empirical Identification of Key Sectors in the Indian Economy", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 52, núm. 3, pp. 301-315.
- Hidalgo, C. A. (2008), "Thinking Outside the Cube", *Physics World*, pp. 34-37.
- , B. Klinger, A.-L. Barabási y R. Hausmann (2007), "The Product Space Conditions the Development of Nations", *Science*, vol. 317, pp. 482-487.
- , y R. Hausmann (2008), "A Network View of Economic Development", *Developing Alternatives*, vol. 12, núm. 1, pp. 5-9.
- , y R. Hausmann (2009), "The Building Blocks of Economic Complexity", *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 106, núm. 26, pp. 10570-10575.
- Hirschman, A. (1958), "Interregional and International Transmission of Economic Growth", en A. Hirschman (ed.), *The Strategy of Economic Development*, cap. 6, W. W. Norton, Nueva York.
- Hoffman, W. G. (1958), *The Growth of Industrial Economies*, Manchester University Press, Manchester.
- Jones, L. P. (1976), "The Measurement of Hirschmanian Linkages", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 2, pp. 323-333.
- Kubo, Y., J. De Melo, S. Robinson y M. Syrquin (1986), "Interdependence and Industrial Structure", en H. Chenery, S. Robinson y M. Syrquin (eds.), *Industrialization and Growth. A Comparative Study*, Oxford University Press, Londres.
- Kuznets, S. (1966), *Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread*, Yale University Press, New Haven.
- Laumas, P. (1976), "The Weighting Problem in Testing the Linkages Hypothesis", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 2, pp. 308-312.
- McGilvray, J. (1977), "Linkages, Key Sectors and Development Strategy", en W. Leontief (ed.), *Structure, System and Economic Policy*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Meller, P., y M. Marfán (1981), "Small and Large Industry: Employment Generation, Linkages and Key Sectors", *Economic Development and Cultural Change*, vol. 29, núm. 2, pp. 263-274.
- Noguera-Méndez P., y M. Semitiel-García (2011), "The Embeddedness of the Agro-Food System in the Spanish Interindustrial Structure", *International Regional Science Review*, núm. 34, vol. 1, pp. 34-74.
- Riedel, J. (1976), "A Balanced-Growth Version of the Linkage Hypothesis: A Comment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 2, pp. 319-322.
- Robinson, S., y A. Markandya (1973), "Complexity and Adjustments in Input-output Systems", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 35, núm. 2, pp. 119-134.
- Rosenstein-Rodan, P. N. (1943), "Problems of Industrialization of Eastern and South-eastern Europe", *Economic Journal*, vol. 53, núm. 210/11, pp. 202-211.
- Schultz, S. (1977), "Approaches to Identifying Key Sectors Empirically by Means of Input-output Analysis", *Journal of Development Studies*, vol. 14, núm. 1, pp. 77-96.
- Semitiel, M. (2006), *Social Capital, Networks and Economic Development. An Analysis of Regional Productive Systems*, Edward Elgar / Northampton, Cheltenham, Reino Unido / Massachusetts.
- , y P. Noguera-Méndez (2012), "The Structure of Inter-Industry Systems and the Diffusion of Innovations. The Case of Spain", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 79, núm. 8, pp. 1548-1567.
- Yotopoulos, P. A., y J. B. Nugent (1973), "A Balanced-Growth Version of the Linkage Hypothesis: A Test", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 87, núm. 2, pp. 157-171.
- , y J. B. Nugent (1976), "In Defense of a Test of the Linkages Hypothesis", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, núm. 2, pp. 334-343.