

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
SEDE-ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2011-2013**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON
MENCION EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO**

**EVOLUCIÓN Y ESTRUCTURA DEL VALOR AGREGADO DE LAS
INDUSTRIAS ECUATORIANAS DESDE UN ENFOQUE DE CENTRALIDAD DE
LA TEORÍA DE REDES. PERIODO 2008-2011**

GERMÁN ANDRÉS DILLON AVILA

ENERO 2014

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
FLACSO-ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2011-2013**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON
MENCIÓN EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO**

**EVOLUCIÓN Y ESTRUCTURA DEL VALOR AGREGADO DE LAS
INDUSTRIAS ECUATORIANAS DESDE UN ENFOQUE DE CENTRALIDAD DE
LA TEORÍA DE REDES. PERIODO 2008-2011**

GERMÁN ANDRÉS DILLON AVILA

**ASESOR: WILSON PÉREZ, Ph.D.
LECTORA: MARÍA CRISTINA VALLEJO, Dra.
LECTOR: CHRISTIAN ROJAS, Ph.D.**

ENERO 2014

DEDICATORIA

Este documento está dedicado a Dios, a mi madre, padre, hermano, familiares y amigos queridos, pues fueron pilares fundamentales para poder conseguirlo, siempre con su apoyo incondicional, sacrificando muchos momentos familiares por darme esa mano que siempre fue necesaria. A mi papá Emilianito quien en el transcurso de mi estudio partió de nuestro lado y no pudo ver a su nieto graduado. A los excelentes maestros y amigos de FLACSO, quienes día a día contribuyeron a este gran logro, especialmente a Wilson Pérez y María Cristina Vallejo, quienes depositaron su confianza en mí para lograr esta investigación.

Índice

Resumen.....	7
1. Introducción	8
2. Marco teórico	10
2.1. Cadenas de valor y encadenamientos productivos	10
2.1.1. Hirschman	12
2.1.2. Chenery & Wanatabe	13
2.1.3. Rasmussen.....	16
2.1.4. Cadena de valor.....	19
2.2. Teoría de Redes.....	21
2.2.1. Teoría de grafos.....	23
3. Metodología de los índices topológicos de redes	24
3.1. Revisión de literatura	25
3.2. Medidas topológicas de centralidad	31
3.3. Tratamiento de la data	33
3.4. Aproximación del cálculo del valor agregado.....	34
4. Consideraciones finales y recomendaciones	37
4.1. Consideraciones finales.....	37
4.2. Recomendaciones.....	51
5. Bibliografía	52
Anexo	56
a. Matriz Insumo-Producto	56
b. Ilustraciones	57
c. Definiciones básicas y principales medidas topológicas.....	58
d. Tabla resumen información estadística bases de información	63
e. Tablas de coeficientes regresión OLS data panel.....	65

Ecuaciones

Definición 1: Eslabonamiento hacia atrás _____	14
Definición 2: Eslabonamiento hacia adelante _____	14
Definición 3: Poder de dispersión _____	16
Definición 4: Sensibilidad de dispersión _____	17
Definición 5: Medida de centralidad basada en el grado _____	25
Definición 6: Medida de centralidad de intermediación _____	26
Definición 7: Medida de descentralidad de Sabidussi (1966) _____	27
Definición 8: Notación matricial del índice de Bonacich _____	29
Definición 9: Entradas de la matriz de adyacencia ponderada _____	29
Definición 10: Entropía calculada sobre la matriz normalizada de adyacencia ponderada _____	30
Definición 11: Valor máximo de entropía _____	30
Definición 12: Centralidad de grado _____	32
Definición 13: Centralidad de intermediación _____	32
Definición 14: Centralidad de proximidad _____	32
Definición 15: Consumo Intermedio de la empresa <i>i</i> en el tiempo <i>t</i> (<i>CIit</i>) _____	35
Definición 16: Producción de la industria <i>i</i> en el tiempo <i>t</i> (<i>Pit</i>): _____	36
Definición 17: Definición de Valor Agregado de la industria <i>i</i> en el tiempo <i>t</i> (<i>VAit</i>): _____	37
Definición 18: Modelo de aproximación del desempeño empresarial _____	47
Definición 19: Grado de un nodo _____	59

Gráficos e Ilustraciones

Gráfico 1: Evolución del valor agregado. Periodo 2008-2011	38
Gráfico 2: Evolución del índice de intermediación normalizado. Periodo 2008-2011	41
Gráfico 3: Evolución del índice de grados de salida normalizado. Periodo 2008-2011	44
Gráfico 4: Evolución de los grados de entrada normalizado. Periodo 2008-2011	46
Ilustración 1: Grafo de Comercio Internacional.....	57
Ilustración 2: Redes Sociales.....	57
Ilustración 3: Grafos dirigidos y no dirigidos	58

Tablas

Tabla 1: Metodología de Chenery & Wanatabe (1958)	15
Tabla 2: Índices de Rasmussen (1956).....	18
Tabla 3: Descripción de variables para el cálculo aproximado del consumo intermedio en el Formulario 101	36
Tabla 4: Descripción de variables para el cálculo aproximado de la producción en el Formulario 101	37
Tabla 5: Interpretación de la centralidad de intermediación	39
Tabla 6: Resumen estadístico de centralidad de intermediación. Periodo 2008-2011	39
Tabla 7: Interpretación de la centralidad de grado	42
Tabla 8: Resumen estadístico de centralidad de grado.....	42
Tabla 9: Interpretación de la centralidad de grado de salida.....	43
Tabla 10: Resumen estadístico de centralidad de grado de salida. Periodo 2008-2011	43
Tabla 11: Interpretación de la centralidad de grado de entrada.....	45
Tabla 12: Resumen estadístico de centralidad de grado de salida. Periodo 2008-2011	45
Tabla 13: Correlación entre valor agregado y los índices de centralidad.....	47

Resumen

En el proceso de creación de valor las empresas forman redes, basados fundamentalmente en las relaciones proveedor-comprador. La red, en general, es direccionada y acíclica, es decir la relación es de compra-venta, y no se generan ciclos en la generación de valor. Las relaciones comerciales empresariales crean valor a través de los intercambios de insumos, bienes finales, servicios, etc. Usando esta estructura de red se puede analizar el flujo de bienes y servicios; la existencia de fallas de mercado; los sectores en dónde hay competencia; y sobre todo, la posición de las empresas en el entramado productivo global y la relación con la generación de valor. Para construir la red empresarial del Ecuador, se usaron los datos del Anexo Transaccional Simplificado, registros del Formulario 101 y los datos del Registro Único de Contribuyentes, suministrado por el Servicio de Rentas Internas, desde el año 2008 al año 2011. Para analizar la posición y/o “centralidad” de las empresas en la red, se usa el enfoque de la teoría de redes, el cual permite ver a la cadena de valor como una red de valor. Los principales indicadores que determinan el posicionamiento de las empresas en la estructura productiva son la Centralidad de Grado y la Centralidad de Intermediación. El primero hace referencia al nivel de transaccionalidad de las empresas y el segundo es una medida de asociatividad o influencia de las empresas.

1. Introducción

La estructura y dinámica de las interrelaciones empresariales que se forman en la economía permiten la comercialización de productos, es decir, la compra y venta de insumos, de bienes o de servicios finales; y da lugar a la creación de valor en los procesos de transformación que existen en las cadenas de producción, inclusive no necesariamente debe existir cambio en la materia prima que podría ser procesada. Debido a la importancia de las relaciones inter-empresariales y generación de valor, el estudio de los procesos productivos entre las diferentes empresas es relevante en la medida que permite caracterizar bajo otra perspectiva la estructura productiva del país.

En los últimos años, entidades públicas como el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), buscan la manera de generar asociatividad entre las micro, pequeñas y medianas empresas con la finalidad de responder a los retos empresariales internacionales. La búsqueda de conformación de alianzas empresariales es un punto relevante al momento de la búsqueda de aumento de la producción de bienes y servicios, además de su potencialización. Dicho de otra manera, analizar las cadenas o redes de valor en los complejos empresariales, permite observar las nuevas estructuras empresariales que se han ido formando y sus dinámicas. La capacidad de análisis de estas dinámicas dependerá de los criterios de clasificación con los cuales se vayan a realizar los estudios, pues no es la misma estructura del entramado productivo si se analiza por tamaño de industria que si se analiza por rama de actividad o por ubicación geográfica. Los nuevos lazos empresariales se los ha ido impulsando con la finalidad de lograr mejores formas de desarrollo, promoviendo mayor poder de negociación en la compra-venta de insumos o materia prima y su promoción conjunta.

La relevancia del presente documento desde el punto de vista académico, económico y social, es el estudio del comportamiento del valor agregado de las industrias ecuatorianas de acuerdo a la rama de actividad o tamaño de empresa, con la finalidad de diagnosticar la evolución de su comportamiento mediante los conceptos de centralidad de la teoría de redes. Los resultados de esta investigación permitirán reflejar una parte de la realidad, que los enfoques tradicionales de cadenas de valor y encadenamientos productivos

no observan, obviamente con las limitaciones de información y supuestos que mantienen los modelos económicos, la situación empresarial, las políticas macroeconómicas y sociales que tiene el Ecuador. Además, permitirá observar características tanto de la oferta como de la demanda de bienes y/o insumos como principales productos de comercialización dentro del entramado productivo. Sin embargo, es necesario entender a la economía como un conjunto de sectores que se encuentran interactuando entre sí de manera permanente y compleja, no de manera lineal. (Montilla y Matzavracos, 2008).

La relevancia de la teoría de redes radica en que permite observar a la tradicional cadena de valor, no de una manera lineal, sino desde una perspectiva más real y compleja considerada *red de valor*. Los índices de centralidad a ser utilizados de la teoría de redes son: i) La Centralidad de grado (vistas como una medida de transaccionalidad) y, ii) La Centralidad de Intermediación (medida de asociatividad o influencia de las empresas de acuerdo a posición en la red). Estos índices, caracterizan a las empresas y determinan la posición de las mismas dentro de la estructura productiva, pues su localización en el proceso productivo da cuenta del nivel de generación de valor que puede o no tener la empresa en el entramado empresarial.

Bajo este sentido, la investigación se encuentra orientada a mostrar otra perspectiva diferente de los lazos comerciales de las empresas. La intuición económica de los índices de centralidad, reflejan la ubicación y/o posición dentro del entramado productivo de las empresas en función de su valor agregado. Este enfoque de la teoría de redes es un nuevo aporte hacia el análisis de la estructura empresarial ecuatoriana.

Cabe señalar que, es posible encontrar estudios de cadenas de valor de productos específicos, como la palma africana, cacao, inclusive sobre sectores productivos como el textil. Pero la presente investigación estudia la estructura empresarial en su conjunto, de tal manera que se observa las relaciones de compra-venta de las empresas, agregadas en las diferentes ramas de actividad desde un enfoque de redes, el cual permite dar una visión más amplia de los lazos empresariales que tiene el entramado productivo global.

2. Marco teórico

El propósito del capítulo es presentar la revisión de literatura y los aspectos teóricos referentes a los encadenamientos productivos, cadenas de valor y teoría de redes. En la primera parte, desde un enfoque clásico, en el cual se analiza a Hirschman, Chenery & Wanatabe y Rasmussen como los principales exponentes del tema; y en una segunda parte del capítulo, se propone complementar este análisis clásico con el enfoque de la teoría de redes, que hasta ahora no ha sido empleado para este tipo de análisis.

2.1. Cadenas de valor y encadenamientos productivos

Una cadena de valor es aquel agregado de insumos, actividades, información, o incluso productos, entre otros aspectos, que componen el proceso productivo de un bien o servicio. Los bienes y/o servicios pueden tener la naturaleza de consumo final, es decir bienes que son comercializados directamente con el consumidor final y no existen intermediarios en la cadena de distribución, o son bienes y/o servicios que son utilizados como insumos para la fabricación de otros productos. Tal como señala Porter (1985), una cadena de valor, desde el punto de vista de la eficiencia, conforma aquellas actividades que incorporan valor al bien o servicio final. Estas actividades nacen desde una etapa inicial de producción, pasando por la distribución y finalmente, por la comercialización.

El uso de cadenas de valor es un concepto lineal y tradicionalmente utilizado en el análisis de productos específicos. Por ejemplo, se agrega valor a la semilla cuando se la cultiva y se convierte en trigo. El trigo, a su vez, puede ser transformado en harina para procesarse como pan y satisfacer el consumo final. Este ejemplo muy sencillo permite comprender intuitivamente, la linealidad en el análisis que existe entre cadenas de valor y encadenamientos productivos. El encadenamiento, hace referencia a las dinámicas de los sectores que se encuentran involucrados en la cadena de valor, continuando con el mismo ejemplo y generando analogías, el trigo pertenece al sector primario, la harina al sector secundario y la demanda de pan al sector terciario. Como se puede intuir, un aumento de la demanda de pan, va a influir en incrementos en el procesamiento de harina, y por ende, dilataciones en la producción de trigo.

No obstante, los procesos productivos que son llevados a cabo por las industrias, generan “redes de valor”. Esta red de valor tiene como dinámica diversos productos y empresas de diferentes ramas de actividad que interactúan entre sí en la formación de bienes de consumo final o intermedio. Por tanto, es la teoría de redes la cual permite vislumbrar la red de valor, como un concepto más general, que permite entender cuáles son las ramas de actividad, inclusive dependiendo del nivel de desagregación, ver cuáles son las empresas que generan mayor valor agregado en el proceso de producción. Este concepto se lo analiza en una sección posterior.

Marshall (1890) y Hirschman (1958) hablan sobre los encadenamientos productivos entre empresas y sectores en un ámbito espacial determinado; y sus externalidades estáticas y dinámicas que impulsan el crecimiento económico. El ámbito espacial es muy importante dentro de los encadenamientos productivos puesto que, refleja los lazos (costos de transporte, dotación de recursos naturales, movilidad de los factores productivos, etc.) que pueden existir entre las empresas de los diferentes sectores o ramas de actividad que existen en el país. Las externalidades dinámicas tienen un carácter irreversible, lo cual refleja los denominados *knowledge spillovers* o desbordamientos de conocimientos tecnológicos, los que, a su vez, inciden en la eficiencia de las empresas en términos de costos o de calidad; mientras que las externalidades estáticas tienen un carácter reversible, es decir muestran los lazos de carácter interindustrial o *linkages*, cuyos efectos son temporales debido a que desaparecen cuando cesa la externalidad (Callejón y Costa, 1996). Por tanto, la generación de valor se encuentra ubicado dentro del encadenamiento productivo, el cual está sujeto a su vez, a la estructura empresarial que posee un país, y esta se encuentra determinada por las relaciones empresariales de compra y venta de bienes (productos, insumos) o servicios, y en su conjunto, muestran patrones de comportamiento que caracterizan a la red empresarial.

A continuación, se analizarán al menos tres enfoques teóricos, que muestran la relevancia de los encadenamientos productivos y las cadenas de valor que son vigentes hasta la actualidad.

2.1.1. Hirschman

Los modelos neoclásicos (Solow, 1956; Swan, 1956; Meade, 1961, entre otros) plantean que la acumulación de capital constituye el elemento central para explicar el crecimiento, mientras Hirschman identifica los sectores o ramas de actividad que generan un efecto dinamizador sobre las demás industrias, esto es, un mayor “arrastre” sobre las demás empresas que se encuentran ligadas a su alrededor.

La propuesta central de Hirschman consiste en focalizar las nuevas inversiones en función de los *eslabonamientos* o encadenamientos productivos, los mismos que son vistos como herramientas de ampliación y diversificación de las actividades productivas (Vega, 2008), a diferencia de los modelos neoclásicos, que se enfocan en la acumulación general de capital y el efecto multiplicador que tiene la inversión dentro de la economía.

Este hecho pone de manifiesto la relación o interdependencia entre las empresas que componen los diferentes sectores. Por ejemplo, la empresa A perteneciente al sector i , le vende productos (bienes o insumos) a la empresa B que es parte del sector j , la misma que puede continuar con las relaciones comerciales entre una empresa C del sector k y así, sucesivamente. Esta secuencia comercial, es fundamental, en la medida en que permite observar cuales son las empresas clave o de mayor centralidad en valor agregado dentro del entramado productivo. Es decir, desde el enfoque de la teoría de redes, una empresa central es aquella que tiene un alto grado de transaccionalidad y/o se ubica como intermediario en la comercialización de bienes y servicios.

Al continuar con la lógica de Hirschman, puntualiza dos criterios más a su análisis sobre los efectos que causa la inversión en determinadas ramas y/o industrias los cuales son: los encadenamientos hacia adelante y encadenamientos hacia atrás.

- **Encadenamientos hacia atrás (insumo abastecimiento):** Es aquel efecto de demanda intermedia que tiene un sector (empresa) sobre otro. Es decir, se cuantifica el efecto de la demanda final de una rama de actividad sobre las demás.
- **Encadenamientos hacia adelante (producción utilización):** Es aquel efecto de oferta intermedia que tiene un sector (empresa) sobre otro. Es decir, se cuantifica el

efecto de la oferta final de una rama de actividad sobre las demás (Hirschman, 1958).

Es necesario tener en cuenta que, a la hora de realizar una decisión de inversión o política pública que impulse la dinamización de un sector o una empresa, son los eslabonamientos hacia atrás, los que indican cuáles son aquellas industrias que proveen de bienes intermedios a las demás industrias (López y Semitiel, 2005; Pino, 2004). Por lo general, son las empresas y/o industrias no primarias o empresas del sector secundario, las que provocan este tipo de encadenamientos. Por tanto, una primera relevancia de los encadenamientos hacia atrás radica en el impacto que genera el sector secundario sobre el primario. De acuerdo a la evidencia empírica, el sector terciario y secundario son los que tienen mayores niveles de encadenamiento hacia atrás.

Para identificar los efectos de los eslabonamientos y/o encadenamientos, se hace uso de la Matriz Input-Output (MIO)¹, la cual permite observar las transacciones que se realizan entre los sectores de una economía. Al dividir el valor de cada insumo para el valor bruto de producción, se obtiene los denominados *coeficientes técnicos* los cuales representan los requerimientos de insumos de las ramas de actividad (Schuschny, 2006).

Una de las principales críticas que tiene la MIO, hace referencia a la simplicidad de los coeficientes técnicos que reflejan las relaciones que tienen las industrias. Estos coeficientes no recogen otros aspectos importantes como: los sociales, los culturales, etc. (Stumpo, 1996). No obstante, este aspecto fue confirmado mucho antes por Hirschman (1958), quien considera que las relaciones interindustriales no solamente son técnicas, sino también son acuerdos comerciales, éticos, de valores, etc.

2.1.2. Chenery & Wanatabe

Dentro de los principales análisis de eslabonamientos productivos, que permiten cuantificar dichas relaciones, es el método de Chenery & Wanatabe (1958). Estos índices buscan observar cómo afecta o incide la demanda de una unidad extra de producción que realiza el sector k

¹ Ver Anexo: Matriz Insumo-Producto

sobre los demás sectores económicos. Un eslabonamiento es relevante cuando se compara y supera el valor de la media $(\bar{\mu}, \bar{\omega})$. (Vega, 2008).

La formalización matemática de esta metodología se basa en dos criterios, los encadenamientos hacia adelante y los encadenamientos hacia atrás:

- **Eslabonamiento hacia atrás:** es aquel que mide la utilización de insumos intermedios por parte de cada rama respecto al total de su producción.

Definición 1: Eslabonamiento hacia atrás

$$\mu_j = \frac{\sum_i y_{ij}}{Y_j}$$

Dónde:

y_{ij} es la venta de los insumos intermedios de la rama i a la rama j (o la utilización de insumos intermedios que hace la rama j proveniente de la rama i).

Y_j es la producción total de la rama j .

- **Eslabonamiento hacia adelante:** es el destino intermedio de los productos de cada rama respecto al total de los destinos.

Definición 2: Eslabonamiento hacia adelante

$$\omega_i = \frac{\sum_j y_{ij}}{Y_i}$$

Dónde:

y_{ij} es la venta de los insumos intermedios de la rama i a la rama j (o la utilización de insumos intermedios que hace la rama j proveniente de la rama i).

Y_i es el producto total de la rama i .

En la Tabla 1, se sintetiza la interpretación metodológica de los índices propuestos por Chenery & Wanatabe, la cual indica los tipos de sectores y características que se pueden encontrar en la economía al aplicar esta metodología, dónde el valor umbral es la media de los encadenamientos hacia atrás $\bar{\mu}$ y hacia adelante $\bar{\omega}$.

Tabla 1: Metodología de Chenery & Wanatabe (1958)

	$\mu_j < \bar{\mu}$	$\mu_j > \bar{\mu}$
$\omega_i < \bar{\omega}$	Sectores independientes: <ul style="list-style-type: none"> • Empleo de pocos insumos. • Satisfacen demanda final. 	Sectores con fuerte arrastre: <ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo intermedio. • Satisfacción demanda final. • Afectan de manera significativa el crecimiento económico global. • Grandes posibilidades de inducción de actividades.
$\omega_i > \bar{\omega}$	Sectores base: <ul style="list-style-type: none"> • Baja demanda por insumos. • Satisfacen demanda por insumos intermedios de otros sectores. 	Sectores clave: <ul style="list-style-type: none"> • Demandan y ofrecen grandes cantidades de insumos intermedios. • Parte importante del flujo del sistema económico.

Fuente: Arón y Martínez – Pellégrini (1999, 45) y Soza (2004, 64)

Elaborado por: Autor

No obstante “...la desventaja de utilizar coeficientes directos de la MIO que, si bien facilita la comparación entre ramas o sectores, no puede incluir efectos indirectos entre estas. Los efectos indirectos solo pueden cuantificarse mediante el uso de la matriz inversa...”, además “...los coeficientes obtenidos no permiten distinguir entre unos muy concentrados en pocas ramas o muy difundidos entre muchas de ellas.” (Arón y Martínez – Pellégrini, 1999). Se entiende por efectos indirectos a todos aquellos aspectos que no participan en la relación de compra-venta que existen entre los sectores económicos.

Otra crítica principal de estos índices, es que no consideran pesos o ponderaciones, lo que genera un problema a la hora de realizar analogías de la capacidad relativa que tienen los sectores para estimular otras ramas de actividad (Soza, 2004). Es decir, el uso de ponderaciones refleja de manera más adecuada el flujo transaccional que tienen las empresas o individuos entre sí, debido a que una empresa no compra en igual proporción sus insumos a otras empresas.

Por tanto, una ventaja al utilizar la teoría de redes a través de sus índices de centralidad y amplios conceptos de interrelaciones individuales es que permiten ponderar las relaciones de compra y venta, pues el número de compras y/o ventas y el monto de la transacción, generan pesos a cada una de las relaciones comerciales que realizan las empresas. Es así, que el análisis de redes proporciona una mejora en la caracterización de las relaciones empresariales.

2.1.3. Rasmussen

Rasmussen (1956), crea otra alternativa de medición relativa para los encadenamientos productivos. Esta metodología de cálculo hace referencia al poder y sensibilidad de dispersión. Ambos índices parten de la matriz de Leontief cuyo objetivo es la aproximación de los efectos relativos de los eslabonamientos (tanto hacia adelante como hacia atrás).

- **Poder de dispersión (PD):** De acuerdo a Rasmussen, “el índice de poder de dispersión describe la expansión relativa sobre que un aumento de la demanda final de los productos de la industria j se dispersa a través del sistema de industrias” (Rasmussen, 1956: 200). En otras palabras, permite observar el alcance que una expansión de la industria j provoca sobre las demás industrias (efecto arrastre).

Definición 3: Poder de dispersión

$$PD_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_i a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j a_{ij}}$$

Dónde:

n = Es el número de elementos de la fila i o columna j .

n^2 = Número total de elementos de la matriz.

$\sum_i a_{ij}$ = Suma vertical de los elementos de la columna.

$\sum_i \sum_j a_{ij}$ = Suma de todos los elementos de la matriz.

“Si el Poder de Dispersión es mayor a 1, significa que la rama de actividad es altamente interconectada. Un incremento en su demanda influye sobre las restantes ramas, incidiendo positivamente en la producción y en el crecimiento, caso contrario sucede cuando el Poder de Dispersión es menor a 1, refleja que el encadenamiento será débil y el impacto sobre la economía es poco significativo” (Pino, 2004).

- **Sensibilidad de dispersión (SD):** De acuerdo a Rasmussen (1956), expresa la representatividad que tiene el sistema de industrias sobre la industria i . Esto significa, cuan afectada es la industria i por una expansión en el sistema de industrias.

Definición 4: Sensibilidad de dispersión

$$SD_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_j a_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j a_{ij}}$$

Dónde:

n = Es el número de elementos de la fila i o columna j .

n^2 = Número total de elementos de la matriz.

$\sum_j a_{ij}$ = Suma horizontal de los elementos de la fila.

$\sum_i \sum_j a_{ij}$ = Sumatoria de todos los elementos de matriz.

“Si la Sensibilidad de Dispersión es mayor a 1, refleja que el sector i -ésimo expande su producción intermedia en mayor proporción que la media del sistema productivo cuando la demanda final de todos los sectores aumenta en una unidad y que, por lo tanto, se trata de un sector con un fuerte efecto de arrastre hacia delante” (Pino, 2004: 72).

En la Tabla 2, se indica la interpretación metodológica de los valores de ambos coeficientes en la clasificación de las empresas o ramas de actividad dentro de la economía:

Tabla 2: Índices de Rasmussen (1956)

	$PD_j > 1$	$PD_j < 1$
$SD_i > 1$	<p>Sectores claves:</p> <ul style="list-style-type: none"> El efecto de arrastre es superior a la media tanto de un sector i/j sobre los demás y viceversa. 	<p>Sectores estratégicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> El efecto arrastre es inferior a la media de un sector i/j sobre los demás, pero con mayor efecto de los demás sobre el sector i/j. Estratégico hace referencia a que son sectores que pueden constituir posibles estrangulamientos del sistema económico.
$SD_i < 1$	<p>Sectores impulsores de la economía:</p> <ul style="list-style-type: none"> El efecto de arrastre es superior a la media de un sector i/j sobre los demás sectores, pero inferior al efecto de los demás sectores sobre el sector i/j. Produce efectos mayores sobre la economía que los efectos que se centran en él. 	<p>Sectores islas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Son las ramas de actividad donde ambos índices son menores que la media. Son sectores poco importantes. No tienen efectos de arrastre significativos, ni reaccionan en forma importante ante el efecto de arrastre provocado por variaciones en la demanda de otros sectores.

Fuente: Parra, J. C. y Pino, O. (2008).

Elaborado por: Autor

Con el enfoque de redes se puede observar el efecto que pueden tener las relaciones empresariales, puesto que esta nueva metodología permite observar en detalle cómo están conectadas las empresas y cuál de ellas es la que genera mayor demanda u oferta en las relaciones comerciales.

En suma, el análisis de redes ofrece una nueva descripción complementaria del comportamiento empresarial en función de la ubicación o posición en la que se encuentra una empresa/industria y permite observar los efectos directos (transaccionalidad en compras y ventas directas que tiene la empresa con las demás empresas) que pueden darse antes variaciones en sus ofertas y demandas, y los efectos indirectos (intermediación en las compras y ventas que tienen sus compradores o proveedores, respectivamente). Además, como se mencionó en epígrafes anteriores, esta metodología ofrece una mayor *transparencia* en la participación de las relaciones comerciales individuales de las empresas.

Una vez identificados los encadenamientos productivos desde su punto metodológico, se da paso a la conceptualización de las cadenas de valor, pues este concepto no puede estar desligado de los eslabonamientos,

2.1.4. Cadena de valor

El uso del término “cadenas de valor” (Kaplinsky R.; Morris M., 2000), debe ser entendido como:

“...el conjunto de relaciones que describen los flujos y movimientos agregados entre agentes o grupos económicos en espacios específicos, con el objeto de comandar las relaciones físico-técnicas y sociales del ciclo de vida de un producto o servicio: su producción, su comercialización, su consumo; y, de ser el caso su reciclaje. Estos complejos productivos territoriales o cadenas de valor son espacios/sistemas de producción delimitados por la historia, la geografía y las relaciones sociales (culturales) que se establecen en un proceso de producción...” (Pazmiño et al., s/r)

Cadena de valor, es un concepto que analiza en forma integral, las relaciones que establecen los agentes (individuos y/o empresas) y las actividades que llevan adelante en un espacio social y territorial determinado para producir un bien o servicio (de consumo final o insumo). El enfoque de cadena de valor vincula el entendimiento de los determinantes de la producción, comercialización y consumo de manera integral. Hace referencia a todo el entramado de relaciones físico, técnicas, y sociales que se establecen de manera complementaria y sinérgica en la prestación o producción de un servicio o un bien. Por tanto, tiene en cuenta la relación empresa/conjunto de empresas interconectadas; empresa/espacio territorial; empresa/mercados; empresa/financiamiento; empresa/empleo; empresa/medio ambiente, etc. Además, permite un ejercicio de la política económica mucho más eficiente y eficaz en términos de los incentivos para impulsar el desarrollo tecnológico; “logra una conexión inteligente en los mercados mundiales e incluso permite entender las complejidades de la distribución de ingresos o rentas implícitas en los procesos de producción” (Kaplinsky R., Morris M., 2000; Pazmiño et al, s/r).

Desde la perspectiva de toma de decisiones, la cadena de valor permitiría identificar las posibilidades de obtención de: eficiencia productiva, flexibilización industrial, explotación de economías de escala, distribución de la renta y, en la posibilidad de

desarrollar nuevos productos y/o nuevos procesos productivos mediante el aprovechamiento de las ventajas de las interdependencias organizacionales y estratégicas. Las aglomeraciones o *clusters* industriales se autoreforzan progresivamente, debido a los rendimientos crecientes a escala y por los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante que se reproducen; lo que la CAN llama “ventajas de localización” y que dan paso a crecimientos urbanos, a expansiones industriales e incluso a particulares estrategias de desarrollo regional (CAN, 2003).

La concentración geográfica de las actividades productivas o los denominados *clusters*, originan algunos efectos positivos como: reducción de los costos de producción y transporte, atracción o creación de nuevas empresas con actividades complementarias o similares, presencia de servicios especializados y acumulación de conocimientos específicos mediante los desbordamientos tecnológicos o también conocidos como *knowledge spillover*, mercados del trabajo especializados, etc. Pero, también producen otros “efectos de expulsión, (congestión, contaminación, exclusión) por los rendimientos marginales decrecientes aplicados a algunos de los vectores del desarrollo (tierra, transporte, medio ambiente, desplazamientos poblacionales, presión urbana, etc.); los que no deben descuidarse a la hora del diseño del ejercicio de la política económica” (Pazmiño et al, s/r).

Con el análisis y uso de la teoría de redes, se crea la *red de valor*, la cual es una generalización de las cadenas de valor. Es decir, una identificación en dónde se produce y quién produce el valor agregado; bajo características de transaccionalidad e intermediación, se puede establecer la proporción de valor que generan las ramas de actividad. En suma, el concepto de cadena de valor es complementado con el enfoque de la teoría de redes, el cual permite generalizar esta definición de manera más completa y no solamente desde el punto de vista de un solo producto o industria como son los casos de estudios tradicionales, sino desde la complejidad misma de la realidad económica y productiva del país.

2.2. Teoría de Redes

La intuición más básica de una red es la interacción que existe entre los individuos de un conjunto, a través de los lazos económicos o sociales que puedan existir. La teoría de redes nace de la interrelación de corrientes teóricas del pensamiento como: la antropología, la psicología, la sociología, la matemática, las ciencias de la computación, la biología, entre otras. Kurt Lewin, introduce el comportamiento de los agentes dentro de un espacio social. A continuación, Jacob Levy postula una nueva línea de estudio denominada *sociometría* encargada del estudio de la estructura de grupos.

Las redes se involucran en nuestra vida social y económica. Estas juegan un papel central en la transmisión de información y, son fundamentales para el comercio de muchos bienes y servicios. Dentro de las innumerables formas en que las estructuras de la red inciden en nuestro bienestar es fundamental comprender: i) como la estructura de red social impacta en el comportamiento y, ii) que las estructuras de red surgen en una sociedad. Por ejemplo, el modelo más básico de formación de la red que suele suponerse corresponde a un proceso totalmente aleatorio,² responsable de la formación de los vínculos o enlaces de una red. Las estructuras de estas redes aleatorias proporcionan alguna información sobre las propiedades que algunas redes sociales y económicas tienen (Jackson, 2010).

Según Jackson (2010), las principales propiedades que van a ser estudiadas permiten responder varias preguntas como: cuántos enlaces se distribuyen entre los diferentes nodos, cómo conectar la red en términos de capacidad de encontrar caminos de un nodo a otro, cuáles son las longitudes de los trayectos medios y máximos, cuántos nodos aislados existen, entre otras.

Easley & Kleinberg (2010) al igual que Jackson (2010), señala que bajo una perspectiva de la teoría de grafos junto a la teoría de redes, dichas propiedades pueden ser observadas en los lazos. Estos pueden ser fuertes o débiles, los primeros son de aquellos que cumplen con dos características: estrechos y frecuentes; mientras que los lazos débiles, reflejan vínculos más informales y diferentes. Además, los lazos débiles pueden actuar

² Las redes aleatorias servirán como un punto de referencia muy útil contra las que se contrasta las redes observadas.

como “atajos” que vinculan diferentes partes del mundo, este fenómeno se le conoce como *los seis grados de separación*.

Un entorno natural de exploración de la teoría de redes y grafos se enfoca a la interacción que existe en las actividades económicas, vínculos que existen entre compradores y vendedores, relaciones comerciales, inclusive en los movimientos crediticios de los bancos y sus prestatarios. En conjunto con la Teoría de Juegos, brindan un análisis no solamente de la estructura de la red, sino un estudio del comportamiento de la conducta individual debido a que existen entornos donde los resultados dependen de la conducta de otros individuos. Por ejemplo, las estrategias de rutas que puede tomar un conductor no solo depende del destino sino también de las decisiones de otros conductores y, los pagos que reciben en este caso será el tiempo de viaje resultante. Un claro ejemplo es la representación de la red de comercio internacional de 28 países, donde se indica el tamaño de cada país (nodos) correspondiente a su nivel de comercio y el espesor de cada enlace representa la cantidad de comercio entre ellos.³ Al referirse espesor se representa pesos que tienen los vínculos comerciales (los cuales tienen dirección) de los países, hecho que será analizado en epígrafes posteriores.

Una primera intuición para la formación de redes se origina en la búsqueda del mejor socio comercial y de las oportunidades comerciales. Esta intuición macroeconómica no solamente puede ser ajustada a nivel de países sino a un nivel más micro, en donde las relaciones comerciales existentes entre las empresas o industrias de cada país son un factor importante e influyente para el desarrollo.

Las redes reflejan las limitaciones del mercado, restringiendo el acceso de algunos participantes entre sí. Este tipo de condiciones pueden ser aspectos institucionales basados en regulaciones o limitaciones físicas como las condiciones geográficas, disponibilidad de recursos naturales, etc. Por tanto, la estructura de la red se codifica básicamente en función de la organización y a los vínculos comerciales, teniendo en cuenta su posición dentro de la red comercial. Inclusive, permite observar distorsiones del poder de intercambio económico

³ Ver Ilustración 1, tomado de Easley & Kleinberg (2010). Pp 10.

sobre las relaciones sociales, las cuales pueden tener sus orígenes en patrones de la red que forman las relaciones.⁴ (Easley & Kleinberg, 2010).

La teoría de redes se construye a partir de la teoría de grafos y la teoría de juegos. Estas son las teorías de la estructura y el comportamiento, respectivamente. La teoría de grafos es el estudio de la estructura de la red, mientras que la teoría de juegos proporciona modelos de conducta individual en entornos donde los resultados dependen de la conducta de otros. En el presente documento se centra el análisis en la teoría de grafos (Easley & Kleinberg, 2010).

2.2.1. Teoría de grafos

La teoría de grafos permite dar algunas ideas fundamentales para el análisis de las redes en términos teórico-gráficos. Una manera de ejemplificar la idea de los grafos es a través de la red de comunicación corporativa de correo electrónico en Hewlett Packard⁵, dónde se evidencia cómo las comunicaciones se equilibran y permanecen dentro de pequeñas comunidades y/o unidades de organización. Los lazos fuertes, representan a los contactos estrechos y frecuentes, los cuales tienden a ser incorporados en las regiones con mayor vinculación en la red; mientras que los lazos débiles, reflejan relaciones más informales y distintas, tienden a cruzarse entre regiones (Easley & Kleinberg, 2010).

Estas estructuras gráficas también capturan fuentes de conflicto dentro de un grupo. Por ejemplo, las relaciones que mantienen los fundadores de un club tienden a ser centrales en la red, con muchas conexiones. A nivel de industrias esto puede ser observado cuando las grandes corporaciones se separan y forman nuevas industrias muy similares entre sí. La teoría de grafos puede ser usada para describir estas dinámicas de conflicto o antagonismo en niveles locales.

⁴ La evolución de la población, nuevas ideas o productos, innovaciones tecnológicas, y convenciones sociales, nacimiento de nuevas empresas, dentro de un período de tiempo, establecen tendencias en los comportamientos de los individuos dentro de la red.

⁵ Ver Ilustración 2

Las redes pueden ser vistas bajo comportamientos dinámicos en el tiempo. Los individuos manejan patrones recurrentes establecidos por nuevas ideas, creencias, innovaciones, tecnologías, productos, convenciones sociales que continuamente aparecen y evolucionan. Este hecho describe como los individuos influyen en el comportamiento de los demás individuos. Pero también existen los efectos estructurales, los que vislumbran como una estructura de la red ofrece nuevas perspectivas sobre cómo tienen lugar estos tipos de influencia. Es decir, en muchos casos los individuos alinean su propio comportamiento con el comportamiento de sus vecinos más cercanos en la red, en lugar de buscar un comportamiento poblacional. El precio de mercado dentro de un mercado financiero funciona como un agregado de creencias de las personas acerca del valor de los activos que son objeto de comercio (Easley & Kleinberg, 2010).

Los conceptos básicos de la teoría de grafos son presentados en el Anexo de manera más detallada, sin embargo, las analogías que van a ser utilizadas en el presente documento parten de los nodos de la red, los cuales van a ser vistos como las empresas que se encuentran interconectados unas con otras mediante los lazos que, a su vez, son flujos comerciales existentes entre las empresas.

Para comprender de mejor manera la teoría de redes y grafos, es necesario introducir las medidas topológicas, las cuales caracterizan la estructura de la red. Esto será detallado en el siguiente capítulo de metodología.

3. Metodología de los índices topológicos de redes

En las últimas cinco décadas muchos han sido los académicos e importantes estudios que han consolidado la teoría de redes y sus diferentes aplicaciones. En esta sección se empieza describiendo los principales estudios enfocados a medidas de centralidad que permiten definir algunos de los índices, tanto en su metodología como aplicación.

La palabra centralidad desde un punto de vista general, debe ser entendida como el punto más céntrico de la red, aquel con el mínimo costo o tiempo para comunicarse con todos los demás puntos. Respecto al tiempo o a la eficiencia de costos, es un punto central

en la medida en que las distancias asociadas con todas sus geodésicas son mínimas. Distancias cortas significan menos transmisiones de mensajes, tiempos más cortos y menores costos (Hakimi, 1965; Sabidussi, 1966). En la segunda sección de este capítulo se encuentra una descripción de los índices y datos que van a ser utilizados en el presente estudio.

3.1. Revisión de literatura

Easley & Kleinberg (2010) y Jackson (2010) definen a un grafo como la forma de especificar las relaciones entre los nodos (individuos, empresas, industrias), unidos a través de aristas, arcos o *edges* (dinero, amistad, etc.). Estas representaciones pueden mantener vínculos con dirección o sin dirección.

Freeman (1977, 1979) realiza estudios en los que clarifica algunas medidas de centralidad en las redes sociales⁶. La primera medida de centralidad que explica es la centralidad de grado o *degree*, la cual fue construida por Nieminen's (1974) “medición que cuenta el grado o número de adyacencias para un punto, p_k ”, es decir que $\alpha(p_i, p_k)$ es igual a 1, si y solamente si, p_i y p_k están conectadas por una línea y 0 en caso contrario. A este primer índice, lo define como la importancia o la potencial actividad de comunicación que tiene un nodo.

Definición 5: Medida de centralidad basada en el grado

$$C_D(p_k) = \sum_{i=1}^n \alpha(p_i, p_k)$$

El segundo punto de vista de Freeman acerca de la centralidad, lo expresa a través de la intermediación o *betweenness*. Es una medida basada en la frecuencia de visita que puede tener un nodo en la conexión de otros nodos que tienen caminos cortos geodésicos en común. Es decir, la intermediación de un nodo es la capacidad de *influencia* que tiene sobre un grupo al ocultar o distorsionar la transmisión de la información, por ejemplo los

⁶ Se conserva las nomenclaturas de los estudios originales.

intermediarios entre productores y consumidores pueden distorsionar las relaciones comerciales. También es vista como medida de control de la comunicación.

Esta medición la realiza en términos de probabilidades de comunicación a través de $1/g_{ij}$ que indica el número de lazos geodésicos entre p_i y p_j . Pero, al tratarse de posibilidades de elección define $g_{ij}(p_k)$ como el número de lazos geodésicos que dependen de una probabilidad de selección.

Por tanto $b_{ij}(p_k) = \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}}$ es la probabilidad que el punto p_k , cae de forma aleatoria la selección del lazo geodésico de p_i con p_j .

Definición 6: Medida de centralidad de intermediación

$$C_B(p_k) = \sum_i^n \sum_j^n b_{ij}(p_k) \quad i \neq j \neq k$$

Ulrik Brandes (2001), plantea una nueva forma de calcular el índice de centralidad de intermediación (*betweenness*) para redes muy grandes, introduciendo algoritmos basados en la técnica de acumulación, los cuales son congruentes con los algoritmos de recorrido de los caminos más cortos.

La tercera medida que plantea Freeman en base a otros estudios (Bavelas, 1950; Beauchamp, 1965; Sabidussi, 1966; Moxley & Moxley, 1974; Rogers 1974), al igual que la anterior, parte del grado que tiene un nodo en la red. La intuición más simple y natural de entender la cercanía, proximidad o *closeness* de un nodo fue propuesta por Sabidussi (1966). Planteó que la centralidad de un punto se mide sumando las distancias geodésicas desde ese punto a todos los demás puntos del grafo. El *closeness* es una medida de “descentralidad” o centralidad inversa, ya que crece a medida que los puntos están muy separados, y la centralidad en este contexto significa la cercanía.

Tal como lo menciona Freeman, “la independencia de un punto está determinado por su *proximidad* a todos los demás puntos en el grafo”.⁷ También la cercanía puede ser vista como una medida de eficiencia. Este índice parte de $d(p_i, p_k)$ que es igual al número de aristas de los geodésicos entre p_i y p_k . Donde la medida de descentralidad de un punto p_k es

Definición 7: Medida de descentralidad de Sabidussi (1966)

$$C_C(p_k)^{-1} = \sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)$$

Dónde $C_C(p_k)^{-1}$ crece con el aumento de la distancia entre p_k y otros puntos. Es decir, es la centralidad inversa para el punto p_k . Freeman indica que esta medida tiene sentido en un grafo conexo, ya que en un gráfico sin conectar cada punto está a una distancia infinita de al menos otro punto. Por lo tanto, la centralidad de un punto se puede determinar por referencia a cualquiera de los tres atributos estructurales de ese punto: su grado, su intermediación, o su cercanía. La elección de un atributo estructural particular y su medida asociada depende del contexto de la aplicación. Por ejemplo, el interés por la actividad de comunicación o lazos sociales sugiere una medida basada en el grado; la necesidad en el control de la comunicación demanda de una medida basada en la intermediación; la preocupación por la independencia o la eficiencia conduce a la elección de una medida con base en la cercanía.

Esta familia de medidas de centralidad con base en el grado, la intermediación y, la cercanía genera una conceptualización intuitiva de la centralidad global de la red, la cual puede ser llevada a nivel de individuos y comparar sus características en el tiempo. Las medidas de centralidad sugieren o implican diversos puntos de vista. Por ejemplo, la competencia o liderazgo de las empresas se relaciona con su centralidad dentro de la red empresarial. Como se mencionó, la centralidad como control o independencia va a depender de la centralidad del nodo en la red.

⁷ Traducido de manera textual del estudio original. Freeman (1979)

Siguiendo la revisión de literatura de los más relevantes estudios de medidas de centralidad, se encuentra el de Phillip Bonacich (1972) quien realiza un primer estudio para calcular el nivel de popularidad en estructuras simétricas⁸ mediante el uso de ponderaciones, usando como factor solución los vectores normalizados. Este estudio genera un aporte adicional en la metodología, el cual radica en generar submatrices a partir de la matriz W (de ceros y unos, con elementos ceros en la diagonal principal), donde cada vector propio asociado al mayor valor propio, corresponde al nivel de popularidad para cada *clique*.

Años más tarde, Bonacich (1987), demuestra que el supuesto que la centralidad es equivalente a poder de control (Cook et al., 1983; Mizruchi, 1982; Mintz & Schwartz, 1985) el cual no necesariamente se cumple. Este autor propone una familia de medidas de centralidad generadas por dos parámetros α y β . El parámetro⁹ β refleja el grado en que el estado de un individuo es una función de los estados de aquellos individuos a quienes está conectado. Si $\beta > 0$, es una medida convencional de centralidad en la cual cada uno de los estados es una función positiva de los otros estados con los que están conectados. Si $\beta = 0$, es simplemente proporcional al grado de unidad i , el número de otros con los cuales esté conectado, independiente de su centralidad.

La limitación más importante es que esta medida sólo se preocupa por la importancia derivada de la red y hace caso omiso de todos los demás aspectos que pueden afectar a la centralidad o el poder de las unidades en una red positiva o negativamente conectado. Ejemplo de estos aspectos limitantes o problemas que tiene el índice de Bonacich es: i) No garantiza la correcta interpretación que requiere (vector propio $v \geq 0$); ii) No garantiza que la solución es única, es decir, siempre es posible especificar que, entre los vectores propios de solución $\{e_1, \dots, e_n\}$ tome como v ; iii) No garantiza comparación significativa, es decir requiere que al menos la red sea completamente homogénea y cada forma simétrica, los elementos de v pueden no tener todas el mismo valor, por lo tanto, es

⁸ Se define una matriz simétrica $A_{n \times n}$ aquella que cumple la condición $A^t = A$

⁹ La magnitud de β indica el grado al que se transmite la autoridad de ese nodo o comunicación de manera local o a la estructura como un todo.

considerada una solución “degenerada”¹⁰; iv) la incorporación de pares de información con respecto a la conectividad relativa “fuerza” o “pesos” necesita trabajar con una matriz de elementos de *intervalo de escala*, que la matriz de adyacencia A no es (Nacaskul, 2010: 6-7). La nueva notación matricial de esta nueva medida es:

Definición 8: Notación matricial del índice de Bonacich

$$c(\alpha, \beta) = \alpha(I - \beta R)^{-1}R1$$

Dónde R es la matriz de adyacencia, I la matriz identidad y 1 es un vector columna de unos. El parámetro α se selecciona de manera que $\sum_i c_i(\alpha, \beta)^2$, es decir que la longitud al cuadrado de $c(\alpha, \beta)$, es igual al número de unidades en la red. Si $c_i(\alpha, \beta) = 1$, significa que la posición i no tiene un grado poco usual, grande o pequeño, de centralidad con independencia del número de posiciones en la red.

Nacaskul (2010) basado en el estudio de Bonacich, señala el uso del vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz P en vez de la matriz de adyacencia. Esta matriz es la matriz de adyacencia ponderada, W , adicionalmente ponderada con el valor de la entropía de la exposición del nodo correspondiente. Los p_{ij} de la matriz P son definidos como:

Definición 9: Entradas de la matriz de adyacencia ponderada

$$p_{ij} = \left(1 + \frac{\tau_i}{\tau_{max}}\right) * \omega_{ij}$$

Donde τ_i es la entropía calculada sobre las filas de una versión normalizada de la matriz de adyacencia ponderada cuyas entradas son $\omega_{ij}^{norm} = \frac{\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}$

¹⁰ Todos los elementos tienen el mismo valor. Por su parte, la centralidad de vector propio es inútil cuando nos enfrentamos a una red de instituciones financieras cuya matriz de adyacencia es regular en términos del grado salida (*out degree*).

Definición 10: Entropía calculada sobre la matriz normalizada de adyacencia ponderada

$$\tau_i = \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^{norm} \ln(\omega_{ij}^{norm}) \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

Donde τ^{max} es el máximo valor posible para la entropía:

Definición 11: Valor máximo de entropía

$$\tau^{max} = - \sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \ln\left(\frac{1}{n}\right) = \ln(n)$$

Henggler-Muller (2006) indica que una institución financiera es importante dentro de la red financiera si cumple las siguientes características: i) posee muchos vínculos a otros miembros de la red (grado); ii) el monto total de sus activos, pasivos o de flujo en la red es muy grande (fuerza); iii) su fracaso podría transmitir el contagio a pocos pasos (proximidad); sus contrapartes son considerados también como relevante (*EigenVector* y *PageRank*) y; iv) hay muchos caminos que lo atraviesan (intermediación).

Bogartti (2005), señala las diferencias entre los diferentes objetos que pueden ser transportados dentro de una red, como por ejemplo, un libro de bolsillo, dinero, “chismes”, correos electrónicos, actitudes, infecciones, encomiendas, etc. y sus relaciones con la centralidad. Por ejemplo, el flujo de dinero en la economía no necesariamente se encuentra condenado a pasar una sola vez por cada nodo, ya que este fácilmente puede ir de i a j , luego de j a i , nuevamente de i a j , a continuación, de j a k , y así por n veces. Este comportamiento desde un punto de vista teórico gráfico se convierte en *paseos* en lugar de *senderos* en la red. Por tanto, el movimiento del dinero puede ser modelado como un proceso de Markov. Además, el autor expone interpretaciones de algunas medidas de centralidad como: bajo un contexto de flujo, el índice de cercanía es visto como el tiempo de espera hasta la llegada de algo que fluye a través de la red (Borgatti, 1995).

Bogartti & Halgin (2011), realizan un estudio de las afiliaciones sociales que consiste en analizar las afiliaciones de compañeros o similitudes entre los elementos de un

conjunto de nodos con respecto a sus perfiles a través de otro conjunto de nodos. Las similitudes son tratados como los lazos entre los nodos. Además, los autores dejan expuestos nuevos elementos que pueden ser incorporados a futuros análisis como es la dimensión temporal, mediante gráficos cambiantes con el tiempo, o actores ordenados en el tiempo.

Una vez realizada una breve revisión bibliográfica de las investigaciones relevantes sobre centralidad en la teoría de redes, es necesario plasmar las principales medidas topológicas.

3.2. Medidas topológicas de centralidad

Las siguientes medidas se refieren al concepto de centralidad, debido a su gran importancia dentro del ámbito de poder, de influencia, de independencia, de control, etc. Dentro de los principales autores que han definido conceptos y clasificado tipos de índices de centralidad se tiene a Sabidussi (1966), Freeman (1979), Borgatti & Everett (2006).

Las medidas de centralidad ofrecen la posibilidad de clasificar los nodos para asignarles una medida de relevancia en una red. Cuanto mayor es la centralidad, mayor es la importancia de un nodo dentro de la red. La interconexión es otra medida que está estrechamente ligada en la importancia sistémica como medida de centralidad. Sin embargo, la importancia sistémica y la centralidad no deben ser utilizados como sinónimos, debido a que la importancia sistémica es un concepto que involucra más aspectos que sólo la interconexión.

Por tanto, son importantes las medidas de centralidad puesto que describen la importancia de un nodo en la red. Dentro de las principales medidas se tiene:

- **Centralidad de grado o *degree*:** Es una medida que indica la importancia del nodo en función del número de aristas que conectan a otros nodos y como el quiebre o fracaso de uno de ellos influye en los demás. Una crítica que tiene esta medida es que no tiene en cuenta la importancia de los vecinos y el tamaño (peso). Se debe

indicar que esta medida de centralidad para nodos dirigidos, tiene dos interpretaciones: i) Los grados de salida u *outdegree* son los lazos de salida que tiene un nodo con todos los demás; ii) Los grados de entrada o *indegree* indica el número de lazos que llegan al nodo.

La centralidad de grado se define como:

Definición 12: Centralidad de grado

$$C_D(v) = d_v$$

- **Centralidad de intermediación o *betweenness*:** Este algoritmo fue propuesto por Brandes (2001) y está asociado a ser estratégicamente localizado en las vías de comunicación de otros nodos de la red. Un nodo con alta centralidad de intermediación tendría una influencia importante sobre otros nodos, ya que puede detener o distorsionar la información en la red del sistema. Se define como:

Definición 13: Centralidad de intermediación

$$C_B(v) = \sum_{i \neq v \neq j \in V} \frac{\sigma_{ij}(v)}{\sigma_{ij}}$$

- **Centralidad de proximidad, cercanía o *closeness*:** Esta medida tiene una interpretación de independencia en las redes en términos de comunicación. Un nodo de centralidad de proximidad alto depende menos de otros nodos intermedios. Está definido como:

Definición 14: Centralidad de proximidad

$$C_C(v) = \sum_{j \in V \setminus \{v\}} \frac{1}{d_G(v, j)}$$

Donde $d_G(v, j)$ es la longitud de la trayectoria más corta entre v y j .

Una vez terminada la revisión teórica, literaria y topológica acerca de las nociones de centralidad de la teoría de redes, en el siguiente apartado se hace referencia al tratamiento de las bases de datos.

3.3. Tratamiento de la data

La información que va a ser utilizada en esta investigación fue suministrada por el Centro de Estudios Fiscales (CEF), unidad perteneciente al Servicio de Rentas Internas (SRI). La fuente primaria de información de la cual parte el estudio de redes es el Anexo Transaccional Simplificado (ATS). El ATS es una base de información de la Administración Tributaria la cual se nutre de las declaraciones mensuales que presentan los contribuyentes especiales¹¹, las entidades del sector público, sociedades y personas naturales obligadas a llevar contabilidad y las no obligadas, etc. sobre la información de las compras o adquisiciones, ventas o ingresos (locales o extranjeros).

Otra fuente de información son los registros del Formulario 101 y 102 pertenecientes a las declaraciones a sociedades y personas naturales, respectivamente. La unión de estas fuentes de información permite establecer las relaciones comerciales que se registran en el universo de sujetos que mantienen un Registro Único de Contribuyente (RUC). Es decir, se observa las compras o ventas que realizan el comprador al proveedor (primera dirección) o las ventas del proveedor al comprador (segunda dirección).

En este caso, se utiliza la relación de *proveedor* a *comprador* debido a que el *informante* (o comprador) es quien reporta la *base imponible* y las retenciones que realiza al *informado* (o proveedor) de acuerdo al tipo de bien o servicio que es objeto generador del impuesto en la transacción. Por lo tanto, la primera limitación que debe ser indicada de las fuentes de información, es que no se puede determinar específicamente cuál es el tipo de

¹¹ De acuerdo a la definición del SRI: “Contribuyente Especial es todo aquel contribuyente (persona natural o sociedad), calificado formalmente como tal por la Administración Tributaria, que en mérito a su importancia económica definida en parámetros especiales, coadyuva a la recaudación efectiva de los tributos, sujetándolo a normas especiales con relación al cumplimiento de sus deberes formales y pago de los tributos.”

bien o servicio que fue comercializado ni la cantidad del mismo. Únicamente, se conoce el monto de la transacción.

Una vez identificadas las variables que van a ser utilizadas (proveedor, comprador y base imponible), se procede a limpiar errores de digitación que pueden existir en las bases de datos primarias en el registro de RUC de los agentes comerciales. De acuerdo a la estructura de las identificaciones nacionales, estas conservan una estructura de 13 dígitos, ya que los diez primeros caracteres pertenecen al número de cédula y los siguientes tres números son 001.

Por otra parte, la base contiene el registro de los vendedores internacionales hacia las empresas ecuatorianas. Estos registros permiten dar cuenta de las compras que se realizan al extranjero. Se debe tener en cuenta que el conjunto universo de observaciones presenta algunas características fundamentales que deben ser resumidas: i) Solo forman parte del estudio aquellos sujetos comerciales que tienen RUC; ii) No toma en cuenta la informalidad del mercado nacional; iii) Se registra la venta del extranjero hacia las empresas nacionales y viceversa; iv) No existe especificación del bien o servicio transado ni su respectiva cantidad, solo el valor pagado.

Una vez depuradas las bases primarias del ATS, Formulario 101 y Formulario 102. La información obtenida es usada para establecer la estructura adecuada para el cálculo de los índices de centralidad de acuerdo al software libre R Project. Además de la depuración de las bases de datos, fue clave la identificación de variables que permitan establecer una medida de aproximación del valor agregado para las empresas.¹²

3.4. Aproximación del cálculo del valor agregado

Es necesario puntualizar ciertos conceptos para la obtención del valor agregado. De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), el consumo intermedio es definido como “las materias primas (productos terminados y productos semielaborados),

¹² Ver en el Anexo: Tabla resumen información estadística bases de información

los gastos en combustibles, en energía eléctrica, agua, publicidad, estudios de mercado, transporte, almacenamiento, mantenimiento, seguridad, envases, etc.” (INECPedia).

Otra definición oficial de consumo intermedio es la señalada por las Naciones Unidas en el manual del Sistema de Cuentas Nacionales donde se define:

“2.40. El consumo intermedio incluye los bienes y servicios que son utilizados en su totalidad por los productores durante la producción de bienes y servicios correspondiente a un determinado período contable. 2.41. Los bienes durables que pueden considerarse como bienes de capital, dado que se utilizan como mecanismos de producción durante cierto número de años (sierras, palas, cuchillos, hachas, martillos y destornilladores, etc.) pueden incluirse dentro del consumo intermedio si sus precios son inferiores a cierto valor bajo. El criterio es determinado normalmente por la oficina estadística o la autoridad fiscal, en función de la etapa de desarrollo económico del país. 2.42. El **consumo intermedio excluye otros costos de producción, como los costos laborales, los costos financieros y los impuestos sobre la producción.** 2.43. Los costos laborales y financieros y los impuestos sobre la producción son costos para las empresas, pero en el SCN se consideran ingresos generados para la economía durante el proceso de producción.” (SCN 1993:20-21)

De acuerdo a las definiciones detalladas, y haciendo uso de las variables disponibles en las fuentes de información, se realiza una aproximación del consumo intermedio de la empresa i en el tiempo t de la siguiente manera:

Definición 15: Consumo Intermedio de la empresa i en el tiempo t (CI_{it})

$$CI_{it} = -\gamma_{1t} + CLNoP_t + MNoP_t - \gamma_{2t} + CLMP_t + CMMP_t + Lubr_t + Com_t \\ + Comb_{Lubr\ t} + Prom_{Publi\ t} + Sum_{Mat\ t} + Trans_t + OGFab_t$$

Las variables disponibles en el Formulario 101 se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Descripción de variables para el cálculo aproximado del consumo intermedio en el Formulario 101

	Código F101	Variable	Descripción
Materias Primas	(2000 - 1960)	$(-\gamma_{1t})$	Variación de costo de inventario de bienes no producidos por el sujeto pasivo
	1970	$CLNoP_t$	Costo de compras locales netas de bienes no producidos por la sociedad
	1980	$MNoP_t$	Costo de importaciones de bienes no producidos por el sujeto pasivo.
	(2040 - 2010)	$(-\gamma_{2t})$	Variación de costo de inventario de materia prima
	2020	$CLMP$	Costo compras locales netas de materias primas
	2030	$CMMP$	Costo importaciones materia prima
Costos	2640	$Comb_{Lubr\ t}$	Costo de combustibles y lubricantes
	2670	$Prom_{Publi\ t}$	Costo de promoción y publicidad
	2690	$Sum_{Mat\ t}$	Costo de suministros y materiales
	2710	$Trans_t$	Costo de transporte
	2110	$OGFab_t$	Otros gastos de fabricación

Fuente: Formulario 101, SRI

Además del cálculo del consumo intermedio de la empresa i en el tiempo t , es necesario hacer la correspondiente aproximación de la producción de cada empresa en el mismo periodo de tiempo.

Definición 16: Producción de la industria i en el tiempo t (P_{it}):

$$P_{it} = VNLtarifa_{12it} + VNLtarifa_{0it} + Exp_{it}$$

Tabla 4: Descripción de variables para el cálculo aproximado de la producción en el Formulario 101

	Código F101	Variable	Descripción
Ingresos	1800	$VNLtarifa_{12it}$	Ventas netas locales excluye activos fijos tarifa diferente de cero
	1810	$VNLtarifa_{0it}$	Ventas netas locales excluye activos fijos tarifa cero
	1820	Exp_{it}	Exportaciones

Fuente: Formulario 101, SRI

Finalmente, el cálculo del valor agregado por industria es la diferencia entre lo que produce y el consumo intermedio que tiene cada empresa. De esta manera, el valor aproximado del valor agregado de la empresa i en el tiempo t :

Definición 17: Definición de Valor Agregado de la industria i en el tiempo t (VA_{it}):

$$VA_{it} = P_{it} - CI_{it}$$

4. Consideraciones finales y recomendaciones

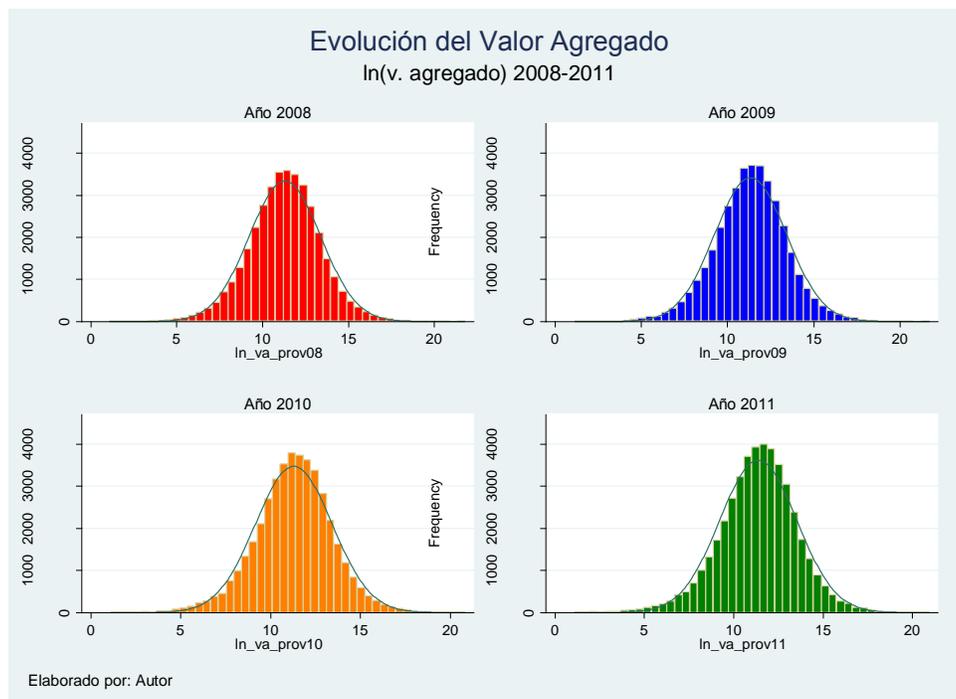
En el este capítulo se desarrollan los resultados finales y evolución de los índices de centralidad que fueron aplicados a la información. Los principales indicadores a ser descritos son: grado de salida, grado de entrada e intermediación; no se debe olvidar que el objetivo fundamental del presente documento es el estudio del valor agregado de las industrias registradas en el sistema tributario de la economía ecuatoriana con la finalidad de observar su comportamiento mediante los conceptos de centralidad de la teoría de redes. También, es necesario señalar que la hipótesis general a verificar es que las empresas con mayor centralidad, generan mayor valor agregado.

4.1. Consideraciones finales

En el Gráfico 1 se presenta la evolución de la distribución del valor agregado en los cuatro años de estudio. Como se evidencia, el valor agregado no genera cambios bruscos en su comportamiento, que podrían obedecer a variaciones de eficiencia en sus formas de

producción (implementación de nueva tecnología) o shocks externos que afecten el precio de las materias primas (locales o extranjeras). Además, es necesario indicar que existen en promedio 10.193 empresas que generan valor agregado cero, de tamaño micro, concentradas en Pichincha y Guayas.

Gráfico 1: Evolución del valor agregado. Periodo 2008-2011



La intuición de la intermediación empresarial o *betweenness* parte de la idea en que una empresa con alta centralidad de intermediación influye sobre las demás empresas en la distorsión del intercambio comercial o en el fomento de integración empresarial (ver Tabla 5).

Tabla 5: Interpretación de la centralidad de intermediación

Índice de centralidad	Interpretación
La centralidad de intermediación («betweenness centrality»)	<p>Una empresa con alta centralidad de intermediación tendría una influencia importante (central) sobre las demás empresas, ya que puede detener o distorsionar el intercambio comercial, por ejemplo ser la única empresa (monopolios, monopsonios, oligopolios, etc) comercializadora de un determinado bien, posibilita a que ésta genere control o poder de mercado sobre los proveedores y sobre los consumidores. Existen ramas de actividad en las que la intermediación tiene influencia sobre la red de valor, como es el caso de las industrias manufactureras o las actividades de comercio.</p> <p>Las empresas con alta intermediación también fomentan la integración empresarial, pues son las encargadas de unir a los agentes económicos mediante sus lazos comerciales de compra y venta.</p>

Elaborado por: Autor

En términos generales, existe un aumento o incorporación del número de sociedades en la red empresarial ecuatoriana al sistema tributario formal de la economía en el período de estudio, siendo sus porcentajes de crecimiento del 3.2% para el año 2009, 14.9% para el año 2010 y del 2.9% para el año 2011. Además, al observar el promedio de la centralidad de intermediación, ésta ha ido disminuyendo desde el año 2008 al año 2011. Esto se puede atribuir a que existen menos empresas que intermediarias, y mayor cantidad de empresas que se relacionan directamente con el consumidor final. (Ver Tabla 6)

Tabla 6: Resumen estadístico de centralidad de intermediación. Periodo 2008-2011

Estadísticos	2008	2009	2010	2011
Obs.	48404	49955	57415	59091
Media	0.0000457	0.000044	0.0000345	0.0000334
Min.	0	0	0	0
Max.	0.0514427	0.0509053	0.057003	0.0547893

Elaborado por: Autor

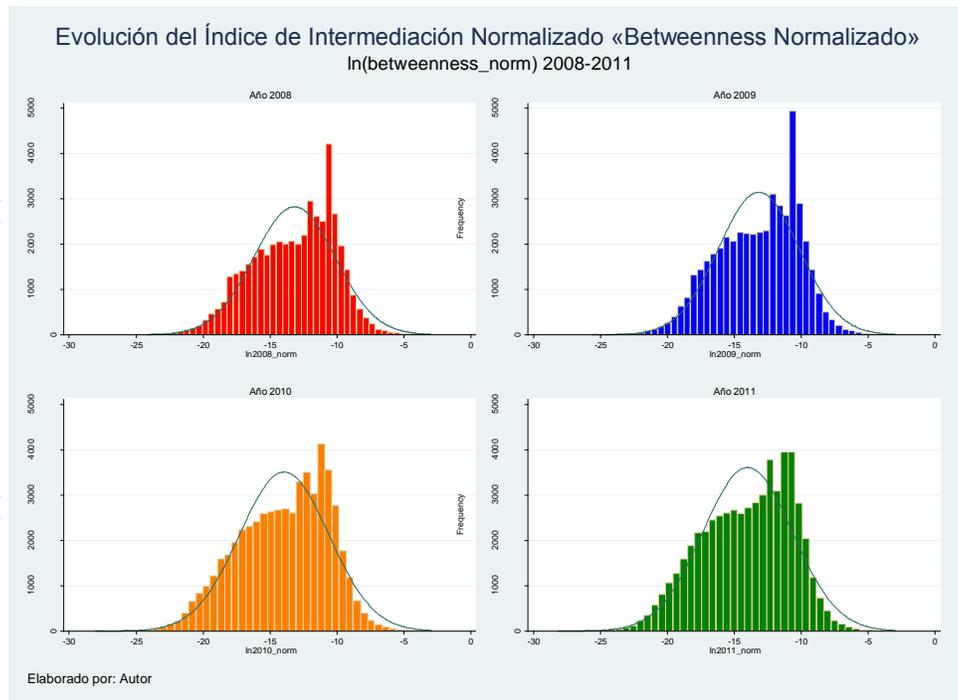
Al analizar, la correlación entre el valor agregado e intermediación, en la cola derecha de las curvas en el Gráfico 2, se observa que son cercanas a 1. Este hecho se debe a que el grupo empresarial se mantiene estable en el tiempo de estudio; además, son aquellas empresas que tienen mayor nivel de ingresos y por ende mayor valor agregado y

centralidad de intermediación. Es el caso de algunos grupos monopólicos de la red empresarial ecuatoriana.

La evolución del índice de intermediación se lo puede observar en el Gráfico 2, en el cual un hecho que llama la atención, son los picos en las frecuencias que salen fuera de la curva normal en los cuatro años de estudio. Estas formas peculiares en las curvas se encuentran explicados básicamente, por el número de empresas que mantienen este determinado nivel de intermediación de aproximadamente $4.38E-05$, el cual es superior a la media en los cuatro años de estudios y, a las características de las empresas localizadas en estos picos: son sociedades del sector privado concentradas en las ramas de actividad de: comercio al por mayor y al por menor; actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; industrias manufactureras; y transporte, almacenamiento y comunicaciones. Cabe indicar, que no son todas las ramas de actividad que existen en la economía ecuatoriana pero si son las actividades empresariales de mayor representatividad que existen en el Ecuador. Estas empresas, como la gran mayoría, se encuentran concentradas en las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay. Otro aspecto a señalar es que el 44.5% de la empresas ubicadas en estas áreas atípicas son de tamaño pequeño y el 30.5% son de tamaño micro.

Es necesario indicar que desde el año 2008 al año 2011, la representatividad de tamaños empresariales ha variado, disminuyendo las microempresas y aumentando las pequeñas y medianas empresas. Este comportamiento obedece a las estrategias de fomento empresarial y productivo que se vienen manejando por los entes rectores de políticas públicas.

Gráfico 2: Evolución del índice de intermediación normalizado. Periodo 2008-2011



La centralidad de grado o *degree centrality*, es una medida del volumen de transaccionalidad que existe entre la empresa i con la j , es decir refleja el número de transacciones, compras y ventas, que tienen las empresas.

En redes gigantes, como es el caso del universo de estudio que se está analizando en el presente documento, la centralidad de grado da cuenta de los lazos que se generan en el entramado productivo con empresas pertenecientes a diversas ramas de actividad. Este hecho permite observar el cómo se relacionan las empresas dentro de la red. En la Tabla 7, se presenta la interpretación del índice *degree*. La interpretación intuitiva de la centralidad de grado obedece al nivel de transaccionalidad que tiene una empresa, es decir al número de compras y ventas que tiene una empresa con las demás (ver Tabla 7)

Tabla 7: Interpretación de la centralidad de grado

Índice de centralidad	Interpretación
La centralidad de grado («degree centrality»)	<p>Indica el nivel de transaccionalidad global que tiene la empresa <i>i</i> con la empresa <i>j</i>, independiente del sentido del grafo.</p> <p>En grafos dirigidos: los enlaces de entrada (<i>in degree</i>) o de salida (<i>out degree</i>) de una empresa son el número de compras y ventas que ésta puede tener con las demás industrias de su entorno. Por ejemplo, el nivel de transaccionalidad que tiene la empresa frente a las compras que realiza a sus proveedores y ventas que realiza a sus demandantes.</p>

Elaborado por: Autor

Mediante la estadística descriptiva es posible observar que el flujo comercial de compras y ventas de las empresas ha ido aumentando paulatinamente en los años de estudio, a excepción del año 2009 (ver Tabla 8), cuya reducción se explica por la crisis internacional, la cual afectó notablemente las relaciones comerciales, exportaciones e importaciones de las naciones, no todas en igual magnitud. Este índice de transaccionalidad empresarial refleja el ámbito comercial de las empresas ecuatorianas y su ubicación dentro de la red desde un punto de vista de centralidad. Este índice debe ser complementado con un análisis pormenorizado por separado, es decir analizar las compras o *indegree* y las ventas u *outdegree*.

Tabla 8: Resumen estadístico de centralidad de grado

Estadísticos	2008	2009	2010	2011
Obs.	48404	49955	57415	59091
Media	0.00123402	0.00115376	0.00222152	0.0022564
Min.	0.00004132	0.00004004	0.00003483	0.00003385
Max.	0.31049728	0.42911479	0.76115584	0.81606025

Elaborado por: Autor

Las ventas empresariales u *outdegree* visto desde la teoría de redes tiene su intuición, la cual es presentada en la Tabla 9.

Tabla 9: Interpretación de la centralidad de grado de salida

Índice de centralidad	Interpretación
Centralidad de grados de salida (« <i>outdegree centrality</i> »)	Los grados de salida u <i>outdegree</i> significa cuan sociable es la empresa. Por ejemplo, una empresa que tenga un bajo nivel de centralidad en sus grados de salida o ventas, es poco sociable con la demás empresas lo cual refleja a su vez, "independencia" por una parte o de poca importancia dentro de la red.

Elaborado por: Autor

Los grados de salida presentan una tendencia creciente en promedio del nivel de ventas de las empresas ecuatorianas, salvo el caso del año 2009 que como se había explicado en párrafos anteriores, el efecto de la crisis internacional tuvo incidencia sobre las ventas de las empresas nacionales. Es necesario indicar, que este hecho se recoge en la variable de exportaciones en el cálculo del ingreso de las empresas ecuatorianas.

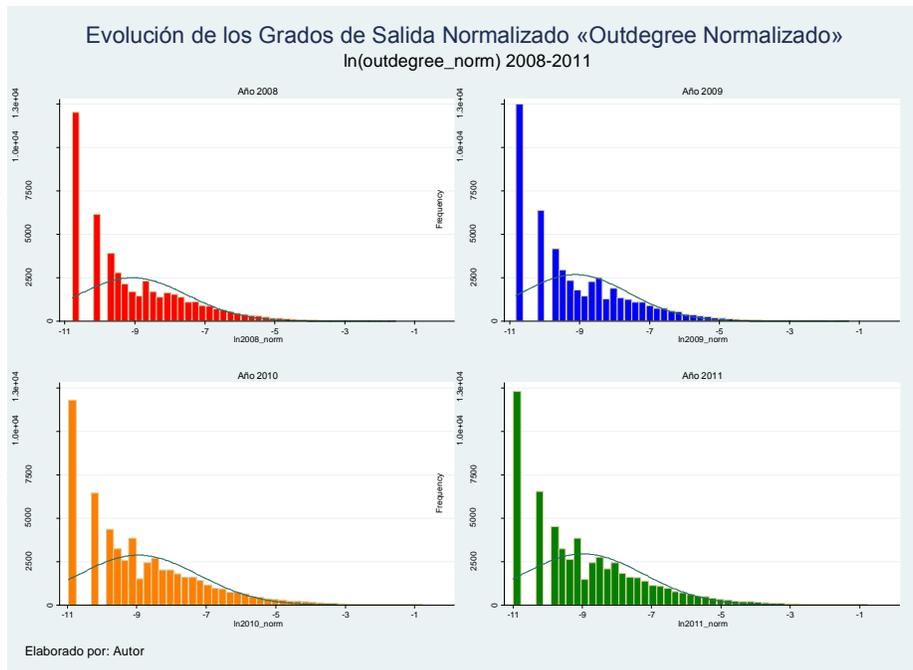
Tabla 10: Resumen estadístico de centralidad de grado de salida. Periodo 2008-2011

Estadísticos	2008	2009	2010	2011
Obs.	48404	49955	57415	59091
Media	0.00062119	0.0005803	0.0011135	0.00113053
Min	0.00002066	0.00002002	0.00001742	0.00001692
Max	0.21775509	0.27463266	0.45515031	0.46664411

Elaborado por: Autor

Los grados de salida presentan formas peculiares en la cola izquierda de su histograma. El pico más alto de estos, se explica al elevado número de empresas que realizan una sola transacción, es decir que solo realiza esa empresa una sola venta en dicho periodo. Los siguientes picos en la cola izquierda de la curva, son las empresas que realizan dos, tres y cuatro transacciones por año, respectivamente. Las empresas ubicadas en estos picos son sociedades del sector privado, enfocadas en las ramas de actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; comercio al por mayor y al por menor; otras actividades comunitarias sociales y personales de tipo servicios; transporte, almacenamiento y comunicaciones; y construcción.

Gráfico 3: Evolución del índice de grados de salida normalizado. Periodo 2008-2011



Como se puede observar, varias son las ramas de actividad en las que se clasifican las empresas ubicadas en esta parte de la curva, no obstante, esta selección permite observar que dichas empresas sólo realizan una venta al año. Además, se encuentran concentradas en las provincias de Guayas, Pichincha y Azuay. Asimismo, el 69% de empresas ubicadas en esta zona son microempresas y el 25% son pequeñas empresas. Por tanto, se puede inferir que son las pequeñas y microempresas las que mantienen un bajo nivel de transaccionalidad en un determinado periodo de tiempo. Las compras empresariales o *indegree* visto desde la teoría de redes tiene su intuición, la cual es presentada en la Tabla 11.

Tabla 11: Interpretación de la centralidad de grado de entrada

Índice de centralidad	Interpretación
Centralidad de grados de entrada (« <i>indegree centrality</i> »)	Los grados de entrada o <i>in degree</i> significa cuan popular es la empresa. Son empresas grandes, que tienen un gran arrastre, es decir genera mayor nivel de demanda con los agentes que se encuentran vinculados. Estas empresas son caracterizadas por un alto nivel de consumo, por ende su importantes (centrales) en la red.

Elaborado por: Autor

En la Tabla 12, se observa que las compras de las empresas ecuatorianas reflejadas en la media de la centralidad de grado de salida, ha ido incrementándose con mayor fuerza que las ventas. Este comportamiento muestra que las empresas tienden más a comprar que a vender. Es decir, el componente importado de los productos nacionales es elevado frente al valor agregado que puede darse en los procesos industriales nacionales. Obviamente, este hecho es normal pues en el país no se cuenta con todas las ramas de actividad necesarias para producir los bienes demandados. Por ejemplo, el sector automotriz nacional se nutre de las importaciones de los insumos para el ensamblaje de los vehículos, por tanto, es normal que las compras de las ensambladoras pesen más que sus ventas. Al generalizar este comportamiento se puede inferir que algunas empresas no cumplen una cadena completa en la elaboración de valor, que parte de la producción de materias primas hasta obtener productos manufacturados, sino que se nutre de otras empresas, generando articulaciones de intermediación.

Tabla 12: Resumen estadístico de centralidad de grado de salida. Periodo 2008-2011

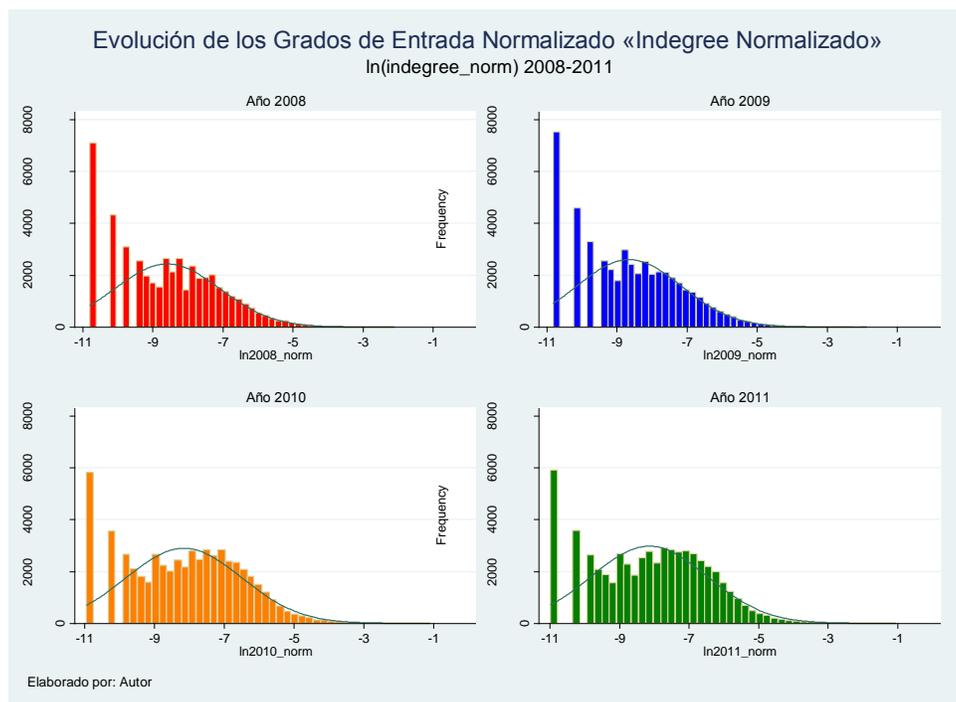
Estadísticos	2008	2009	2010	2011
Obs.	48404	49955	57415	59091
Media	0.00061283	0.00057346	0.00110804	0.00112587
Min	0.00002066	0.00002002	0.00001742	0.00001692
Max	0.12214119	0.15448213	0.33660778	0.34941614

Elaborado por: Autor

Al igual que la distribución del índice de grado de salida, el *indegree* presenta valores atípicos en la cola izquierda de su histograma. El pico más alto, se explica por el elevado

número de empresas que realizan una sola transacción de compra, seguido de las empresas que realizan dos, tres y cuatro transacciones por año. Las empresas ubicadas en estos picos son de similares características que las empresas caracterizadas en el *outdegree*. No obstante, el 86% de empresas ubicadas en esta zona son microempresas y el 12.7% son pequeñas empresas (ver Gráfico 4).

Gráfico 4: Evolución de los grados de entrada normalizado. Periodo 2008-2011



En suma, la transaccionalidad de las empresas se ve reflejada en el índice de grado, de entrada y de salida, el cual ha tenido un incremento en los últimos dos años de estudio. Sin embargo, al realizar un análisis para ver cuán relacionados se encuentran estos índices de centralidad con la generación de valor agregado de las industrias se observa que éste se encuentra más correlacionado con las compras que realiza la empresa. Similar comportamiento se observa con la correlación que existe entre intermediación y compras que realiza una empresa. Por tanto, se evidencia que las empresas ecuatorianas que tienden a ser intermediarias se enfocan principalmente, en la adquisición o demanda de bienes finales o de consumo, es decir un sistema empresarial de consumo.

Tabla 13: Correlación entre valor agregado y los índices de centralidad

	Valor Agregado	Intermediación	G. Salida	G. Entrada
Valor Agregado	1			
Intermediación	0.3396	1		
G. Salida	0.3678	0.5150	1	
G. Entrada	0.4133	0.5689	0.7449	1

Elaborado por: Autor

Además de la caracterización realizada, se aplica una regresión log-log de mínimos cuadrados ordinarios (MCO o en inglés OLS) para un data panel, con la finalidad de observar la elasticidad (efecto) que tienen los índices de centralidad sobre la aproximación de cálculo de la *productividad del capital* o vista como una medida del *desempeño* de la empresa, que se encuentra definida como el ratio del valor agregado sobre el total de activos en las principales ramas de actividad económica para el periodo de estudio 2008-2011.

El modelo aplicado a la información es el siguiente:

Definición 18: Modelo de aproximación del desempeño empresarial

$$\begin{aligned}
 & \ln\left(\frac{\text{valor agregado}}{\text{total activos}}\right)_{i_t} \\
 &= \alpha_1 \ln\left(\frac{\text{betnorm}}{\text{promedio betweenness ciu}}\right)_{i_t} \\
 &+ \alpha_2 \ln\left(\frac{\text{outdegnorm}}{\text{promedio outdegnorm ciu}}\right)_{i_t} \\
 &+ \alpha_3 \ln\left(\frac{\text{indegnorm}}{\text{promedio indegnorm ciu}}\right)_{i_t} \\
 &+ \alpha_4 \ln\left(\frac{\text{total pasivos}}{\text{total activos}}\right)_{i_t} + \alpha_5 \ln\left(\frac{\text{costos intermedios}}{\text{total activos}}\right)_{i_t} \\
 &+ \alpha_6 \ln\left(\frac{\text{ventas producción}}{\text{total activos}}\right)_{i_t} + \varepsilon_{i_t}
 \end{aligned}$$

Dónde el desempeño de la empresa es la variable dependiente, explicada por los índices de centralidad normalizados y divididos para el respectivo promedio de intermediación, grados de salida y grados de entrada por tipo de rama de actividad; el total de pasivos, los costos intermedios, y las ventas de producción divididos para el total de activos.

El índice de intermediación o *betweenness*, tiene un efecto positivo sobre el desempeño de la empresa en las ramas de actividad de comercio al por mayor y al por menor; industrias manufactureras; actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler. Esta noción tiene mucho sentido debido a que son ramas de actividad pertenecientes al sector terciario y secundario de la economía. Por tanto, la intermediación es una característica fundamental en estos sectores, sobre todo porque desempeñan roles de intermediación entre los bienes y servicios (consumo intermedio o consumo final) ofertados y los demandados. Un ejemplo que permite evidenciar este hecho, es la actividad de comercio, pues los comerciantes se dedican a comprar bienes ya producidos (producción nacional o importación) y se encargan de distribuirlos para venderlos (dentro del país o exportaciones). Es decir, existe la acción de intermediación entre el productor y el comprador.

Ahora se analiza e interpreta cada una de las elasticidades que fueron encontradas en el modelo log-log en los datos de panel. El efecto de intermediación del comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos, es 0.015. Indica que un incremento del uno por ciento en la intermediación afecta positivamente en 0.015% a la eficiencia de las empresas de este sector. El sector de comercio en la economía ecuatoriana tiene una alta representatividad en la generación de ingresos como de empleo. Por ejemplo, la actividad automotriz es una de las más representativas en esta rama de actividad, presentando un auge muy significativo en las últimas décadas e incidiendo sobre otras industrias como la metalmecánica, el plástico, el vidrio, el textil, etc., las cuales generan bienes de consumo intermedio para el ensamblaje de los automotores. Es así como se puede evidenciar la intermediación y arrastre que genera esta industria sobre las empresas que coadyuvan a su desarrollo y la distribución o venta de bienes finales hacia los consumidores.

Las industrias manufactureras tienen un nivel de intermediación del 0.016. Indica que un aumento del uno por ciento en la intermediación afecta positivamente en 0.016% a la eficiencia de las empresas en este sector. El sector manufacturero ecuatoriano en los últimos años ha recibido apoyo y fomento empresarial a través de las políticas y estrategias

de desarrollo productivo a cargo de los entes rectores. Es lógico que las empresas manufactureras sean acreedoras de niveles altos de intermediación, puesto que son industrias que tienden a producir bienes de consumo intermedio para las demás empresas. Dado este hecho, son empresas clave que deben ser impulsadas ya que su efecto de “arrastre” sobre otras empresas del sector primario es fundamental.

Finalmente, la rama de actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler es la que genera el menor nivel de intermediación es cual es de 0.012. La interpretación de esta elasticidad se la realiza como las dos anteriores. El auge de los corredores de bienes raíces y construcción de viviendas genera gran expectativa sobre las finanzas nacionales pues los créditos hipotecarios en las principales instituciones crediticias reflejan que este tipo de actividades tienen una tendencia creciente en los últimos años. Es así que los intermediarios de este sector han promovido sustancialmente los bienes inmuebles (viviendas, oficinas de venta o alquiler) y flexibilidad a su acceso.

Es evidente que la intermediación sea una característica fundamental e influyente sobre la creación de valor agregado en aquellas actividades económicas en las cuales existe una interacción entre la venta de bienes finales y las empresas que se encargan de transformar y/o distribuir los bienes que producen. Se evidencia que el sector industrial manufacturero, corredores de bienes raíces y el comercio, tienen un nivel de intermediación alto dentro de la economía.

Además, los productores primarios son aquellos quienes en menor medida se benefician de la intermediación, como es el caso del sector de la pesca, en el cual la intermediación no es significativa pero es relevante la elasticidad de compra en 0.1447, sobre el desempeño del sector. La intuición indica que el sector pesquero cuando varían las compras en 1%, y manteniendo las demás variables constantes, el ratio de desempeño varía en 0.1447%. Este hecho, devela que es un sector altamente dependiente de los proveedores, al observar la estructura productiva del sector se observa q existe un alto porcentaje pesqueros artesanales y por el contrario un bajo porcentaje de empresas formales que se dedican a esta actividad en gran escala.

El segundo índice de centralidad a ser analizado son los grados de salida, ventas u *outdegree*. Este índice tiene un efecto positivo sobre las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler; intermediación financiera; transporte y almacenamiento y comunicaciones; y comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personas y enseres domésticos. Por ejemplo, en las actividades inmobiliarias es coherente que la incidencia de las ventas sea relevante, pues el giro económico depende, como en la gran mayoría de actividades, de las ventas y recuperación de cartera. Existen numerosos estudios y estadísticas generadas por las principales instituciones crediticias y de control, que evidencian que el sector de la vivienda tiene un bajo nivel de cartera vencida en los créditos hipotecarios y un nivel elevado de inversión (y remesas enviadas por migrantes), esto obedece también a un comportamiento idiosincrático de la sociedad al poder tener y conservar su propia vivienda. Además, es notorio que hace algunos años atrás, las empresas dedicadas a esta actividad eran escasas, frente a una alta demanda en la adquisición de bienes inmuebles. Es interesante indicar que la centralidad de grados de salida es un aspecto muy particular de las industrias que interactúan entre productores primarios y empresas productoras de bienes finales, donde sus ventas tienen mayor representatividad.

El tercer índice de centralidad, y último, es los grados de entrada, compras o *indegree*. Los grados de entrada tienen una incidencia positiva sobre el desempeño de todas las ramas de actividad. Como se puede observar, son numerosas las actividades económicas en las cuales las compras de bienes y/o servicios, inciden notablemente en la productividad del capital (desempeño de la empresa).

El sector de explotación de minas y canteras, tiene una alta elasticidad en los grados de entrada, pues un cambio de un 1% en este índice de centralidad, manteniendo las demás variables constantes, incide positivamente en 0.1811% sobre el desempeño empresarial. Esto quiere decir que las empresas relacionadas a la extracción de carbón, de petróleo crudo y gas natural, de minerales metalíferos, etc., tienen una alta dependencia a la continua provisión de insumos, tanto tecnológicos como los de comunicación, y las ingentes cantidades de inversión de las cuales dependen estas industrias.

Otro ejemplo, en donde la centralidad de grados de entrada es representativa es el sector pesquero. Este sector, en su mayoría es artesanal, lo cual refleja la demanda que realizan las empresas pesqueras ecuatorianas sobre la producción artesanal y la canalizan a la exportación y consumo nacional de productos finales. No obstante, hay que señalar que aspectos climáticos y veda natural inciden sobre la producción de este sector acuícola. Por tanto, es comprensible que la centralidad de estas empresas de acuerdo a sus compras sea elevada. Es así que, un aumento de un 1% de las compras, manteniendo las demás variables constantes, incrementa en 0.1447% el desempeño de la empresa.

En suma, estas elasticidades¹³ muestran el efecto que tiene la centralidad o posición de una empresa en la estructura productiva sobre el desempeño industrial. Por tanto, y a manera de conclusión, se ha podido recoger los efectos que tiene la centralidad de intermediación, grados de salida y de entrada como variables independientes de la generación del valor agregado.

4.2. Recomendaciones

La aplicación de este tipo de investigaciones es ilimitada, pues la información con la que se cuenta es vasta. Una interesante observación es la limitación de la información en variables como: precios, cantidades, ámbito laboral en los formularios del SRI.

La colaboración institucional es importante en la elaboración de este tipo de estudios, puesto que la confidencialidad de los datos no hace que sea una información de acceso público. Por tanto, es fundamental que siga existiendo cooperación interinstitucional para investigaciones futuras.

¹³ Ver Anexo: Tabla resumen información estadística bases de información

5. Bibliografía

- Borgatti, Stephen P. (2005). *Centrality and network flow*. Social networks, Vol. 27. Elsevier. Pp. 55-71.
- Borgatti, S.; Halgin, D. (2011). *Analyzing affiliation networks*. The Sage handbook of social network analysis. Pp.417-433.
- Bonacich. P. (1972). *Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification*. Journal of Mathematical Sociology, 2:113-120.
- Bonacich. P. (1987). *Power and Centrality: A Family of Measures*. The American Journal of Sociology, Vol. 92, No. 5. Mar. 1987, 1170-1182.
- Brandes. U. (2001) *A Faster Algorithm for Betweenness Centrality*. Journal of Mathematical Sociology, 25:163-177.
- Callejón, M. y Costa, M. T. (1996). *Geografía de la producción. Incidencia de las externalidades en la localización de las actividades industriales en España*. Información Comercial Española. Vol. 754. Pp. 39-50.
- Cocco, J. F.; Gomes, F.J.; Martins, N.C. (2009). *Lending relationships in the interbank market*. Journal of Financial Intermediation, Volume 18, Issue 1, January 2009, Pp. 24-48.
- Chenery, H; & Wanatabe, T. (1958). *An international comparison of structure of production*. En *Econometría*, Vol. 26
- Easley, D. & Kleinberg, J. (2012). *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a highly connected world*. Wiley Online Library
- Drejer, I. (2003). *Input-output based measures of interindustry linkages revisited*, Department of Business Studies, Aalborg University, Fibigerstraede, Denmark.
- Freeman L.C. (1979). *Centrality in social networks conceptual clarifications*. Social Networks, 1:215-239.

- Gereffi, G. (1999). *International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain*. Journal of International Economics 48. Pp. 37-70.
- Hirschman, A O. *The Estrategy of Economic Development*. Traducido por Teresa Márquez de Silva Herzog. New Haven: Yale University Press Edición en español: La estrategia de desarrollo económico, México, FCE, 1961, 1958.
- Jackson, M.O. (2010). *Social and economic networks*. Princeton University Press.
- Kaplinsky, R. and Morris, M. (2001). *A handbook for value chain research*. Vol. 113. IDRC.
- López, María; María Semitiel (2005). *Propuesta de un modelo Input-Output combinado de oferta y demanda: Una aplicación al caso Español*. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Murcia. 2005.
- Lozares, Carlos, (1996). *La teoría de redes sociales*. Barcelona-España: Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Sociología.
- Luna, Isidoro R. *PYMES y cadenas de valor globales. Implicaciones para la política industrial en las economías en desarrollo*. Análisis Económico. 2009. Vol.24, Edición 57. P199-216.
- Martínez-Jaramillo, S.; Alexandrova-Kabadjova, B.; Bravo-Benítez, B. & Solórzano-Margain, J. (2012). *An Empirical Study of the Mexican Banking System's Network and its Implications for Systemic Risk*. Bank of Mexico. Working Paper. August 2012
- Montilla, Fernando y Joana Matzavracos (2008). *Algunas consideraciones sobre el análisis económico insumo-producto*. Venezuela, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales-Universidad de Carabobo.
- Nacaskul, P. (2010), *Systemic Import Analysis (SIA) – Application of Entropic Eigenvector Centrality (EEC) Criterion for a Priori Ranking of Financial Institutions in Terms of Regulatory-Supervisory Concern, with Demonstrations on Stylised Small Network*

- Topologies and Connectivity Weights* (May 2010). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1618693> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1618693>
- Page, L. and Brin, S. and Motwani, R. and Winograd, T. (1999). *The PageRank citation ranking: bringing order to the web*. Stanford InfoLab.
- Parra, J. C. y Pino, O. (2008). *Obtención de una matriz insumo-producto a 20 sectores y análisis de los encadenamientos productivos para la Región del Bío-Bío, base 2003*, Horizontes Empresariales, Vol. 7-1.
- Pazmiño, M. F. et al. *Cadena de valor. Una propuesta metodológica para el caso ecuatoriano*. Banco Central del Ecuador. Pp. 1-66.
- Pino, Osvaldo (2004). *Análisis de encadenamientos productivos para la economía regional, base 1996*. Theoria 13: 71-82.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*, Nueva York: The Free Press.
- Rosser, B. (2003). *Complexity in Economics*. James Madison University, Virginia-EEUU.
- Rasmussen, Poul (1956). *Studies in inter-sectoral relations*. Vol. 15. E. Harck.
- Soza, S. (2004). *Análisis de la economía chilena a partir de la matriz insumo producto*. En *Economía y Administración*, 63, Universidad de Magallanes.
- Schuschmy, A.R. (2006). *Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: Teoría y aplicaciones*. Serie 37. Naciones Unidas-CEPAL. P1-96
- Stumpo, G. (1996). *Encadenamientos, articulaciones y procesos de desarrollo industrial*. Desarrollo Productivo, Serie 36, Santiago de Chile, CEPAL.
- R Development Core Team (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Vega, A. (2008). *Productive links and structural changes in Colombia 1990-2004*.
Universidad Santo Tomás, Colombia. P106-124.

Anexo

a. Matriz Insumo-Producto

La MIO es una herramienta económica creada por Wassily Leontief utilizada en la planificación de la producción económica de los países. Es un conjunto de tablas de doble entrada, cuya lectura se la puede realizar en filas y/o columnas. Por ejemplo, si la lectura se la realiza por columnas, indica los bienes (insumos) que compra el sector i (o rama de actividad) a la j -ésima rama de actividad, es decir se observa la estructura de la oferta. Caso contrario sucede si la lectura se la realiza por fila, lo cual permite observar cuanto vende el sector j a la i -ésima rama de actividad, por tanto se observa la estructura de la demanda. La formulación matemática es la siguiente:

Sea la siguiente matriz:

$$\begin{bmatrix} x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1j} = Y_1 = X_1 \\ x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2j} = Y_2 = X_2 \\ \dots \\ x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} = Y_i = X_i \end{bmatrix}$$

Dónde, los x_{ij} es el valor del insumo i que utiliza el sector j ,
la Y representan la Demanda Final y,
la X representa la Producción Total

Al dividir el valor de cada insumo para el valor bruto de producción, se obtiene los denominados *coeficientes técnicos* los cuales representan los requerimientos de insumos de las ramas de actividad (Schuschny, 2006).

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j},$$

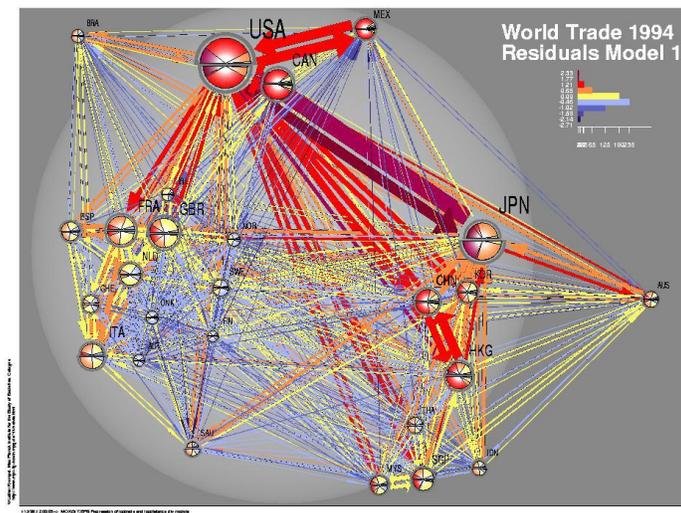
Dónde i indica al sector que vende y j al que produce. De tal manera que al despejar los x_{ij} y reemplazar en el sistema de ecuaciones, se obtiene la Matriz A de coeficientes técnicos, Y la demanda final y X el valor bruto de producción:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix}$$

Expresando matricialmente se tiene $X = A * X + Y$ lo que es igual a $X = (I - A)^{-1}Y$ donde $(I - A)$ se llama matriz de Leontief y $(I - A)^{-1}$ se llama matriz de coeficientes directos e indirectos.

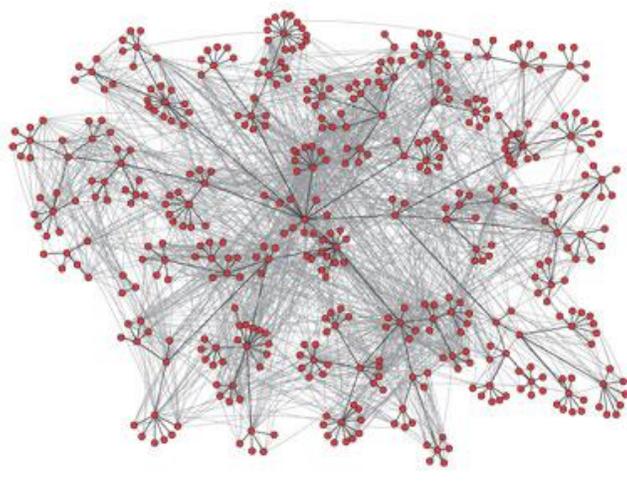
b. Ilustraciones

Ilustración 1: Grafo de Comercio Internacional.



Fuente: Lothar Krempel and Thomas Plümer. Exploring the dynamics of international trade by combining the comparative advantages of multivariate statistics and network visualizations. *Journal of Social Structure*, 4(1), 2003.

Ilustración 2: Redes Sociales



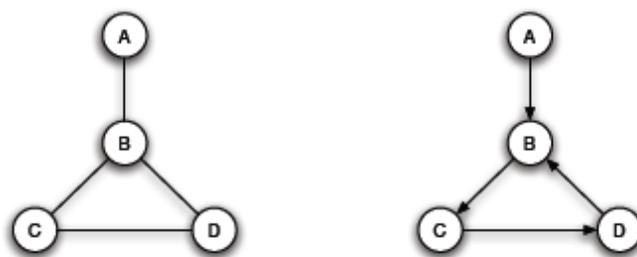
Fuente: Easley & Kleinberg, 2010. Pp. 3

c. Definiciones básicas y principales medidas topológicas

A continuación se desarrollan algunos de los conceptos básicos de la teoría de grafos en el estudio de la estructura de la red de acuerdo a Easley & Kleinberg (2010) y Jackson (2010).

- **Grafos: nodos y aristas.** Un grafo es una forma de especificar las relaciones entre los nodos (individuos, empresas, industrias), unidos a través de aristas, arcos o *edges*. Estas representaciones pueden mantener vínculos con dirección o sin dirección.¹⁴

Ilustración 3: Grafos dirigidos y no dirigidos



Fuente: Easley & Kleinberg, 2010. Pp. 24

- **Caminos:** Es una ruta o secuencia de nodos que se encuentran conectados por aristas. Cuando un camino no repite nodos, se denomina como camino simple.
- **Ciclos:** Un ciclo es un camino con al menos tres aristas, donde el primer y último nodo es el mismo.
- **Conectividad:** Un grafo está conectado si para cada par de nodos, existe un camino entre ellos.
- **Componentes:** Se dice que un componente conectado de un grafo es un subconjunto de los nodos de manera que: i) cada nodo en el subconjunto tiene un camino a todos los demás, y (ii) el subconjunto no es parte de un conjunto más grande con la propiedad de que cada nodo puede llegar a cualquier otro. Observe cómo ambos (i) y (ii) son necesarios para formalizar la definición intuitiva: i) indica que el componente está en efecto conectado internamente, y ii) dice que en realidad es una “pieza” independiente de la gráfica, no una parte conectada de una pieza más grande.
- **Componente Gigante:** Es una serie de conjuntos de datos de las redes grandes (globales) y complejas que a menudo tienen una componente gigante, término informal para un componente conectado que contiene una fracción significativa de todos los nodos.

¹⁴ De acuerdo a Jackson (2010), la distinción entre las redes dirigidas y no dirigidas no es un mero tecnicismo, debido a que las aplicaciones y el modelado son bastante diferentes. Cuando los enlaces son necesariamente recíprocos donde el consentimiento conjunto es necesario para establecer y/o mantener la relación. Por ejemplo, con el fin de formar una alianza comercial, ambas partes deben ponerse de acuerdo.

- **Distancia:** Es la longitud de un camino o número de pasos que contiene de principio a fin, en otras palabras, el número de aristas en la secuencia que comprende.
- **Fenómeno del mundo pequeño (*small-world phenomenon*):** Para comprender el significado se parte de la intuición de las redes globales, se observa que el argumento para explicar por qué un individuo pertenece a una componente gigante parte de la afirmación que no sólo existen caminos que conectan a los individuos con una gran parte de la población sino que además estos son extraordinariamente cortos.

Continuando las ideas conceptuales de la teoría de redes, las medidas topológicas de una red permiten describir sus propiedades estructurales. Dentro de las medidas más elementales de los modelos de redes son el número de nodos $N = 1, \dots, n$ y el número de arcos o aristas $M = 1, \dots, m$. Ambas medidas dan una clara idea del tamaño de la red y la densidad de sus conexiones (Martínez-Jaramillo et al, 2012). Dentro de las principales medidas topológicas se tienen:

- **Grado $d(i)$:** El grado de un nodo es el número aristas que tiene con los demás nodos que se encuentran conectados a éste. Donde $N(i)$ es el conjunto de nodos vecinos i , es decir el conjunto de nodos con los que tiene una arista con el nodo i .

Definición 19: Grado de un nodo

$$d_i = \sum_{j \in N(i)} a_{ij} \quad (5)$$

- **Coefficiente de *Clustering* $c(i)$:** Es una medida de densidad de las conexiones alrededor del nodo i y está definida como:

$$c_i = \frac{2}{d_i(d_i - 1)} \sum_{j,h} a_{ij} a_{ih} a_{jh} \quad (6)$$

El coeficiente de *clustering* indica si dos vértices o nodos, que tienen una conexión con un tercer vértice, tienen una conexión entre ellos, es decir, indica si forman un triángulo. El promedio del coeficiente de *clustering* mide la densidad de triángulos en el grafo.

Easley & Kleinberg (2010) definen a este coeficiente de *clustering* del nodo A como la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de A tienen vínculos entre otro individuo. Es la probabilidad de pares de individuos que están conectados entre sí por los bordes.

- **Reciprocidad r :** En un grafo dirigido, es la proporción de arcos en cualquier dirección para un arco en dirección contraria. Es importante notar que un grafo dirigido, en general $a_{ij} \neq a_{ji}$. Está definida como:

$$r = \frac{\sum_{i \in V} \sum_{j \in N(i)} a_{ij} 1_{\Omega}^{(i,j)}}{\sum_{i \in V} \sum_{j \in N(i)} a_{ij}} \quad (7)$$

Donde $\Omega = \{(i, j) \in V \times V: a_{ij} = a_{ji} \text{ y } 1_{\Omega}^{(i,j)} = \begin{cases} 1 & \text{si } (i, j) \in \Omega, \\ 0 & \text{si } (i, j) \notin \Omega \end{cases}$

- **Afinidad:** Es una medida que, con base de la grados de un nodo, describe el tipo de nodos a los que un nodo tiende a tener un enlace.

$$a_i = \frac{1}{d_i} \sum_{j \in N(i)} d_j \quad (8)$$

Si a_i crece con d_i , entonces los nodos con alto grado tienden a tener relaciones con nodos que poseen un grado similar. Si a_i decrece con d_i , entonces la mayoría de nodos vecinos de alto grado tienen menor grado. Caso contrario sucede, los nodos con bajo grado tienden a tener relaciones con los nodos de alto grado.

- **Índice de Completitud:** De un grafo es una medida que refleja cuán conectado esta la red o grafo. El grafo completo tiene un valor de 1, mientras que toma 0 cuando el grafo no tiene aristas. Cuanto más cercano es 1 más conectado está el grafo. Se lo define para un grafo no direccionado como:

$$C(G) = \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}}{n(n-1)} \quad (9)$$

Y para un grafo dirigido

$$C(G) = \frac{\sum_i \sum_j a_{ij}}{2n(n-1)} \quad (10)$$

Las siguientes medidas topológicas de redes se encuentran basadas en pesos o ponderaciones asociados con las aristas o arcos.

- **Fuerza:** Es una medida importante y se la interpreta como una medida de intensidad de la interacción, la cual puede ser utilizada como medida de centralidad en una red.¹⁵ Se la define como:

$$s_i = \sum_{j \in N(i)} \omega_{ij} \quad (11)$$

- **Flujo:** permite caracterizar un nodo dentro de la red en función de su importancia. El flujo total de un nodo se define como:

$$f_i = \sum_{j \in N(i)} f_{ij} \quad (12)$$

- **Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI):** Este índice es asociado con la competencia y poder de mercado. Permite describir la concentración por nodos individuales en la red. Este índice es relevante para la medición de la transmisión de contagio. El HHI se calcula de la siguiente manera:

¹⁵ La interpretación de la fuerza de un nodo en la red puede ser vista como la intensidad de sus interacciones con todos sus homólogos.

$$HHL_{(i)} = \sum_{j \in N(i)} \left(\frac{\omega_{ij}}{\sum_j \omega_{ij}} \right)^2 \quad (13)$$

- **Índice de Preferencia:** Propuesto por Cocco *et al.* (2009) con la finalidad de medir la intensidad de la interacción entre cada par de nodos. Las empresas comercian unas con otras, pero existen preferencias en las negociaciones. Esta preferencia es importante en la medida que observa la disposición de negociar frente a shocks externos.

$$PI = \left(\sum_{s=1}^k F_{t-s}^{v_i \rightarrow v_j} \right) / \left(\sum_{s=1}^k F_{t-s}^{v_i \rightarrow G} \right) \quad (14)$$

Donde $F^{v_i \rightarrow v_j}$ es el monto total de intercambio.

- **Vector propio de Centralidad de Entropía (CCE):** Como se indicó en la revisión de literatura, fue propuesto por Bonacich (1972), y una mayor profundización por Nacaskul (2010). El primer autor propone el uso del vector propio e , asociado al mayor valor propio λ de la matriz de adyacencia A ¹⁶.

$$\lambda e = Ae \quad (19)$$

La ventaja de esta medida es la centralidad de los vecinos para calcular la centralidad de un nodo. La centralidad del vector propio es vista como una suma ponderada de las conexiones directas e indirectas de cualquier longitud. De esta manera se tiene en cuenta el patrón completo de la red.

- **Centralidad PageRank (PR):** Esta media se basa en el algoritmo de Google, propuesto por Page *et al.* (1999) que considera el www como un dígrafo (grafo direccionado). El objetivo de esta medida radica en la importancia que da a los vecinos para determinar la relevancia de un nodo en la red, como en el caso del CCE. Se define como:

$$PR(i) = \frac{(1-d)}{N} + d \sum_{j \in N^-(i)} \frac{PR(j)}{L(j)} \quad (23)$$

Donde $i \in N = \{1, \dots, n\}$ es el conjunto de nodos (representa los sitios de internet), $L(j)$ es el número de vínculos que parten de j y d es un factor que los autores recomiendan ajustar a 0.85.

El vector PR tiene dimensión $n \times 1$, donde los $PR(i)$

$$PR(i) = \frac{(1-d)}{N} \mathbf{1} + dM\mathbf{PR} \quad (24)$$

Donde $\mathbf{1}$ es un vector columna con dimensión n con todas las entradas igual a 1 y M es la matriz $n \times n$ dado por

¹⁶ Easley & Kleinberg (2010), definen a la matriz de adyacencia como una matriz $n \times n$ utilizada para grafos no dirigidos, en la contabilización del número de aristas de un nodo. Se define como:

$$(A)_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } (v_i, v_j) \in E \\ 0 & \text{si no cumple} \end{cases} \text{ Su expresión matricial } A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$M_{ij} = \begin{cases} 1/L(j), & \text{si existe un arco desde } j \text{ a } i \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (25)$$

Si E es definido como una matriz $n \times n$ con todas las entradas igual a uno y $\sum_{i \in N} PR(i) = 1$, se tiene:

$$PR(i) = \left(\frac{(1-d)}{N} E + dM \right) PR =: \widehat{M}PR \quad (26)$$

Por lo tanto, PR es el vector propio de la matriz \widehat{M} asociada al primer valor propio¹⁷

¹⁷ Yenilmez y Saltoglu (2011) sugieren que el PageRank de cada nodo debe ser multiplicado por el peso dominante. Por ejemplo, si i tiene enlaces con j , entonces el mayor peso entre ω_{ij} y ω_{ji} debe ser utilizado por el algoritmo. De esta manera, la centralidad de un nodo aumentará en la dirección de sus pesos dominantes.

d. Tabla resumen información estadística bases de información

Rama de actividad	Año 2008					Año 2009					Año 2010					Año 2011				
	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1,064	790	383	86	2,323	1,167	816	402	97	2,482	1,244	856	421	105	2,626	1,062	931	439	127	2,559
Pesca	394	298	113	34	839	392	342	120	31	885	360	378	149	35	922	278	380	192	51	901
Explotación de minas y canteras	239	112	63	51	465	255	124	63	53	495	250	130	65	63	508	291	137	72	63	563
Industrias manufactureras	1,695	1,693	688	450	4,526	1,980	1,695	695	456	4,826	1,986	1,797	745	486	5,014	1,858	1,812	798	536	5,004
Suministros de electricidad, gas y agua	58	16	8	41	123	62	14	9	30	115	61	17	4	25	107	61	11	6	23	101
Construcción	2,013	1,070	237	60	3,380	2,250	1,125	299	76	3,750	2,561	1,179	339	80	4,159	2,324	1,390	411	108	4,233
Comercio al por mayor y al por menor;	5,918	4,731	2,284	892	13,825	6,582	4,988	2,310	916	14,796	6,801	5,269	2,590	1,026	15,686	6,036	5,438	2,800	1,208	15,482
Hoteles y restaurantes	482	440	90	19	1,031	532	470	94	23	1,119	555	497	110	24	1,186	504	528	125	25	1,182
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	3,443	1,381	358	117	5,299	3,685	1,419	357	119	5,580	3,810	1,502	396	129	5,837	3,562	1,635	449	139	5,785
Intermediación financiera	1,679	561	203	126	2,569	1,807	633	223	125	2,788	1,932	656	247	131	2,966	1,851	704	244	152	2,951
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	9,386	3,345	560	131	13,422	9,947	3,452	625	145	14,169	10,165	3,861	695	154	14,875	9,372	4,241	849	180	14,642
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	1,286	339	109	36	1,770	1,349	347	114	40	1,850	1,382	411	120	44	1,957	1,254	443	109	50	1,856
Enseñanza	1,100	683	130	37	1,950	1,125	704	134	36	1,999	1,100	728	152	39	2,019	985	759	167	41	1,952

Actividades de servicios sociales y de salud	1,976	761	124	43	2,904	2,011	812	136	47	3,006	1,973	852	164	47	3,036	1,772	845	173	56	2,846
Otras actividades comunitarias sociales y personales de tipo servicios	5,276	1,105	184	47	6,612	5,533	1,176	208	47	6,964	5,633	1,263	236	55	7,187	5,055	1,326	247	60	6,688
Hogares privados con servicio doméstico	1				1	2				2	2				2	2	1			3
Organizaciones y órganos extraterritoriales	27	18	3		48	33	15	3		51	34	15	2		51	26	16	1	2	45
Actividades de los hogares como empleadores...	1				1	1				1	1				1	1				1
Total	36,038	17,343	5,537	2,170	61,088	38,713	18,132	5,792	2,241	64,878	39,850	19,411	6,435	2,443	68,139	36,294	20,597	7,082	2,821	66,794

e. Tablas de coeficientes regresión OLS data panel

Variable Dependiente: $\ln(\text{valor agregado/total de activos})$

Rama de Actividad	Variables Independientes	Coefficiente	Std. Err.	t	P> t
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	\ln_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0051412	0.0073419	0.7	0.484
	\ln_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1058686	0.0256793	4.12	0
	\ln_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0054157	0.0193586	0.28	0.78
	\ln (total pasivo/ total activo)	-0.0029393	0.0296321	-0.1	0.921
	\ln (cts. intermedios/total activo)	0.1795706	0.0405136	4.43	0
	\ln (ventas producción)	-0.0526311	0.0134981	-3.9	0
	constante	0.2662263	0.1602507	1.66	0.097
Pesca	\ln_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	-0.0012215	0.0097147	-0.13	0.9
	\ln_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1447941	0.0432006	3.35	0.001
	\ln_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0203441	0.0303904	0.67	0.503
	\ln (total pasivo/ total activo)	-0.1474879	0.0471922	-3.13	0.002
	\ln (cts. intermedios/total activo)	0.1623797	0.0608868	2.67	0.008
	\ln (ventas producción)	-0.041728	0.0151944	-2.75	0.006
	constante	0.0033665	0.2006991	0.02	0.987
Explotación de minas y canteras	\ln_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	-0.0042383	0.0146053	-0.29	0.772
	\ln_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1811328	0.0481182	3.76	0
	\ln_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0627381	0.0400642	1.57	0.118
	\ln (total pasivo/ total activo)	0.0123698	0.0257521	0.48	0.631
	\ln (cts. intermedios/total activo)	0.0588455	0.0372442	1.58	0.115
	\ln (ventas producción)	-0.0505412	0.0242371	-2.09	0.037
	constante	0.4393548	0.269461	1.63	0.104
Industrias manufactureras	\ln_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0159383	0.0062642	2.54	0.011
	\ln_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1087904	0.0176361	6.17	0
	\ln_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0159081	0.0124567	1.28	0.202
	\ln (total pasivo/ total activo)	-0.0316587	0.0216426	-1.46	0.144
	\ln (cts. intermedios/total activo)	0.1469209	0.0268841	5.46	0
	\ln (ventas producción)	-0.0171607	0.0102913	-1.67	0.095
	constante	-0.0046911	0.1349346	-0.03	0.972
Suministros de electricidad, gas y agua (211 obs.)	\ln_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.026607	0.0290542	0.92	0.362
	\ln_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.2921429	0.1402457	2.08	0.039
	\ln_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	-0.0257723	0.1022235	-0.25	0.801
	\ln (total pasivo/ total activo)	-0.0168854	0.0442922	-0.38	0.704
	\ln (cts. intermedios/total activo)	0.4234004	0.1243194	3.41	0.001
	\ln (ventas producción)	-0.0306683	0.0440846	-0.7	0.488
	constante	0.2629984	0.5563793	0.47	0.637

Construcción	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0072174	0.0073235	0.99	0.324
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.0455496	0.0182236	2.5	0.012
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0261492	0.0199293	1.31	0.19
	ln (total pasivo/ total activo)	-0.05079	0.0234996	-2.16	0.031
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.1697428	0.0239584	7.08	0
	ln (ventas producción)	0.0264276	0.0073511	3.6	0
	constante	-0.3564587	0.0872488	-4.09	0

Comercio al por mayor y al por menor	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0150971	0.0035949	4.2	0
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.0887691	0.0094424	9.4	0
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0264881	0.0070626	3.75	0
	ln (total pasivo/ total activo)	-0.030871	0.014687	-2.1	0.036
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.2648793	0.0216521	12.23	0
	ln (ventas producción)	-0.0290201	0.0047371	-6.13	0
	constante	-0.1502729	0.0592606	-2.54	0.011

Hoteles y restaurantes	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0235532	0.0143537	1.64	0.101
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1337397	0.0399902	3.34	0.001
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	-0.0066103	0.0287042	-0.23	0.818
	ln (total pasivo/ total activo)	0.043587	0.0400358	1.09	0.276
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.2372935	0.0416815	5.69	0
	ln (ventas producción)	-0.0062352	0.0183449	-0.34	0.734
	constante	0.3196442	0.221175	1.45	0.149

Transporte, almacenamiento y comunicaciones	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.00856	0.0050605	1.69	0.091
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.1535664	0.0188078	8.17	0
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0642755	0.0148654	4.32	0
	ln (total pasivo/ total activo)	-0.0058163	0.0122141	-0.48	0.634
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0022625	0.0054453	0.42	0.678
	ln (ventas producción)	0.0231608	0.0082652	2.8	0.005
	constante	0.3698291	0.0914669	4.04	0

Intermediación financiera	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.008632	0.0074448	1.16	0.246
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.0649234	0.0271098	2.39	0.017
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0417754	0.0206165	2.03	0.043
	ln (total pasivo/ total activo)	-0.0054741	0.0063469	-0.86	0.388
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0159699	0.0193652	0.82	0.41
	ln (ventas producción)	-0.117659	0.0118139	-9.96	0
	constante	0.3695046	0.0838533	4.41	0

Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciu6)	0.0129698	0.0030243	4.29	0
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciu6)	0.0676342	0.0099106	6.82	0
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciu6)	0.0768494	0.0096323	7.98	0
	ln (total pasivo/ total activo)	0.0109296	0.0107102	1.02	0.308
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0627732	0.0064893	9.67	0
	ln (ventas producción)	0.0024195	0.0047525	0.51	0.611
	constante	0.0764665	0.0528043	1.45	0.148

Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciuu6)	0.0259683	0.0099497	2.61	0.009
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciuu6)	0.0858858	0.0306738	2.8	0.005
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciuu6)	0.0417526	0.0242042	1.73	0.085
	ln (total pasivo/ total activo)	-0.0128649	0.0173697	-0.74	0.459
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0512868	0.0199442	2.57	0.01
	ln (ventas producción)	-0.0228357	0.0130262	-1.75	0.08
	constante	0.2590088	0.1109757	2.33	0.02

Enseñanza	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciuu6)	0.0076579	0.0070732	1.08	0.279
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciuu6)	0.0568842	0.0229486	2.48	0.013
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciuu6)	0.0165498	0.0159289	1.04	0.299
	ln (total pasivo/ total activo)	0.0595769	0.0236282	2.52	0.012
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0529904	0.0123438	4.29	0
	ln (ventas producción)	0.0427089	0.0104762	4.08	0
	constante	0.1159663	0.1087364	1.07	0.286

Actividades de servicios sociales y de salud	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciuu6)	0.0042178	0.0073956	0.57	0.569
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciuu6)	0.0931544	0.02465	3.78	0
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciuu6)	0.0297842	0.0229037	1.3	0.194
	ln (total pasivo/ total activo)	0.0359238	0.0173832	2.07	0.039
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.1634456	0.0260141	6.28	0
	ln (ventas producción)	-0.0427644	0.0114607	-3.73	0
	constante	0.5047758	0.1034233	4.88	0

Otras actividades comunitarias sociales y personales de tipo servicios	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciuu6)	0.0128993	0.0057189	2.26	0.024
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciuu6)	0.1039197	0.0196754	5.28	0
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciuu6)	0.0331824	0.0177166	1.87	0.061
	ln (total pasivo/ total activo)	0.0457989	0.0122222	3.75	0
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.0755739	0.0160268	4.72	0
	ln (ventas producción)	-0.0464749	0.0070257	-6.61	0
	constante	0.2714677	0.0552612	4.91	0

Organizaciones y órganos extraterritoriales (79 obs.)	In_index1 (betw empresa/betw promedio ciuu6)	0.111071	0.0757693	1.47	0.15
	In_index2 (indeg empresa/indeg promedio ciuu6)	0.4145931	0.3490178	1.19	0.241
	In_index3 (outdeg empresa/outdeg promedio ciuu6)	-0.6106559	0.3940796	-1.55	0.128
	ln (total pasivo/ total activo)	0.0286214	0.026754	1.07	0.29
	ln (cts. intermedios/total activo)	0.7063975	0.4475537	1.58	0.121
	ln (ventas producción)	-0.3709289	0.1715227	-2.16	0.036
	constante	1.02611	0.5967935	1.72	0.092