

Derechos reservados de El Colegio de Sonora, ISSN 1870-3925

## Análisis estructural de la economía de Baja California: un enfoque de redes sociales

Noé Arón Fuentes<sup>\*</sup>

Ana Cárdenas<sup>\*\*</sup>

Alejandro Brugués<sup>\*\*\*</sup>

**Resumen:** el análisis estructural de la economía de Baja California, desde la teoría de redes, parte de la aplicación de una técnica innovadora con enfoque cuantitativo, cuya aportación permite resaltar los rasgos más sobresalientes de una red productiva, de forma coherente y simplificada; además, sus características particulares e incorporación al análisis económico suponen un reto al estudio de la estructura productiva a escala regional o nacional.

**Palabras clave:** matriz insumo-producto (**MIP**), teoría de redes sociales, análisis estructural, medidas de centralidad, cohesión estructural.

**Abstract:** the structural analysis of the economy of Baja California, from network theory, is based on the implementa-

\* Director del Departamento de Estudios Económicos de El Colegio de la Frontera Norte (COLEF), miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel III. Carretera escénica Tijuana-Ensenada, km 18.5, San Antonio del Mar, C. P. 22560, Tijuana, Baja California, México. Correo electrónico: afuentes@colef.mx

\*\* Profesora de la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Baja California. Calzada Universidad 14418, Parque Industrial Internacional, Tijuana, Baja California, México. Correo electrónico: cardenas.ana@uabc.edu.mx

\*\*\* Profesor-investigador del COLEF, Dirección General Noroeste. Av. Insurgentes #3708, fraccionamiento. Los Nogales, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo electrónico: abrugues@colef.mx

tion of an innovative technique with a quantitative focus which makes it possible to highlight the most outstanding features of a productive network in a coherent and simplified way; in addition, the particular characteristics of this new technique and their incorporation into economic analysis pose a challenge to the study of the productive structure at a regional or national level.

**Key words:** input-output matrix, social network theory, structural analysis, centrality measures, structural cohesion.

## Introducción

El modelo de insumo producto muestra el tejido, desagregado por sectores de actividad económica, de las relaciones productivas propias de una economía, y se considera que algunas de estas actividades son las más importantes cuando tienen un mayor peso en el conjunto de relaciones puestas en juego. Por lo que, partiendo de esta idea, se han desarrollado mediciones que permiten tipificar a dichos sectores de una tabla de insumo producto.

La tipificación sectorial clásica se ha fundamentado en dos conjuntos de mediciones, según se basen en el método de triangulación de matrices<sup>1</sup> o en los multiplicadores.<sup>2</sup> Un aspecto atractivo de la utilización del enfoque tradicional es que el peso de los encadenamientos de cada sector posibilita detectar a los que son clave en toda la economía, a los impulsores o estratégicos o a los independientes.

Recientemente se desarrolló un enfoque alternativo de ordenamiento sectorial de la estructura productiva, con base en la teoría

<sup>1</sup> El enfoque de triangulación consiste en el planteamiento de la hipótesis de que existe un sector principal único o clave del que dependen todos los demás, por ejemplo los de segundo nivel, que a su vez dominarán a los del tercero y así sucesivamente, estableciendo una jerarquía triangular (Chenery y Watanabe 1958).

<sup>2</sup> El enfoque de multiplicadores en torno a la ordenación de los sectores de actividad contempla todo tipo de relaciones directas e indirectas entre ellos, es decir, tiene en cuenta las jerárquicas y las circulares (Rasmussen 1956).

de redes sociales (TRS), y constituye un nuevo marco de gran potencial, al responder preguntas cruciales concernientes a las relaciones intersectoriales, tales como: ¿cuál es el efecto total de la influencia relativa de un sector sobre el conjunto de la economía?, ¿cuál es la vinculación global de un sector con el resto de ellos en la red productiva?, y ¿cuál es la relevancia de éstos como trasmisores de la influencia entre elementos y entre subestructuras particulares de la misma?<sup>3</sup>

Esta nueva aproximación a las relaciones intersectoriales plantea un marco más completo del funcionamiento del sistema productivo, ya que toda acción económica no puede ser explicada sólo a partir del peso de sectores particulares, sino que depende también de las relaciones (de influencia, importancia, relevancia o prominencia) que éstos mantienen en la red o tejido productivo.<sup>4</sup>

El objetivo de este trabajo es aplicar la TRS al análisis de la estructura productiva en Baja California,<sup>5</sup> para lo que se pondrá de manifiesto su clasificación sectorial, se destacarán y clasificarán los sectores clave, mediante los índices de centralidad, de acuerdo con su mayor o menor grado de influencia en el intercambio comercial. Como se trata de un trabajo aplicado, y puesto que sólo se toma la TRS como marco interpretativo, se evitará una descripción detallada del lenguaje propio de tal teoría y sólo se formalizarán los conceptos necesarios, como el de centralidad.<sup>6</sup>

El trabajo se divide en cinco secciones; en la segunda se presentan los antecedentes de la TRS; en la tercera se describe la centralidad, que es el tema fundamental aquí; en la cuarta se exponen los resultados de los índices de centralidad, desde la perspectiva de redes, y

<sup>3</sup> El trabajo de García y Ramos (2003) se considera el antecedente inicial de la clasificación del tejido productivo, a través de la TRS.

<sup>4</sup> Este enfoque trata de determinar la relevancia de la posición de los sectores en la estructura económica, mediante tres medidas de centralidad: efectos totales, inmediatos y mediáticos (Friedkin 1991).

<sup>5</sup> En 2008, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) dio a conocer la MIP nacional, con información de 2003, a partir de la cual se estimó la MIP de Baja California. La MIP03 nacional está disponible en el portal del INEGI: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

<sup>6</sup> Para un tratamiento formal del concepto de centralidad en la TRS véase Freeman (1979) y Friedkin (1991), entre muchos otros.

se complementa el análisis con la formación de los subgrupos que se generan a partir de la cohesión estructural bajacaliforniana, para terminar con las conclusiones principales.

## Teoría de redes sociales

El análisis de las relaciones sociales y la idea de describir a la sociedad en términos de redes no son una novedad en el campo de las ciencias sociales. Existe un consenso en la literatura de redes sociales de que en el siglo XVIII el matemático ruso Leonhard Eüler introdujo esta idea, al analizar el acceso a la ciudad portuaria de Könisberg (hoy Kaliningrado), que estaba dividida por el río Pregel, con lo cual se formaban dos islas, y una serie de puentes entre ellas. La gente se preguntaba si era posible cruzar todos los puentes sin pasar dos veces por uno de ellos (De Ugarte 1999, 1). Eüler resolvió el problema analizando la situación como un conjunto de nodos con un conjunto de líneas, lo que más tarde se conoció como “ciclos eulerianos”. El análisis de redes es en principio una forma específica de análisis topológico,<sup>7</sup> es decir, describe las distintas estructuras que puede tomar una red y estudia las propiedades inherentes a cada una de ellas (*Ibid.*, 3). La noción general del concepto de red social consiste en un grupo 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. Desde este punto de vista, el análisis de una red considera la estructura de las relaciones en las que cada actor se encuentra involucrado, y la describe a través de sus conexiones. A partir de entonces se han desarrollado infinidad de estudios en campos de conocimiento académico como sociología, antropología, psicología, medicina, estudios de organización y epidemiología (Borgatti 2003, 4). Sin embargo, lo que sí constituye un avance relativamente reciente es la posibilidad de verificar de forma empírica, a través de métodos cuantitativos, los postulados teóricos referentes a la natu-

<sup>7</sup> Concepto matemático que estudia las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño (Real Academia de la Lengua Española).

raleza de las relaciones y al carácter estructural de las redes en un sistema económico.

Desde hace unas tres décadas, la TRS ha venido desarrollando un aparato metodológico y técnico, que constituye la base de un nuevo paradigma interdisciplinario, consolidado y expandido dentro de las ciencias sociales, desde el punto de vista cuantitativo, con base en la teoría de grafos y los avances en el campo del álgebra matricial y la topología. El concepto de red social que se empleará aquí se ha utilizado en análisis con enfoque estructural, llevado a la práctica primero en economías desarrolladas. Desde este enfoque, la categoría analítica de red social, como serie de vínculos entre un conjunto definido de entidades sociales, implica que los vínculos existentes entre los elementos cumplen determinadas propiedades que repercuten sobre aspectos de las conductas de los actores. Sus propiedades y características específicas, como intensidad relacional, posición del actor dentro de la red, accesibilidad entre ellos y grupos de equivalencia estructural, entre otros, definen la o las funciones de una red social, donde el principio del análisis no son los actores ni los grupos sino las relaciones y las redes de relaciones entre ellos (Garrido 2001, 4).

Una de las ideas principales en la medición del análisis de redes es la centralidad de los actores que forman parte de la red, que puede calcularse de acuerdo con diferentes medidas, Nieminen (1974) estandarizó la forma más sencilla de medirla, a través del “grado” de los sectores del grafo; un sector es considerado como central si está bien conectado con los demás de su entorno. Freeman (1979) propuso además la centralidad global, medida en términos de “cercanía” (closeness) de cada sector respecto a los demás, y expresada en términos de la distancia entre ellos y la tercera es la “intermediación” (betweenness), la cual determina en qué medida un sector es intermediario entre otros puntos por estar situado en el camino entre ellos (Herrero 2000a, 201).

Ya sea por un actor o un grupo de éstos, la intensidad relacional se encuentra estrechamente ligada al concepto de “centralidad”, y su medición adquiere un papel fundamental en el estudio de redes sociales y de la planificación colectiva, pues se supone que los actores que ocupan posiciones centrales tienen mayor capacidad de

incidir en la opinión y conducta de los otros. Morillas (1983); Hanneman (1997); Molina (2000) y García y Ramos (2003) utilizan tres medidas de centralidad, si el objetivo es la mediación por grupo de actores: a) los efectos totales, b) la rapidez de la trasmisión y c) el efecto mediatico de trasmisores globales.

La reciente inserción en el ámbito económico del avance de la TRS supone una nueva alternativa de investigación dentro del marco de insumo-producto, cuyas aportaciones permiten resaltar, de forma coherente y simplificada, los rasgos más destacados de la estructura productiva, y esclarecer los mecanismos subyacentes en la formación de relaciones dentro de una red (García 2006, 3). Y responde a las necesidades actuales del quehacer económico, donde cada vez está cobrando más relevancia la estructura social y, en particular, el agente analizado.

## Modelo de centralidad en redes sociales para el análisis intersectorial

En este apartado se expone el planteamiento del análisis para la economía interregional, utilizando la metodología de “centralidad” de redes sociales en dos modalidades, la propuesta por Nieminen (1974) y Freeman (1979) y la de Friedkin (1991), como una aproximación al trabajo empírico de este capítulo.

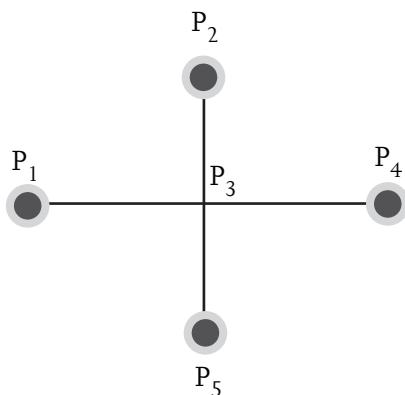
La idea de centralidad surge de un grupo de investigadores sociales dirigidos por Bavelas (1948), a mediados del siglo pasado, el objetivo inicial era analizar la relación entre la centralidad estructural y su influencia en los procesos grupales. La evidencia empírica de entonces mostraba que la centralidad estaba relacionada con la eficiencia del grupo, con la percepción del liderazgo y con la satisfacción personal de sus miembros a la hora de resolver problemas (Freeman 1979, 215). La medición de la centralidad, desde la perspectiva de un sector, puede ejemplificarse como se muestra en la figura 1.

El punto  $P_3$  de la estrella posee las tres propiedades estructurales distintivas de la centralidad de un punto: grado, intermediación y cercanía. Esta posición tiene el mayor “grado” posible, está en la

geodésica “mediando” el mayor número posible de puntos, y como se ubica a la mínima distancia de todos los otros, está lo más “cerca” posible de ellos. No obstante estas propiedades, cada una compite entre sí por ser la que defina a la centralidad pero, en definitiva, la medición que la define está en función del grado de ese punto (*Ibid.*, 218).

Figura 1

Estrella o eje de una rueda



Fuente: tomado de Freeman (1979).

El grado de un punto se calcula midiendo el número de puntos que son adyacentes a él, y con los que está en contacto directo. El punto central de la figura 1 es adyacente a otros cuatro, por lo tanto, su grado es cuatro, y el resto sólo puede ser adyacente a uno, es decir, su grado es uno.

Algunos autores de mediados del siglo pasado, entre ellos Nieminen (1974), propusieron mediciones para la centralidad, y desarrollaron medidas basadas, en su totalidad o en parte, en el grado o adyacencia de un punto, que a menudo resultaron innecesariamente complicadas (Herrero 2000b, 135).

Nieminen (1974) fue quien elaboró de manera más sistemática el concepto de centralidad, estableció que un punto dado,  $P_k$ , puede ser adyacente al menos  $n-1$  puntos de un grafo. El valor máximo de  $C^D(P_k)$  será, por tanto,  $n-1$  de modo que:

$$C^D(p_k) = \frac{\sum_{i=1}^n a(p_i, p_k)}{n - 1} \quad (1)$$

es la proporción de puntos que son adyacentes a  $p_k$ . El grado de un punto se considera importante como indicador de su actividad potencial de comunicación.

La segunda medición de centralidad se basa en la frecuencia con la que un punto está entre otros pares de puntos, en la geodésica más corta de las que los conecta. Para determinar la centralidad global de un punto  $p_k$  se suman sus valores de intermediación parcial, para el conjunto no ordenado de pares de puntos, con la condición de que  $i \neq j \neq k$ :

$$C^B(p_k) = \sum_i^n \sum_{i < j}^n b_{ij}(p_k) \quad (2)$$

donde  $C^B(P_k)$  es un indicador de la intermediación de un punto  $P_k$  y  $n$  es el número de puntos del grafo.

La tercera medición de la centralidad trata de la cercanía de un punto con el resto en el grafo. El punto  $p_3$  de la figura 1 está a una distancia de uno respecto a los otros cuatro; cada uno de ellos está a una distancia de uno solo respecto a  $p_3$  y de dos respecto a los restantes. Por lo tanto, el punto  $p_3$  es el más cercano respecto a los demás.

La medida más sencilla de este tercer atributo fue la propuesta por Sabidussi (1966), al demostrar que la centralidad de un punto podía medirse sumando las distancias geodésicas desde él a todos los demás del grafo, en sentido estricto se trata de una centralidad inversa o descentralidad, puesto que aumenta a medida que los puntos se alejan (Freeman 1979, 225). La expresión de la centralidad de cercanía se expresa como sigue:

$$C^c(p_k)^{-1} = \sum_{i=1}^n d(p_i, p_k) \quad (3)$$

donde  $d(p_i, p_k)$  es el número de aristas de la geodésica.

La segunda modalidad menciona que el mayor indicador de la TRS está determinado por los “efectos totales intersectoriales”, medida vinculada básicamente con el número y longitud de los caminos existentes entre los sectores, a través de las relaciones productivas específicas, de tal forma que:

$$V = (I - \alpha A)^{-1} (1 - \alpha) = (I + \alpha A + \alpha^2 A^2 + \alpha^3 A^3 + \dots) (1 - \alpha) \quad (4)$$

$$0 < \alpha < 1$$

donde  $V$  es una matriz de efectos intersectoriales totales y  $\alpha$  es una ponderación de las influencias intersectoriales, que permite calibrar la capacidad de influencia entre sectores.

El aumento del número de pasos, a través de los cuales dos sectores pueden interrelacionarse, supone una disminución del impacto de sus transacciones, mientras que para la igualdad de distancias, el efecto depende de la intensidad o fuerza de las relaciones existentes ( $\alpha_{ij}$ ) (García y Ramos 2003,12).

Friedkin (1991) parte del supuesto de ausencia de polarización en la toma de decisiones de los agentes económicos, donde, si  $\alpha$  tiende a la unidad,  $V$  podría converger a  $V_u$  tal que los efectos totales intersectoriales son constantes:

$$V_u = \begin{bmatrix} c_1 & \dots & c_n \\ \dots & \dots & \dots \\ c_1 & \dots & c_n \end{bmatrix}$$

La base de los efectos totales se podría calcular bajo estas condiciones como:

$$V = \lim_{\alpha \rightarrow 1} (I - \alpha A)^{-1} (I - \alpha) = A^\infty = V_u \quad (5)$$

tal que  $A^\infty$  coincidirá con la matriz  $V_u$ , la cual a su vez recoge el estado estacionario del proceso  $(c_1, \dots, c_n)$ .

De aquí los efectos totales de centralidad de un sector particular  $j$  en la red se recogen en la columna  $j$  de la matriz  $V=V_u$ , de forma que el efecto total de centralidad (TEC, por sus siglas en inglés) se define matricialmente como:

$$T_{TEC(j)} = V' \phi \quad (6)$$

donde  $T$  es un vector de orden  $nx1$ , y  $\phi = (1/n)$  es un vector de orden  $nx1$ , y  $V'$  es la matriz transpuesta de  $V$ .

La expresión matricial es promedio de los elementos de las columnas de la matriz  $V$ , de forma que cuanto mayor sea este valor, mayor fuerza tendrá en el sector los efectos totales respecto al conjunto de la economía.

Otra medida de importancia para los efectos de centralidad de un sector en la red es la rapidez de trasmisión de los efectos totales intersectoriales. Los sectores cuyos efectos se trasmiten a través de largos caminos de relaciones económicas tienen menor impacto económico, que aquéllos con alto número de transacciones directas. El resultado es que no sólo sus multiplicadores son más pequeños (Morillas 1983), sino que tienen menos posibilidades en la trasmisión de procesos de innovación (García et al. 2006; García y Ramos 2007).

La formalización de esta medida necesita considerar la secuencia de influencia intersectorial de un sector  $j$  hacia uno  $i$ , en el cual el primero aparece sólo una vez y asume de nuevo la hipótesis que  $\alpha \rightarrow 1$ , en el contexto de una red de influencia regular.

De lo anterior se define la inmediatez de difusión de la red, una vez obtenidos los efectos totales de influencia relativa de un sector  $j$ , como la longitud media de las secuencias de sus transacciones económicas, ponderadas por la fuerza de las relaciones sectoriales establecidas (Kemeny y Snell 1960, 79).

Su expresión matricial es:

$$M = (I - Z + EZ_{dg})D \quad (7)$$

donde  $D$  es una matriz diagonal con elementos  $d_{ii} = \frac{1}{c_i}$ ,  $c_i$  es un elemento de la matriz  $V_u$ ,  $E$  es una matriz unitaria de orden  $n \times n$ ,  $Z = (I - \alpha A + A^\infty)^{-1}$  y  $Z_{dg}$  resulta de  $Z$ , fijando en cero a los elementos externos a la diagonal principal (Friedkin 1991, 1486).

La rapidez con que un sector se relaciona económicamente con otros se expresa en las columnas respectivas de la matriz  $M$ . El indicador de los efectos inmediatos de centralidad (IEC, por sus siglas en inglés) se calcula como el inverso de la media de las longitudes de las relaciones intersectoriales (caminos), de un sector  $j$ -ésimo (Ibid.).

Matricialmente se expresa como:

$$L' = n\gamma$$

donde,  $\gamma = \{\gamma_i\} = \left[ \frac{1}{\sum_i^m ij} \right]$  es un vector de orden  $n \times 1$  y  $m_{ij}$  es un elemento de  $M$ .

Entonces, cuanto mayor sea el valor del índice de IEC, mayor será la rapidez con la que se propaguen los efectos totales del sector considerado.

La tercera medida, llamada efectos mediátivos de centralidad (MEC, por sus siglas en inglés), indica el grado de importancia que un sector particular tiene como trasmisor de los efectos globales, es decir, facilita el funcionamiento e interconexión económica, vertebrando la interrelación de las actividades productivas. Tales agentes son elementos conectores, que constituyen puntos clave para el desarrollo conjunto de la economía; su cálculo permite identificar los sectores clave en el sistema, que funcionan a modo de trasmisor.

La estimación de estos MEC se obtiene de la matriz  $M$ , mediante la descomposición en el número de pasos desde un sector  $j$  hacia otro  $i$ , a través de varios intermedios:

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^n t_{ik(j)} \quad i \neq j \neq k \quad (8)$$

donde  $t_{ik(j)}$  es el  $ik$  elemento genérico de la matriz  $T$ , la cual está definida como:

$$T_{(j)} = (I - A_{(j)})^{-1} \quad (9)$$

$A_{(j)}$  es la matriz resultante de eliminar la  $j$ -ésima fila y columna de la matriz  $A$  (Kemeny y Snell 1960, citado por Friedkin 1991).

Los efectos de intermediación, indicativos de la importancia de un sector particular como trasmisor o como punto de intersección para la conexión de la red económica, se pueden expresar a partir de la definición de la matriz

$$\mathcal{T} = \{t_{ik(j)} : c = \mathcal{T}\varphi\}$$

donde  $\varphi$  es un vector columna, cuyos elementos son  $\frac{1}{n}$ .

Aquí, el indicador de los MEC, al cuantificar la relevancia de los encadenamientos intersectoriales, tiene una interpretación similar a los coeficientes de Streit,<sup>8</sup> sin embargo, dichos efectos recogen las relaciones directas y también las indirectas entre los sectores. Se trata, por tanto, de un indicador global de la intensidad de las transacciones totales, que además puede aclarar cuestiones relativas a la rapidez de difusión de los efectos totales considerados, midiendo la longitud media de las secuencias de los intercambios económicos.

Los efectos totales de un sector  $j$  en la red se recogen en la columna  $j$  de la matriz  $V$ , de tal forma que el TEC, se define como:

$$C_{TEC(j)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ij}}{n} \forall_{i,j} \quad (10)$$

es decir, se trata del promedio de los elementos de las columnas de la matriz  $V$ , así que cuanto mayor sea este valor, más fuerza tendrán los efectos totales en el sector, respecto al conjunto de la economía.

<sup>8</sup> Los coeficientes de Streit (1969) permiten analizar, a partir de la matriz de transacciones intermedias ( $X'$ ), las relaciones sector a sector, y determinar el grado de interrelación entre dos ramas. Serán considerados sectores muy vinculados, a los que van o de los que proceden gran parte de los insumos y productos utilizados mutuamente.

De forma semejante, a partir de la matriz de coeficientes de distribución, se plantearía un indicador sobre los efectos totales de la red sobre un sector *i*-ésimo:

$$C_{TEC(i)} = \frac{\sum_{j=1}^n V_{ij}}{n} \forall_{i,j} \quad (11)$$

Cuanto mayor sea este indicador, más será el efecto recibido por un sector ante cambios en la red. Es relevante notar que todas las medidas señaladas, derivadas de la teoría de las redes sociales, se obtienen a partir de la matriz inversa de Leontief.

La rapidez de trasmisión de los efectos totales determinados es una característica interesante en la valoración de la implementación de políticas económicas y sus posibles efectos en el tiempo, o en su propagación dentro de la red analizada. Este rasgo se determina siguiendo la terminología de la TRS, a partir de los denominados efectos inmediatos y no se ha considerado en los estudios tradicionales de insumo-producto, por lo que se trata de una aportación neta de la TRS al análisis estructural (García y Ramos 2003, 15). Conforme aumenta el valor de la medida expuesta, mayor será la rapidez de propagación de los efectos totales del sector considerado. Además, este rasgo define a un sector económico como clave, hace referencia a la importancia de sectores particulares como instrumentos de trasmisión de los efectos totales, que facilitan el funcionamiento e interconexión económica, vertebrando la interrelación de las actividades productivas.

La cuantificación de la intensidad de estas transacciones industriales en el sistema económico ha constituido, además, una de las cuestiones recurrentes en la literatura de economía regional. Su cálculo permite calibrar los efectos de arrastre en el desarrollo y evolución de la región, de tal forma que los sectores que aparecen como habitualmente interrelacionados podrían llegar a formar complejos industriales y establecerse juntos en el espacio (Ibid., 12).

Por otro lado, el estudio de la debilidad o fortaleza de las interrelaciones sectoriales puede plantearse a partir de los MEC derivados de la noción de centralidad. El objetivo común consiste en cuantificar

la relevancia de los enlaces intersectoriales, donde los MEC permiten un análisis muy completo, puesto que recogen las relaciones directas y las indirectas entre los sectores; se trata, por tanto, de un claro indicador de la intensidad de las transacciones totales. Además, la consideración de los efectos inmediatos añade al estudio cuestiones sobre la rapidez de difusión de los efectos totales considerados, a través de la longitud media de las secuencias de sus transacciones económicas, rasgos esenciales para profundizar en el conocimiento de los impactos de una política económica.

Uno de los intereses más comunes del análisis estructural radica en las “subestructuras”, que pueden estar presentes en una red. Muchas de las aproximaciones para comprender la estructura de una red enfatizan la forma en la que están compuestas las conexiones y se extienden para desarrollar lo que en literatura de redes se conoce como “cliques”.<sup>9</sup> Esta visión de la estructura social centra la atención en cómo la solidaridad y la conexión de grandes estructuras se pueden construir a partir de componentes pequeños y cohesionados: un tipo de aproximación de abajo hacia arriba (Hanneman 1997, III: 3).

## Medidas de centralidad y cohesión estructural para Baja California

En esta sección se presenta el resultado del análisis de la estructura bajacaliforniana a través de sus sectores productivos, con las técnicas que analizan la centralidad en el estudio de redes: grado, intermediación y cercanía; y los efectos totales inmediatos y mediativos, y también de la cohesión que forman los subgrupos de la estructura estatal, para lo que se utiliza el software UCINET/NetDraw.

Para iniciar, se incluye una reseña geoestadística de Baja California; las cifras oficiales del Censo de población y vivienda 2010 indican que tenía 3 155 070 habitantes ese año, 2.8 por ciento del total nacional, esto la ubicó en la posición décimo cuarta de las entidades

<sup>9</sup> Subconjunto de una red en el cual los actores están conectados mutuamente, de una manera más cercana y fuerte, que con el resto de los integrantes de la red (Hanneman 1997).

federativas en cuanto a densidad poblacional. En lo que al producto interno bruto (PIB) nacional se refiere, en 2011 el país alcanzó los 8 369 583 pesos, de los cuales el estado participó con 2.89 por ciento, se colocó entre los 12 que en conjunto aportan más de 70 por ciento a este rubro. En la estructura interna, la mayor aportación tanto al PIB estatal como al nacional fue del sector manufacturero, con porcentajes de 20.6 y 17.5 respectivamente, con lo que superó por mucho el promedio nacional, que fue de 3.1.

En la figura 2 aparece la distribución de la estructura productiva sectorial estatal, de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, de los sectores “productores de bienes” y los “productores de servicios”. Se observa que los sectores del primer grupo: industrias manufactureras, electricidad y agricultura están ubicados en una posición “central”, mientras que los de minería y construcción ocupan una un tanto “periférica”.

Los sectores del grupo “productores de servicios” muestran una distribución más dispersa, entre los que destacan, por su periferia, los educativos, de esparcimiento, culturales, deportivos y otros servicios recreativos; el de actividades del gobierno y de información en medios masivos. Cabe mencionar que en el ejercicio empírico para obtener estas medidas, el sector servicios de salud y de asistencia social fue omitido, porque no presentó información dentro de la matriz interregional obtenida para Baja California.

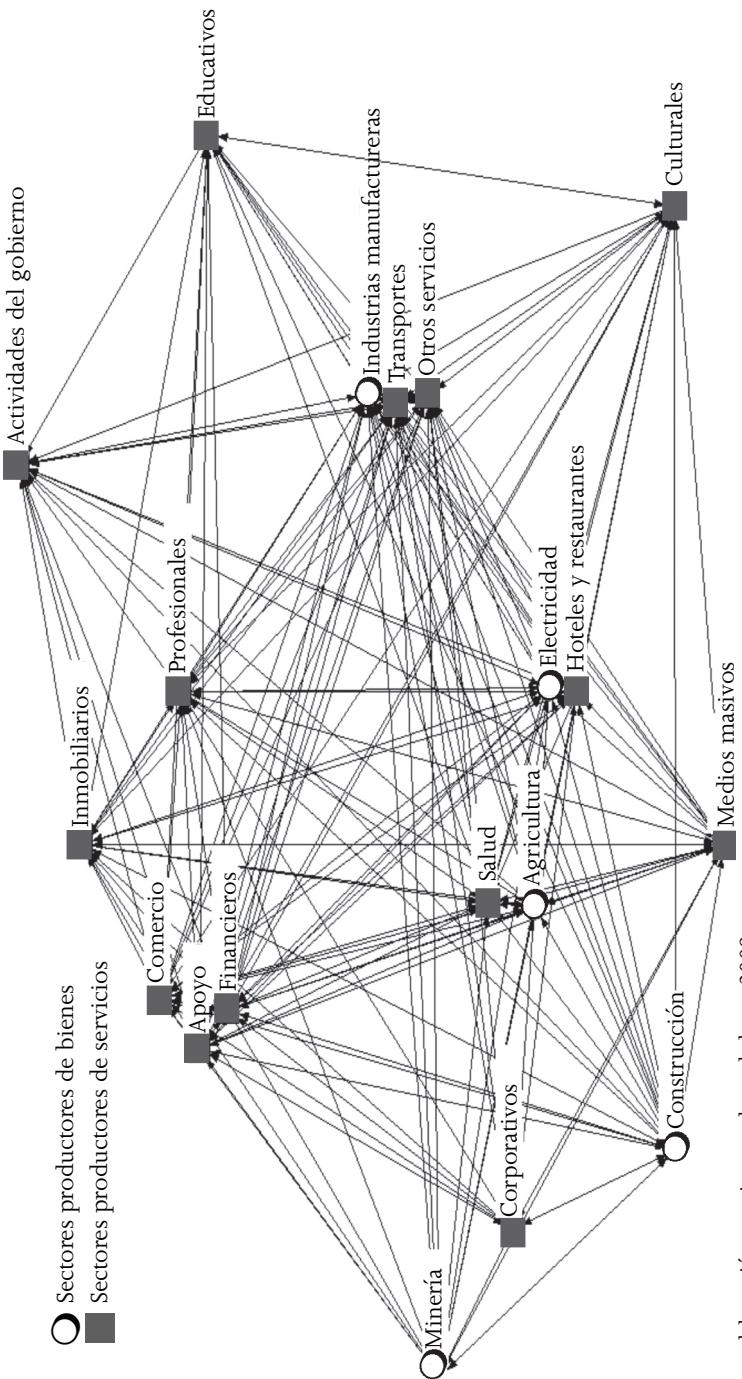
#### Medidas de centralidad de Nieminen-Freeman

Los principales enfoques desarrollados por el análisis de redes sociales se muestran con las medidas básicas de centralidad, ya expuestas, de grado, intermediación y cercanía. En la figura 3 se presenta el comportamiento de los sectores económicos estatales dentro de la estructura productiva, de acuerdo con su grado. En esta medida destaca, con un amplio margen de diferencia con respecto al resto, en primer lugar el sector industrias manufactureras, cuyo porcentaje de centralidad es el más alto, con 20.1; en segundo sitio se ubica el de comercio, con 14.47; seguido del de construcción, con 10.9.

La centralidad de grado representa el porcentaje de conexiones que tiene un sector en el total de la red, los que se muestran más

Figura 2

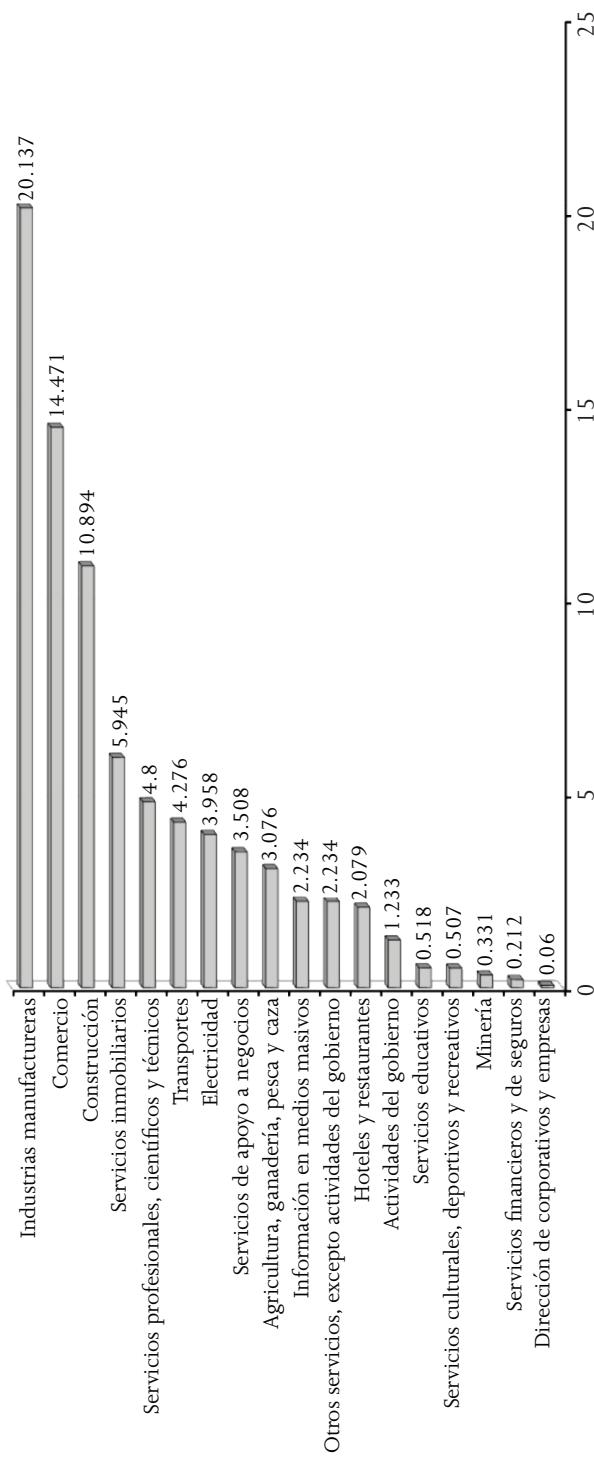
Estructura productiva sectorial de Baja California, 2008



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

Figura 3

## Estructura sectorial de Baja California. Centralidad de grado



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

“centrales” tienen mayor cantidad de enlaces, lo que les permite mayor grado de “accesibilidad” a la información que circula en la red. En términos económicos, se puede interpretar que los sectores más centrales tienen mayor posibilidad de captación de recursos y de inversión, así como de influir en las decisiones económicas que aquéllos con interrelaciones escasas, débiles o dispersas.

Por su parte, la centralidad de intermediación (véase figura 4) indica la frecuencia con la que aparece un sector entre otros que no se conectan entre sí, pero que deben pasar a través de un actor focal para relacionarse con el resto; se podría clasificar como sector “puente” al que tiene un alto grado de intermediación.

La figura 4 muestra, de mayor a menor, el grado en que los sectores son intermediarios en el entramado sectorial en Baja California. De nuevo, el de industrias manufactureras obtiene el mayor grado de intermediación, junto con el de construcción y el de otras actividades, excepto las del gobierno, seguidos muy de cerca por el de hoteles y restaurantes. Entre los menos relacionados están los de comercio, minería, agricultura, actividades del gobierno, servicios educativos, dirección de corporativos y empresas y servicios de salud. Es posible interpretar que estos últimos tienen cierta independencia respecto al resto de la estructura productiva del estado.

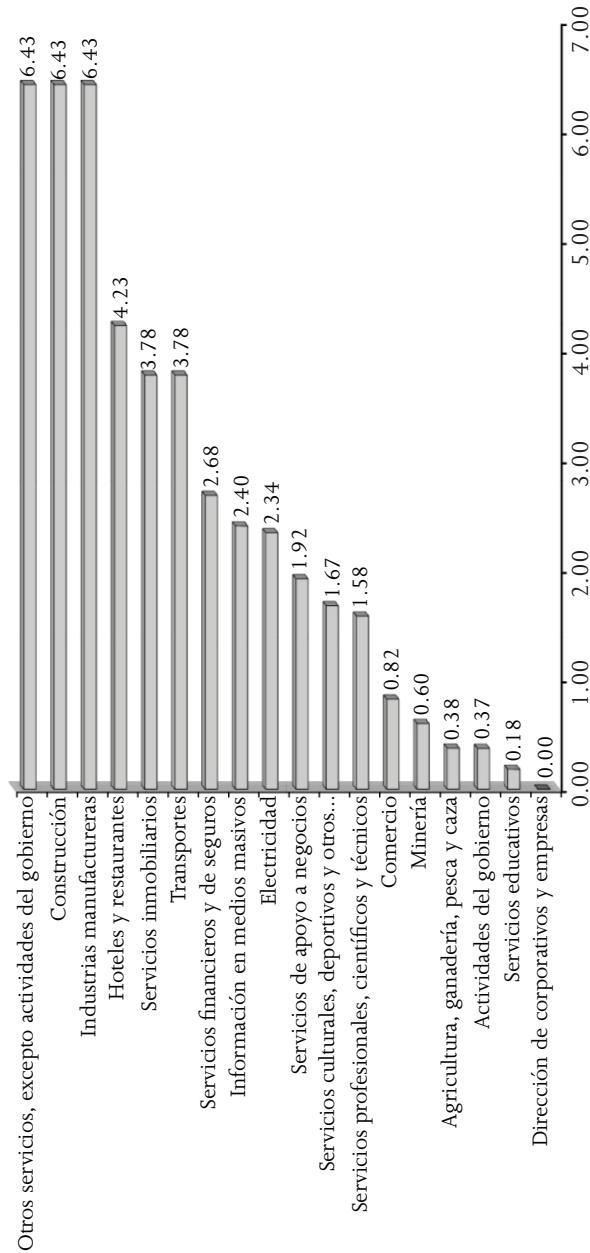
La centralidad de cercanía indica la capacidad que tiene un sector de “alcanzar” a otros dentro de la estructura total, pero a través de pequeñas distancias que tienen que recorrer para relacionarse con el resto de la red. De acuerdo con esta medida, los sectores con mayor capacidad de acceder al resto son los de industrias manufactureras, otros servicios, excepto actividades del gobierno y construcción (véase figura 5). La trascendencia de la medida de “cercanía” es que no sólo es sustancial el número de sectores con los que se relacionan entre sí, sino la “importancia” de ellos dentro de la red.

#### *Medidas de centralidad de Friedkin*

Las medidas de centralidad, de acuerdo con la técnica de Friedkin, indican la capacidad de influencia intersectorial, medida por sus efectos totales, inmediatos y mediátivos, y describen el grado de intensidad de las relaciones dentro de la estructura en su conjunto.

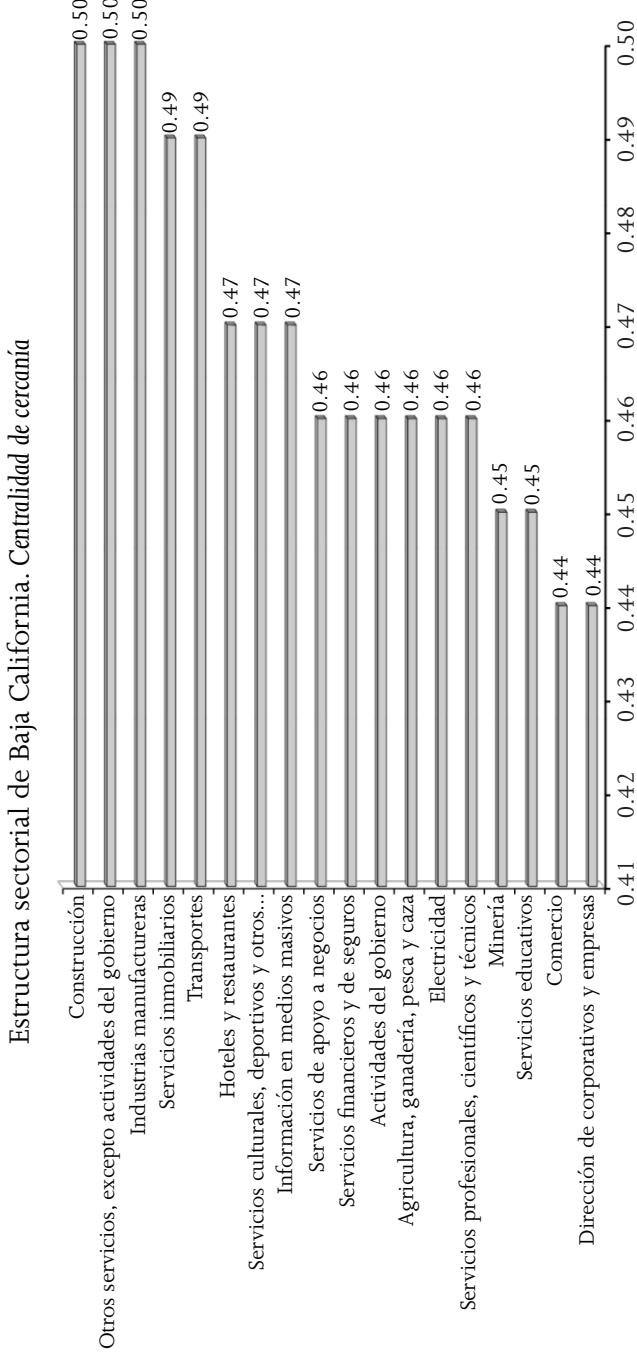
Figura 4

## Estructura sectorial de Baja California. Centralidad de intermediación



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

Figura 5



Fuente: elaboración propia, con datos de la MFP 2008.

Figura 6

## Estructura sectorial de Baja California. Medidas de centralidad

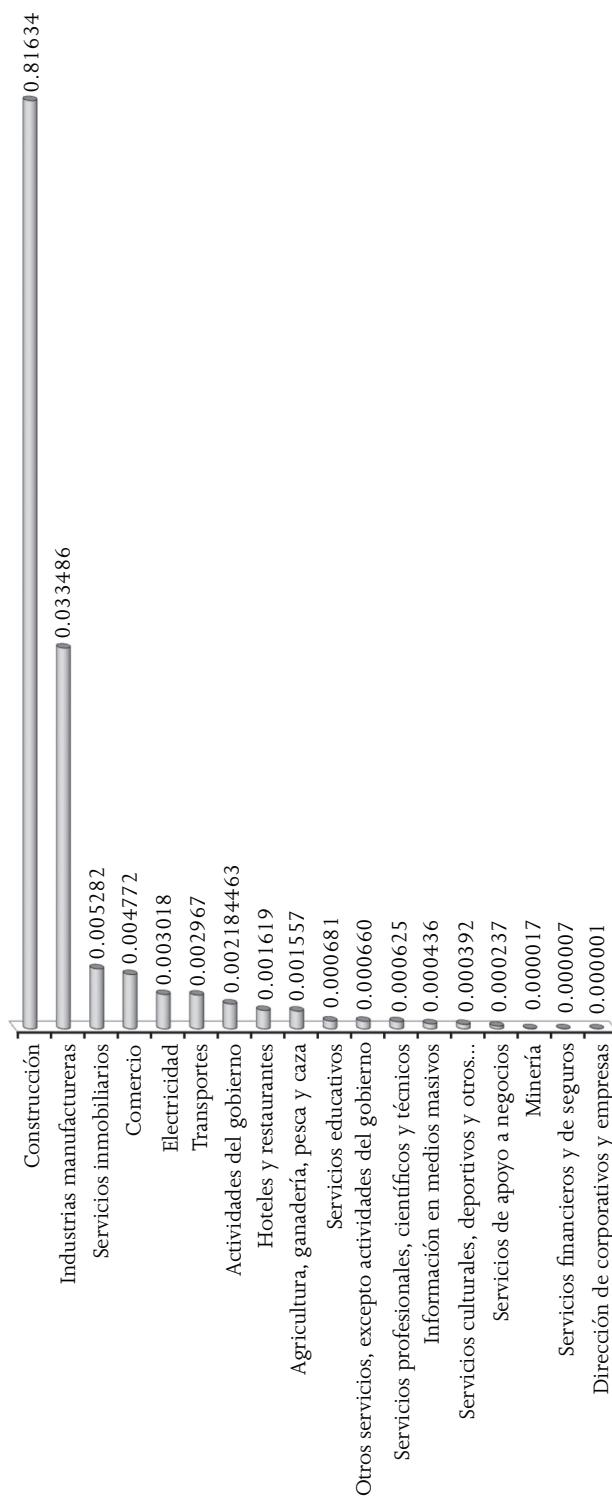
	Sectores	Centralidad		
		Grado	Intermediación	Cercanía
1	Agricultura, ganadería, pesca y caza	3.076	0.38	4.6
2	Minería	0.331	0.60	4.5
3	Electricidad	3.958	2.34	4.6
4	Construcción	10.894	6.43	5.0
5	Industrias manufactureras	20.137	6.43	5.0
6	Comercio	14.471	0.82	4.4
7	Transportes	4.276	3.78	4.9
8	Información en medios masivos	2.234	2.40	4.7
9	Servicios financieros y de seguros	0.212	2.68	4.6
10	Servicios inmobiliarios	5.945	3.78	4.9
11	Servicios profesionales, científicos y técnicos	4.8	1.58	4.6
12	Dirección de corporativos y empresas	0.06	0.00	4.4
13	Servicios de apoyo a negocios	3.508	1.92	4.6
14	Servicios educativos	0.518	0.18	4.5
15	Servicios de salud y de asistencia social	ND	ND	ND
16	Servicios culturales, deportivos y recreativos	0.507	1.67	4.7
17	Hoteles y restaurantes	2.079	4.23	4.7
18	Otros servicios, excepto actividades del gobierno	2.234	6.43	5.0
19	Actividades del gobierno	1.233	0.37	4.6

Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

Las interrelaciones sectoriales dentro de la estructura productiva de Baja California, de acuerdo con la medición de los efectos totales, indican que la influencia intersectorial del sector construcción es alta y preponderante, tal como se aprecia en la figura 7, con una influencia media se ubica el de industrias manufactureras; se podría decir que en estos dos recae un tanto el peso de la actividad económica del estado. Con intensidad de centralidad baja se ubican los

Figura 7

Estructura sectorial de Baja California. Centralidad: efectos totales



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

sectores inmobiliario, comercio, electricidad, transportes, actividades del gobierno, hoteles y restaurantes y el primario, de agricultura, ganadería, pesca y caza, de gran importancia en la economía estatal.

También se observa que más de la mitad de los sectores analizados tienen una capacidad casi nula de influir en otros, lo que muestra un poco la desarticulación entre los productivos, tanto de bienes como de servicios. Cabe mencionar que dadas las características naturales de la minería, se entiende su baja participación en estas mediciones.

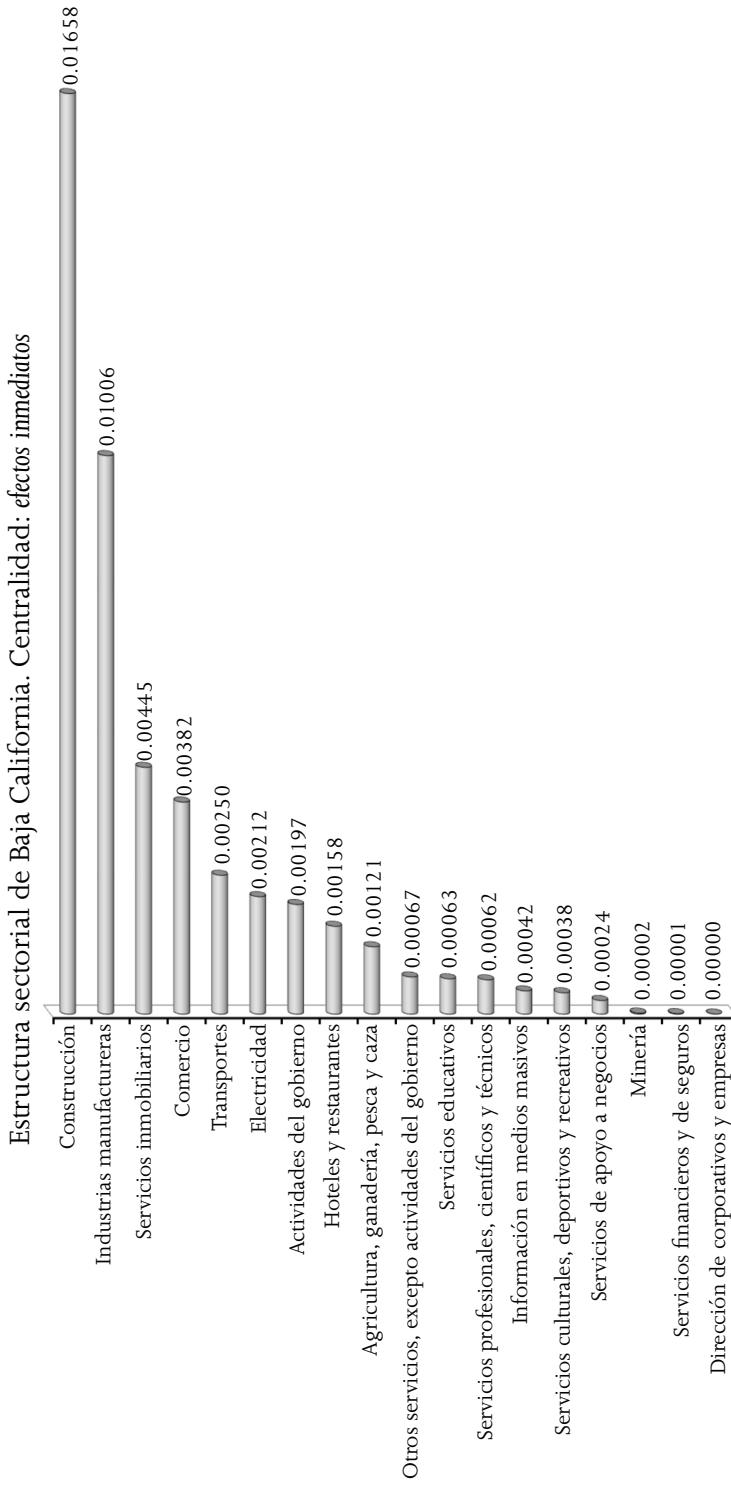
La rapidez de trasmisión de los efectos totales entre los sectores determina el impacto económico dentro de la estructura productiva, los que tienen efectos inmediatos más lentos o que recorren largos caminos en sus relaciones económicas disminuyen su impacto económico, a diferencia de aquéllos con transacciones directas. La figura 8 muestra la posición de los sectores en torno a los efectos inmediatos; los de construcción e industrias manufactureras son los que, de acuerdo con esta medida, tienen mayor velocidad de impacto en la economía bajacaliforniana; y los que tienen uno menor, pero considerable, son los de servicios inmobiliarios, comercio, transportes, electricidad, actividades del gobierno y hoteles y restaurantes.

Por último, los sectores que tienen una posibilidad ínfima de impactar en la economía estatal son otros servicios, excepto actividades del gobierno, servicios educativos, servicios profesionales, científicos y técnicos, información en medios masivos, servicios culturales, deportivos y recreativos, servicios de apoyo a los negocios y servicios financieros y de seguros; sólo el de minería pertenece al de los sectores productores de bienes.

La inmediatez en la trasmisión de los efectos totales se considera una característica interesante en la valoración de la implementación de políticas económicas y sus posibles efectos en el tiempo, cuestión no considerada en los estudios tradicionales de insumo-producto, por lo que se trata de una aportación neta de la teoría de redes al análisis estructural (García y Ramos 2006).

Por otro lado, en la figura 9 se presenta la centralidad de efectos mediátivos, donde se observa una distribución más equiparable entre los sectores de la entidad, esta medida muestra la intensidad de interconexión en el conjunto del entramado productivo. De nuevo los sectores más dinámicos son industrias manufactureras y cons-

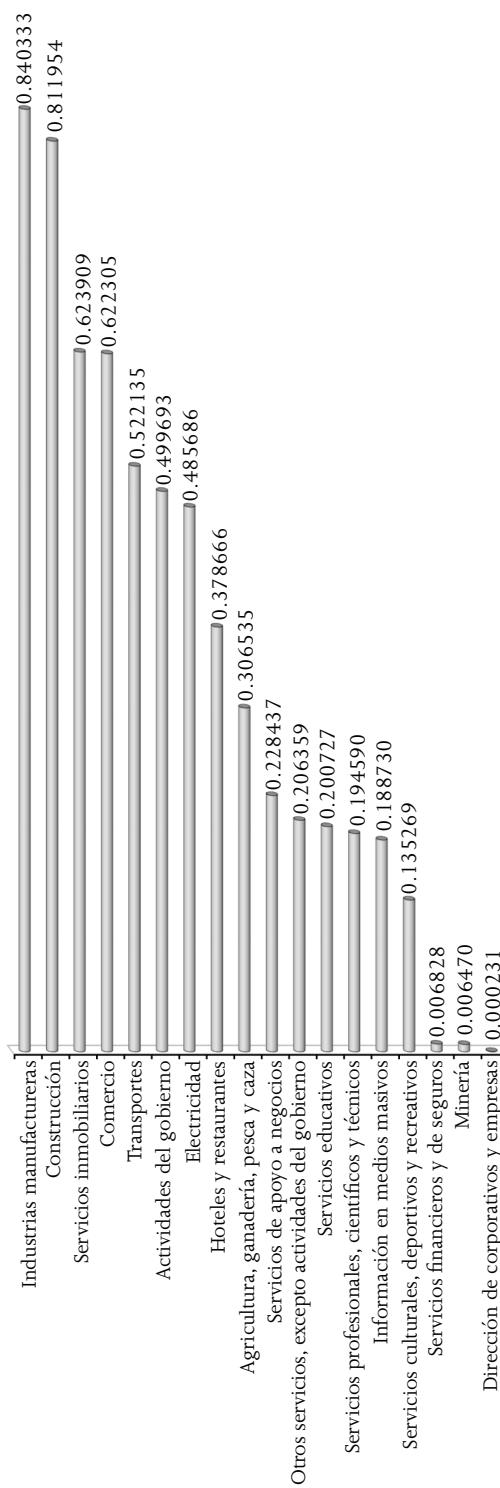
Figura 8



Fuente: elaboración propia, con datos de la MFP 2008.

Figura 9

Estructura sectorial de Baja California. Centralidad: efectos mediátivos



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

trucción. También con una participación importante están los servicios inmobiliarios, comercio, transportes, actividades del gobierno, electricidad, hoteles y restaurantes y agricultura, ganadería, caza y pesca. De alguna manera, estas medidas se podrían interpretar como las actividades que definen la vocación económica de Baja California.

Sin embargo, según la teoría de lazos débiles (Granovetter 1973), dentro de una estructura productiva, es relevante poner especial atención en los sectores con baja participación dentro de la red, y que podrían coadyuvar al mejoramiento de la economía del estado, tal es la situación de los servicios de apoyo a los negocios, servicios profesionales, científicos y técnicos, servicios financieros y dirección de corporativos y empresas.

### Cohesión estructural

En la estructura estatal hay ocho subgrupos de sectores, la diagonal principal de la matriz, incluida en la figura 13, muestra el número de grupos al que pertenece cada uno; por ejemplo, el de agricultura, ganadería, pesca y caza sólo está en un subgrupo, lo mismo que minería; el de electricidad se relaciona en cuatro, y así sucesivamente.

En la figura 11 aparece el número de subgrupos, y se indica, con flechas, la dirección de los sectores analizados en cada uno de los subgrupos; en la esquina superior izquierda está servicios de salud y asistencia social, como uno aislado. La figura 12 detalla la conformación de cada subgrupo, así es posible verificar lo que muestra la matriz, además de observar a cuántos y a cuáles grupos pertenece cada sector. Por ejemplo, el de agricultura forma parte del subgrupo ocho; el de minería del dos, y el de electricidad del uno, dos, cuatro y siete.

Como era de esperarse, de acuerdo con las medidas antes expuestas, los sectores de la construcción, industrias manufactureras y otros servicios, excepto actividades del gobierno están presentes en todos los subgrupos, también los de transportes y servicios inmobiliarios, puesto que se ubican en siete de los ocho formados.

En este ejercicio llama la atención la presencia del sector hoteles y restaurantes, así como del de información en medios masivos,

Figura 10

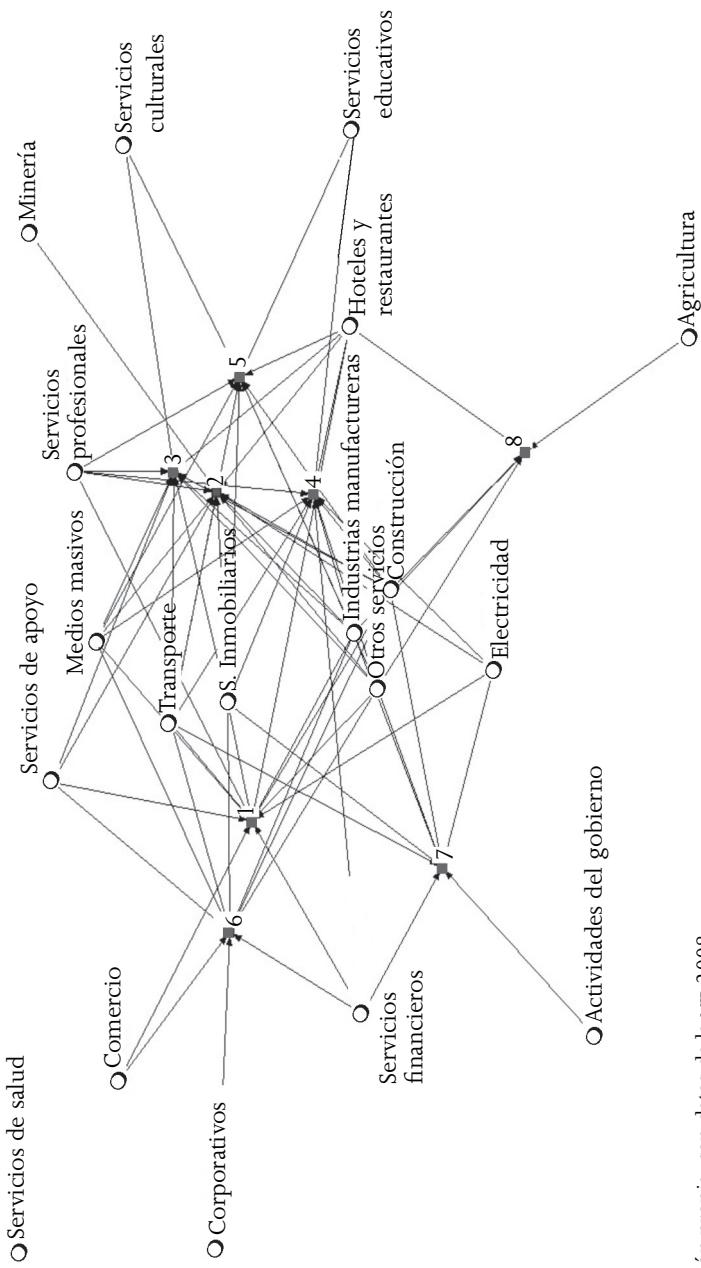
**Estructura sectorial de Baja California.  
Efectos totales, inmediatos y mediativos**

Número	Sectores	Efectos			
		Totales		Inmediatos	Mediativos
		$T_{TEC(i)}$	$T_{TEC(j)}$	$T_{IEC(j)}$	$T_{MEC(j)}$
1	Agricultura, ganadería, pesca y caza	0.00156	0.00812	0.00121	0.30653
2	Minería	0.00002	0.00821	0.00002	0.00647
3	Electricidad	0.00302	0.00803	0.00212	0.48569
4	Construcción	0.08163	0.00341	0.01658	0.81195
5	Industrias manufactureras	0.03349	0.00624	0.01006	0.84033
6	Comercio	0.00477	0.00793	0.00382	0.62231
7	Transportes	0.00297	0.00804	0.0025	0.52213
8	Información en medios masivos	0.00044	0.00818	0.00042	0.18873
9	Servicios financieros y de seguros	0.00001	0.00821	0.00001	0.00683
10	Servicios inmobiliarios	0.00528	0.0079	0.00445	0.62391
11	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.00063	0.00817	0.00062	0.19459
12	Dirección de corporativos y empresas	0	0.00821	0	0.00023
13	Servicios de apoyo a negocios	0.00024	0.0082	0.00024	0.22844
14	Servicios educativos	0.00068	0.00817	0.00063	0.20073
15	Servicios de salud y de asistencia social	ND	ND	ND	ND
16	Servicios culturales, deportivos y recreativos	0.00039	0.00819	0.00038	0.13527
17	Hoteles y restaurantes	0.00162	0.00812	0.00158	0.37867
18	Otros servicios, excepto actividades del gobierno	0.00066	0.00817	0.00067	0.20636
19	Actividades del gobierno	0.00218	0.00808	0.00197	0.49969

Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

Figura 11

Subgrupos en la red estructural de Baja California



Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

Figura 12

**Estructura sectorial nacional.  
Formación de subgrupos en la red nacional**

1	Electricidad, construcción, industrias manufactureras, comercio, transportes, medios masivos; servicios financieros, inmobiliarios, profesionales, de apoyo, hoteles y restaurantes y otros servicios
2	Minería, electricidad, construcción, industrias manufactureras, transportes, medios masivos; servicios inmobiliarios, profesionales, de apoyo, hoteles y restaurantes y otros servicios
3	Construcción, industrias manufactureras, transportes, medios masivos; servicios inmobiliarios, profesionales, de apoyo, culturales, hoteles y restaurantes y otros servicios
4	Electricidad, construcción, industrias manufactureras, transportes, medios masivos; servicios financieros, inmobiliarios, profesionales, educativos, hoteles y restaurantes y otros servicios
5	Construcción, industrias manufactureras, transportes, medios masivos; servicios inmobiliarios, profesionales, educativos, culturales, hoteles y restaurantes y otros servicios
6	Construcción, industrias manufactureras, comercio, transportes, medios masivos; servicios financieros, inmobiliarios, dirección de corporativos, servicios de apoyo y otros servicios
7	Electricidad, construcción, industrias manufactureras, transportes; servicios financieros, inmobiliarios, actividades del gobierno y otros servicios
8	Agricultura, construcción, industrias manufactureras, hoteles y restaurantes y otros servicios

Fuente: elaboración propia, con datos de la MIP 2008.

como los que se ubican en una posición preponderante al estar relacionados en seis de los subgrupos formados. Lo anterior permite establecer que éstos juegan un rol importantísimo en el dinamismo y cohesión estructural de Baja California, lo que favorece el establecimiento de medidas que ayudan a dinamizar su economía, puesto que se trata de sectores que tienen vínculos inmediatos y más fortalecidos entre sí que el resto, dentro de la estructura.

Figura 13

Matriz de densidad estructural. Baja California, 2008

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 Agricultura, ganadería, pesca y caza	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
2 Minería	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
3 Electricidad	0	1	4	4	4	1	4	3	3	4	3	0	2	1	0	0	3	4	1
4 Construcción	1	1	4	8	8	2	7	6	4	7	5	1	4	2	0	2	6	8	1
5 Industrias manufactureras	1	1	4	8	8	2	7	6	4	7	5	1	4	2	0	2	6	8	1
6 Comercio	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0	0	0	1	2	0
7 Transportes	0	1	4	7	7	2	7	6	4	7	5	1	4	2	0	2	5	7	1
8 Información en medios masivos	0	1	3	6	6	2	6	6	3	6	5	1	4	2	0	2	5	6	0
9 Servicios financieros y de seguros	0	0	3	4	2	4	3	4	4	2	1	2	1	0	0	2	4	1	
10 Servicios inmobiliarios	0	1	4	7	7	2	7	6	4	7	5	1	4	2	0	2	5	7	1
11 Servicios profesionales, científicos y técnicos	0	1	3	5	5	1	5	5	2	5	5	0	3	2	0	2	5	5	0
12 Dirección de corporativos y empresas	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
13 Servicios de apoyo a negocios	0	1	2	4	4	2	4	4	2	4	3	1	4	0	0	1	3	4	0
14 Servicios educativos	0	0	1	2	2	0	2	1	2	2	0	0	0	2	0	1	2	2	0
15 Servicios de salud y de asistencia social	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 Servicios culturales, deportivos y recreativos	0	0	0	2	2	0	2	0	2	2	0	1	1	0	2	2	2	0	
17 Hoteles y restaurantes	1	1	3	6	6	1	5	5	2	5	5	0	3	2	0	2	6	6	0
18 Otros servicios, excepto actividades del gobierno	1	1	4	8	8	2	7	6	4	7	5	1	4	2	0	2	6	8	1
19 Actividades del gobierno	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	

## Conclusiones

La contribución del método innovador de redes sociales brinda resultados que favorecen un análisis más estricto en el sentido de la ubicación, movimientos, comportamiento y tendencia de las actividades económicas de la estructura productiva estatal. El nivel de desagregación de la MIP (19 x 19) constituyó un factor que propicia la interpretación de los grafos, los resultados estadísticos y las matrices.

La centralidad, como la medida característica de las redes sociales, denota “el poder” de influencia de los actores con grados más altos de enlaces de entrada, salida, intermediación y cercanía dentro de la red sobre las decisiones de los demás actores y sobre las propias, con base en la información privilegiada a la que pueda acceder, y que le brinda ese poder. Por ejemplo, la centralidad de grado de Freeman (1979) ratifica la importancia de las industrias manufactureras para la economía de Baja California, puesto que tienen posiciones sobresalientes en sus tres indicadores: grado, intermediación y cercanía. Otros sectores como el comercial, de la construcción, inmobiliario, servicios profesionales y el de transportes también influyen en la dinámica económica estatal por su alta centralidad grado, es decir, por interrelacionarse en el entramado productivo como demandantes de insumos intermedios, así como de oferentes de productos finales. En cuanto a sectores intermediarios, además del manufacturero y el de construcción, el de hoteles y restaurantes tiene una participación sobresaliente en el quehacer económico.

Por su parte, la centralidad de Friedkin, con los efectos totales, inmediatos y mediáticos, presentó similitud en el funcionamiento de estructura regional. Estas medidas de centralidad mostraron los efectos relativos totales sobre el resto de la red, la rapidez de su propagación y su aporte como elementos de interconexión económica.

El texto concluye con el análisis, novedoso también, de la cohesión estructural, que mide el grado de integración de la estructura económica bajacaliforniana en su conjunto; presenta los subgrupos que se forman dentro de una estructura o red, son una especie de cluster, cuyo principal atributo es saber cuántos subgrupos se forman dentro de una red y qué sectores los integran.

En general, se observó una tendencia hacia el sector servicios, el tercero más grande de la economía de Baja California, y que constituye 66 por ciento de las actividades sectoriales. En tanto que el primario representa 3 por ciento de la producción, y el secundario da cuenta del 31 restante. Por tanto, es posible concluir que la economía sectorial todavía es dispersa, y está un tanto polarizada, donde sólo unos sectores lideran la actividad productiva de la región bajacaliforniana.

Recibido en noviembre de 2011

Aceptado en julio de 2012

## Bibliografía

Bavelas, A. 1948. A Mathematical Model for Group Structure. *Human Organizations* 7: 16-30.

Borgatti, Steve. 2003. Conceptos básicos de redes sociales. Material del taller impartido en Cancún Quintana Roo. 42.

Chenery, Hollis Burnley y Tsunehiko Watanabe. 1958. An International Comparison of the Structure of Production. *Econométrica* 26: 487-521.

De Ugarte, David. 1999. Analizando redes sociales. [www.lasindias.com/curso\\_redes/index.html](http://www.lasindias.com/curso_redes/index.html)

Freeman, Linton C. 1979. Centrality in Social Networks. Conceptual Classification. *Social Network* 1.

Friedkin, Noah E. 1991. Theoretical Foundations for Centrality Measures. *The American Journal of Sociology* 96 (6): 1478-1504.

García, Ana Salomé. 2006. La teoría de redes en análisis input-output. Tesis doctoral, Universidad de Oviedo.

- \_\_\_\_\_. y Carmen Ramos. 2007. Core/Periphery Structure Models: An Alternative Methodological Proposal. *Social Networks* 28: 442-448.
- \_\_\_\_\_. 2003. Las redes sociales como herramienta de análisis estructural input-output. *Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales* 4 (5): 1-21.
- \_\_\_\_\_. y Antonio Morillas. 2006. Relaciones interindustriales y difusión de la innovación. Una aproximación desde la teoría de redes. *Estadística Española* 160: 475-499.
- Garrido, E. J. 2001. El análisis de redes en el desarrollo local. En *Prácticas locales de creatividad social*, tomo 2, *Construyendo ciudadanía*, editado por T. R. Rodríguez Villasante, M. Montañés y P. Martín, 49-63. Barcelona: El Viejo Topo.
- Granovetter, Mark. 1973. The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology* 78 (6): 1360-1380.
- Hanneman, Robert. 1997. Introduction to Social Network. Departamento de Sociología de la Universidad de California, Riverside. Disponible en versión electrónica en Methods. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/Soc157/TEXT/TextIndex.html>.
- Herrero, Reyes. 2000a. La terminología del análisis de redes. Problemas de definición y de traducción. *Política y Sociedad* 33: 199-206.
- \_\_\_\_\_. 2000b. La centralidad en las redes sociales. Clarificación conceptual. *Política y Sociedad* 33: 131-148.
- Kemeny, John y Laurie Snell. 1960. *Finite Markov Chains*. Londres: D. Van Nostrand Co. Ltd.
- Molina, José Luis. 2000. El análisis de redes sociales. Aplicación al estudio de la cultura en las organizaciones. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.

Morillas, Antonio. 1995. Aplicación de la teoría de grafos al estudio de los cambios en las relaciones intersectoriales de la economía andaluza en la década de los 80. *Cuentas Regionales e input-output*, Instituto de Estadística de Andalucía.

\_\_\_\_\_. 1983. *La teoría de grafos en el análisis input-output. La estructura productiva andaluza*. Málaga: Editorial Universidad de Málaga.

Nieminen, J. 1974. On the Centrality in a Graph. *Scandinavian Journal of Psychology* 15 (1): 332-336.

Rasmussen, P. Noregaard. 1956. *Studies in Intersectorial Relations*. Amsterdam: North-Holland Publishing Co.

Sabidussi, G. 1966. The Centrality Index of a Graph. *Psychometrika* 31: 581-603.

Streit, Maurice E. 1969. Spatial Associations and Economic Linkages Between Industries. *Journal of Regional Science* 9: 177-188.