

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador

Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio

Convocatoria 2017 - 2019

Tesis para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo

Cambios en la matriz productiva: los casos de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y
Australia – Un enfoque de redes

Mario Esteban Almeida Chacón

Asesor: Wilson Pérez

Lectores: John Cajas y Fernando Martín

Quito, julio de 2020

Dedicatoria

A mis padres y mi tía Marthica, gracias por su amor entrañable y su apoyo incondicional.

Con cariño, Mario

Tabla de contenidos

| | |
|---|------|
| Resumen | VII |
| Agradecimientos..... | VIII |
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1 | 3 |
| Marco Teórico | 3 |
| 1. Análisis insumo producto..... | 3 |
| 1.1. Matriz insumo producto | 3 |
| 1.2. Tipos de matriz insumo producto..... | 4 |
| 2. Teoría de Redes | 5 |
| 2.1. Origen del análisis de redes..... | 5 |
| 2.2. Estructura de una red..... | 6 |
| 2.3. Medidas de centralidad..... | 9 |
| 3. Análisis de estructuras productivas | 10 |
| 3.1. Análisis sectorial | 10 |
| 3.2. La influencia de la demanda interna..... | 11 |
| 3.3. Globalización | 12 |
| 4. Estudios relacionados | 13 |
| Capítulo 2 | 17 |
| Marco Metodológico | 17 |
| 1. Bases de datos | 17 |
| 2. Países sujetos de estudio | 18 |
| 2.1. Alemania | 18 |
| 2.2. Brasil | 19 |
| 2.3. China | 20 |
| 2.4. Estados Unidos | 21 |
| 2.5. Australia | 21 |
| 3. Indicadores | 22 |
| 3.1. Encadenamientos hacia atrás..... | 22 |
| 3.2. Centralidad PageRank..... | 25 |
| 3.3. Centralidad Eigenvector..... | 26 |
| 3.4. Centralidad Hub | 27 |
| 4. Análisis de indicadores..... | 28 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Capítulo 3 | 30 |
| Resultados | 30 |
| 1. Comparación de indicadores | 30 |
| 1.1. Alemania | 30 |
| 1.2. Brasil | 31 |
| 1.3. China | 32 |
| 1.4. Estados Unidos | 33 |
| 1.5. Australia | 34 |
| 2. Análisis sectorial | 35 |
| 2.1. Alemania | 35 |
| 2.2. Brasil | 40 |
| 2.3. China | 44 |
| 2.4. Estados Unidos | 47 |
| 2.5. Australia | 50 |
| Conclusiones | 55 |
| Anexos..... | 61 |
| Lista de referencias..... | 68 |

Ilustraciones

Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ejemplo de grafo..... | 7 |
| Figura 2. Grafo no dirigido | 8 |
| Figura 3. Grafo dirigido | 8 |
| Figura 4. Ejemplo de grafo dirigido y ponderado | 8 |
| Figura 5. Alemania - encadenamientos hacia atrás y PageRank | 30 |
| Figura 6. Alemania - Eigenvector y Hub | 31 |
| Figura 7. Brasil - encadenamientos hacia atrás y PageRank | 31 |
| Figura 8. Brasil - Eigenvector y Hub | 32 |
| Figura 9. China - encadenamientos hacia atrás y PageRank | 32 |
| Figura 10. China - Eigenvector y Hub | 33 |
| Figura 11. EE.UU. - encadenamientos hacia atrás y PageRank..... | 33 |
| Figura 12. EE.UU. - Eigenvector y Hub | 34 |
| Figura 13. Australia - encadenamientos hacia atrás y PageRank..... | 34 |
| Figura 14. Australia - Eigenvector y Hub | 35 |
| Figura 15. Alemania - Fabricación de vehículos..... | 36 |
| Figura 16. Alemania - Construcción | 37 |
| Figura 17. Alemania - Maquinaria y equipo | 39 |
| Figura 18. Brasil - Construcción | 40 |
| Figura 19. Brasil - Fabricación de vehículos..... | 41 |
| Figura 20. Brasil - Alimentos y bebidas..... | 42 |
| Figura 21. China - Industria Automotriz..... | 44 |
| Figura 22. China - Metales básicos | 45 |
| Figura 23. China - Electricidad, gas, aire acondicionado..... | 46 |
| Figura 24. EE.UU. - Administración pública y defensa..... | 47 |
| Figura 25. EE.UU. - Construcción | 48 |
| Figura 26. EE.UU. - Bienes raíces | 49 |
| Figura 27. Australia - Construcción | 51 |
| Figura 28. Australia - Metales básicos | 52 |
| Figura 29. Australia - Minas y canteras | 53 |
| Figura 30. Alemania – Eigenvector 56 sectores..... | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 31. Alemania - Hub 56 sectores..... | 63 |
| Figura 32. Brasil - Eigenvector 56 sectores | 63 |
| Figura 33. Brasil – Hub 56 sectores | 64 |
| Figura 34. China - Eigenvector 56 sectores | 64 |
| Figura 35. China - Hub 56 sectores..... | 65 |
| Figura 36. EE.UU. - Eigenvector 56 sectores | 65 |
| Figura 37. EE.UU. - Hub 56 sectores..... | 66 |
| Figura 38. Australia - Eigenvector 56 sectores | 66 |
| Figura 39. Australia - Hub 56 sectores..... | 67 |

Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Matriz insumo producto (MIP) | 4 |
| Tabla 2. Matriz simétrica..... | 23 |
| Tabla 3. Matriz A | 23 |
| Tabla 4. Matriz de multiplicadores..... | 24 |

Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis

Yo, Mario Esteban Almeida Chacón, autor de la tesis titulada “Cambios en la matriz productiva: los casos de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia – Un enfoque de redes” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, julio de 2020



Mario Esteban Almeida Chacón

Resumen

La presente investigación muestra un análisis de estructuras productivas desde un enfoque de redes. Se comparan los indicadores *PageRank*, *Eigenvector*, *Hub* y encadenamientos hacia atrás, contruidos a partir de las matrices insumo producto de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia. Se expone el potencial de los indicadores aplicados, además de un análisis de los sectores más influyentes con una breve descripción de su historia económica reciente.

Agradecimientos

Mi gratitud imperecedera al profesor Wilson Pérez, por haber guiado mi crecimiento académico y personal, además mi reconocimiento por ser una extraordinaria persona.

A Cinthya, Dennys, Fausto y Víctor, por su amistad sincera y ayuda desinteresada. Estaré siempre agradecido con ustedes.

A Dani, por su amor y aliento inquebrantable.

A Sofía, por su amistad y motivación inagotable.

Introducción

La expansión sostenida del proceso de globalización y la consecuente interdependencia de las industrias invitan a plantearse cuestionamientos en el ámbito del análisis económico, entre ellos: ¿Cómo fue el desenvolvimiento de las mayores economías del mundo en años recientes?, ¿Cambió su estructura productiva en un período en el que ocurrió una crisis económica mundial?, ¿Es posible evidenciar esas variaciones a través de herramientas desarrolladas para el análisis económico?

La creciente utilización de la teoría de redes en el estudio de las ciencias sociales, junto a la noción que concibe a las estructuras productivas como las redes que configuran la economía, motivó la aplicación de un conjunto de técnicas para dar respuesta a las preguntas antes planteadas. El principal aporte de este trabajo radica en analizar estas estructuras de industrias interconectadas desde una perspectiva distinta a las ofrecidas por metodologías tradicionales, estas últimas aplicadas desde hace varias décadas atrás.

Aunque el análisis económico desde el enfoque de redes todavía se encuentra en desarrollo, existe expectativa acerca del potencial real de esta metodología. No obstante, son pocas las investigaciones que incorporan características elementales de las redes en economía, a saber dirección y ponderación. Por ello, es necesaria la incorporación de indicadores que recojan en sus cálculos los efectos de tener enlaces con mayor probabilidad de ocurrencia y la dirección con la que se efectúan sus interacciones.

En cuanto a la estructura del documento, inicia con una revisión teórica del análisis insumo producto. A continuación, se desarrolla una breve introducción a la teoría de redes que incluye una descripción sucinta de medidas de centralidad para redes dirigidas y ponderadas. En el ámbito económico, se reseñan temáticas referentes al análisis sectorial, la influencia de la demanda interna y la globalización. El acápite cierra con una descripción de investigaciones similares a esta tesis en cuanto al enfoque y metodologías aplicadas.

En el aspecto metodológico, se exponen las razones por las cuales Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia son las economías seleccionadas para esta investigación. Posteriormente, se explica la composición de las matrices insumo producto obtenidas por el período 2000-2014. La sección concluye con la definición formal y descripción de los

indicadores de centralidad *Pagerank*, *EigenVector* y *Hub*, además del indicador del enfoque tradicional encadenamientos hacia atrás de Rasmussen-Hirschman.

En la cuarta sección se presenta un análisis comparativo de los indicadores de centralidad y enfoque tradicional. Utilizando *PageRank* y encadenamientos hacia atrás, se muestran los resultados de los sectores económicos más influyentes, sus oscilaciones significativas y la argumentación de eventos relevantes en el ámbito económico, político, social y tecnológico. Para finalizar, se presentan las conclusiones a partir de la idoneidad de los indicadores aplicados y de los cambios advertidos en las estructuras productivas.

Capítulo 1

Marco Teórico

1. Análisis insumo producto

El Análisis Insumo Producto es una metodología desarrollada por Wassily Leontief (1986, 19), para “cuantificar sistemáticamente las interrelaciones mutuas entre varios sectores de un sistema económico complejo”. Constituye una herramienta importante del análisis económico que se expandió con rapidez a nivel mundial y es utilizada en todo tipo de economías, incluidas aquellas “altamente desarrolladas, tanto las que se dedican a la planificación económica como las que se basan principalmente en el mecanismo del mercado para la asignación de recursos y la distribución de los ingresos” (Miernyk 1965, 2).

La noción fundamental es que el proceso de producción de una industria puede ser descrito en términos cuantitativos por un vector de coeficientes que recoge la relación entre los insumos utilizados y los productos elaborados. Las interrelaciones entre sectores son descritas mediante un sistema de ecuaciones lineales que denotan los equilibrios entre los bienes y servicios utilizados y producidos en un determinado período. Esto posibilita la representación sintética de un sistema económico complejo que engloba a todos los sectores de la economía (Leontief 1986, 19).

Además, una de las fortalezas de esta metodología es la versatilidad en cuanto a la extensión del sistema al cual puede ser aplicado, Isard (1951, 318) refiere que “permite un ataque a un conjunto específico de problemas significativos” en el ámbito de la economía espacial. Además, considerando estudios más recientes como los desarrollados por Blöchl et al. (2011), Cerina et al. (2015) y Soyuyigit y Boz (2017) se puede afirmar que su utilización se extiende a una amplia escala que abarca los niveles mundial, regional, nacional e incluso organizacional.

1.1. Matriz insumo producto

La matriz insumo producto (MIP) fue desarrollada dentro de la metodología insumo producto, la misma “describe el flujo de bienes y servicios entre todos los sectores individuales de una economía nacional durante un período de tiempo establecido” (Leontief 1986, 19-20). En el mismo sentido, Miller y Blair (2009, 2) señalan que una tabla de transacciones interindustriales contiene los “flujos de productos de cada sector industrial, considerado como productor, a cada uno de los sectores, a sí mismo y a otros, considerados como consumidores”.

Adicionalmente, el Banco Central del Ecuador - BCE - (2015) menciona que esta herramienta permite complementar la información generada por las Cuentas Nacionales por cuanto condensa en una tabla todas las relaciones de producción y consumo intermedio de una economía, habitualmente en el lapso de 1 año.

La estructura de la matriz tiene en las filas y columnas a los mismos sectores y las entradas representan los flujos intersectoriales de bienes o servicios, expresados en unidades monetarias. Estas filas, “describen la distribución de la producción de un productor en toda la economía, y las columnas describen la composición de los insumos requeridos por una industria en particular para producir su producción” (Miller y Blair 2009, 2).

Es importante tomar en cuenta que el nivel de agregación de las MIP, propicia el establecimiento de las cualidades del sistema económico con mayor precisión, tal como lo señala Miernyk (1965, 2) “se obtiene cierta ventaja por desagregación; es decir, al tener un desglose detallado de industrias y sectores”. Por lo tanto, la estructura del proceso productivo de un sector estará representada por un amplio número de diferentes sectores.

Tabla 1. Matriz insumo producto (MIP)

| Demanda Intermedia | | | | | | Demanda Final | | | | | | | |
|--------------------|--|------------|----------|---|---|---------------|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|---|---------------|------------------|
| Sector | | Columnas j | | | | Sector n | Gasto en consumo final de hogares | Gasto en consumo final de Instituciones sin fines de lucro (ISFLSH) | Gasto en consumo final del gobierno | Formación bruta de Capital Fijo | Variación de inventarios y objetos de valor | Exportaciones | Producción Total |
| | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | | | | | | | | |
| Filas i | Sector 1 | | | | | | | | | | | | |
| | Sector 2 | | | | | | | | | | | | |
| | . | | | | | | | | | | | | |
| | Sector n | | | | | | | | | | | | |
| | Consumo Intermedio Total | | | | | | | | | | | | |
| | Impuestos menos subsidios sobre productos | | | | | | | | | | | | |
| | Cif/ fob Ajustes en exportaciones | | | | | | | | | | | | |
| | Compras directas en el extranjero por residentes | | | | | | | | | | | | |
| | Compras en territorio nacional por no residentes | | | | | | | | | | | | |
| | Valor agregado a precios básicos | | | | | | | | | | | | |
| | Márgenes de transporte internacional | | | | | | | | | | | | |
| | Producción en precios básicos | | | | | | | | | | | | |

Fuente: World Input-Output Database (WIOD¹)

1.2. Tipos de matriz insumo producto

¹ World Input-Output Tables, 2016 Release, World Input-Output Database, acceso el 22 de noviembre de 2018, <http://www.wiod.org/database/wiots16>.

Las matrices pueden ser de dos tipos: a) Industria por industria y b) Producto por producto. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE² define que las matrices tipo a) “muestran flujos de bienes y servicios finales e intermedios definidos de acuerdo con los resultados de la industria”, por su parte las matrices del tipo b) muestran los flujos “de acuerdo con los resultados del producto”.

Esta tesis se centra en el tipo industria por industria, por cuanto “es una herramienta empírica muy útil para la investigación económica y el análisis estructural a nivel internacional, ya que destaca las relaciones interindustriales que cubren todos los sectores de la economía”, como lo apunta la OCDE;³ y específicamente aquella que supone una estructura fija de ventas por productos, en la cual se asume que “representa la distribución de la demanda entre los usuarios, que depende del producto y no de la industria” (BCE 2015).

2. Teoría de Redes

2.1. Origen del análisis de redes

Las redes existen en todos los aspectos que nos rodean, entendiéndose como un conjunto de unidades que están interrelacionadas como el ejemplo de las redes sociales o las redes de comercio, cuya comprensión ha motivado el estudio de su estructura, características, potencialidades y aplicabilidad.

Las redes sociales impregnan nuestra vida social y económica. Desempeñan un papel central en la transmisión de información sobre oportunidades de trabajo y son fundamentales para el comercio de muchos bienes y servicios. Son la base de la provisión de seguros mutuos en los países en desarrollo. Las redes sociales también son importantes para determinar cómo se propagan las enfermedades, qué productos compramos, qué idiomas hablamos, cómo votamos, así como si decidimos convertirnos en delincuentes, cuánta educación obtenemos y nuestra probabilidad de tener éxito profesionalmente (Jackson 2010, 17).

El análisis de redes sociales es una “técnica interdisciplinaria desarrollada bajo muchas influencias, las más importantes provienen de las matemáticas y la informática” (Otte y Rousseau 2002, 442). La contribución esencial proviene de las matemáticas a través de la

² Input-Output Tables (IOTs), OECD, acceso el 16 de julio de 2019, <http://www.oecd.org/sti/ind/input-outputtables.htm>.

³ Input-Output Tables (IOTs), OECD, acceso el 16 de julio de 2019, <http://www.oecd.org/sti/ind/input-outputtables.htm>.

teoría de grafos,⁴ a partir de la cual se han desarrollado una serie de avances en la solución de dilemas planteados desde distintas ramas de investigación.

Las ciencias sociales abordaron el análisis de redes desde inicios de la década de 1920, destacándose en el plano económico el estudio del comercio a nivel de países, así como el análisis de relaciones comerciales entre firmas. En años más recientes, han evolucionado las herramientas utilizadas para el análisis de datos y la información disponible para ello, estos avances han posibilitado el estudio de redes caracterizadas por su complejidad y variación en el tiempo (Boccaletti et al. 2006).

En este sentido, existe un amplio número de estudios sobre sistemas sociales y económicos que han aportado al desarrollo del análisis de redes.

Durante la última década, ha habido una explosión de interés en la investigación de redes en las ciencias físicas y sociales. Para los científicos sociales, la teoría de las redes ha sido una mina de oro, dando explicaciones para los fenómenos sociales en una amplia variedad de disciplinas, desde la psicología hasta la economía (Borgatti et al. 2009).

Sin embargo, su unificación sigue siendo motivo de discusión y no se ha formulado una teoría absoluta aún; tal como lo señalan Otte y Rousseau (2002, 441) “el análisis de redes sociales, a veces también denominado "análisis estructural", no es una teoría formal, sino una estrategia amplia para investigar las estructuras sociales.

Por tal razón, se sugiere ser cauto en la generalización de las interpretaciones ya que mayoritariamente están sujetas a condiciones propias de cada hecho estilizado y más allá de ello, las redes cambian con el tiempo y se superponen de distintas maneras (Jackson 2010, 83-85).

2.2. Estructura de una red

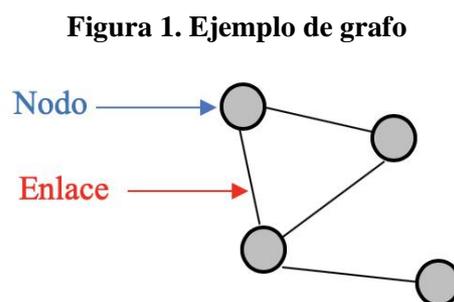
⁴ La teoría de grafos tiene su origen en 1736 cuando Leonhard Euler encontró una ruta de ida y vuelta que atravesaba una sola vez cada uno de los puentes de la entonces ciudad de Königsberg, actualmente Kaliningrado, Rusia (Boccaletti et al. 2006).

El análisis de redes sociales y económicas se ha desarrollado sobre la base las matemáticas discretas como se había citado anteriormente, en este sentido Boccaletti et al. (2006, 180) señalan que “la teoría de grafos es el marco natural para el tratamiento matemático exacto de redes complejas y, formalmente, una red compleja puede representarse como un grafo” como las redes de comercio.

Por su parte Wellman (1983, 172-173) menciona que esta metodología ayuda al análisis de enlaces que son “asimétricamente recíprocos y difieren en contenido e intensidad” y además “vinculan a los miembros de la red de manera indirecta y directa; por lo tanto, los lazos deben analizarse dentro del contexto de estructuras de red más grandes”.

En cuanto a la definición formal de una red, esta tesis toma como referencia a autores como Boccaletti et al. (2006, 180), Borgatti y Everett (2006), Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015), Jackson (2010) y se define lo siguiente:

Un grafo $G = (V, E)$ consta de un conjunto V de vértices o nodos, tal que $V \neq \emptyset$ y un conjunto E de aristas o enlaces (líneas que enlazan los vértices o nodos) expresadas como pares de elementos de V . En análisis de redes, un nodo $v \in V$ representa objetos, personas, países, industrias, entre otros; y dos nodos son conectados por un enlace $e(v_1, v_2) \mid e \in E \wedge v_i \in V$.

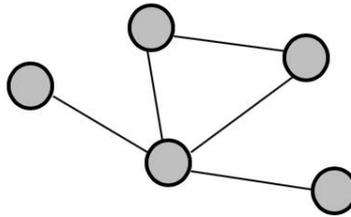


Fuente: Adaptación de Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015, 214)

Un enlace describe la existencia de una relación entre los nodos que conecta, como una transacción comercial entre dos industrias, que involucra la compraventa de bienes o servicios, es decir, existe una dirección de las transacciones. En teoría de redes implicaría que los

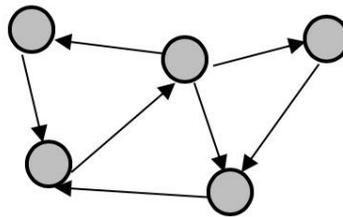
enlaces tienen una trayectoria definida, por lo tanto la red es un grafo dirigido. Si los enlaces no tienen un sentido específico, se dice que el grafo es no dirigido.

Figura 2. Grafo no dirigido



Fuente: Adaptación de Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015, 215)

Figura 3. Grafo dirigido

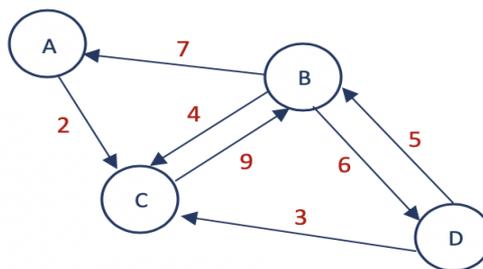


Fuente: Adaptación de Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015, 215)

Un grafo en el cual sus enlaces expresan la magnitud de sus conexiones es un grafo ponderado $G^w = (V, E)$.

Ponderación numérica: En el caso de la matriz insumo producto, al ser considerada una red, la ponderación de las transacciones comerciales estaría representada por el volumen de las mismas en términos monetarios. Un valor elevado indica fortaleza de la conexión entre las industrias que el enlace vincula.

Figura 4. Ejemplo de grafo dirigido y ponderado



Fuente: Adaptación de Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015, 241)

2.3. Medidas de centralidad

Al estudiar una red, el objetivo no se limita únicamente a un nodo, sino a la influencia del resto de nodos de la red, o al menos por los nodos de su entorno, a una distancia de n pasos. La centralidad generalizada no está explícitamente definida en la teoría de grafos, sin embargo se asume como la “fortaleza de los nodos en términos del peso total de sus conexiones” (Barrat et al. 2004, 3748).

Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke (2015) identifican tres tipos de técnicas para medir el impacto del entorno sobre un nodo:

- a. Medidas de vecindario: están enfocadas en calcular el impacto del nodo y sus vecinos inmediatos, entre ellas grado, triángulos, vecino relacional y relacional probabilístico;
- b. Medidas de centralidad: miden cuán influyente es un nodo, generalmente en función de todos los nodos que componen la red, por ejemplo caminos geodésicos, betweenness y closeness; y
- c. Algoritmos de inferencia colectiva: calculan la probabilidad de que un nodo esté expuesto a un evento y la probabilidad de que este evento influya en un nodo determinado. El diseño de estos algoritmos permite que la red entera se actualice simultáneamente y se pueda capturar efectos a larga distancia.

Considerando las características de las métricas descritas, se podría colegir que las medidas de vecindario no son las adecuadas para aplicarse en una red basada en la matriz insumo producto, por cuanto el objetivo es determinar el impacto de un nodo sobre toda la red, mas no únicamente en aquellos nodos que se encuentran cerca, pues una industria puede generar efectos directos e indirectos que se propaguen hacia toda la economía (Miller y Blair 2009).

Las medidas de centralidad tradicionales tampoco son las adecuadas para el tipo de red basada en el comercio, pues en este tipo de medidas, también llamadas geométricas por Boldi y Vigna (2014), la centralidad de los nodos es “una función de las distancias; más precisamente, una centralidad geométrica depende solo de cuántos nodos existen a cada distancia”. Además, Barrat et al. (2004, 3750) mencionan que estas medidas “se definen únicamente por motivos topológicos, y la inclusión de pesos y sus correlaciones puede cambiar constantemente nuestra visión de la organización jerárquica y estructural de la red”.

En una red real de industrias, las transacciones tienen dirección y ponderación, no dependen de rutas ideales sino de las relaciones comerciales entre proveedores y compradores que se desenvuelven en un conjunto de condiciones propias de cada industria, país y región, configurando distintas jerarquizaciones y estructuras para cada red. Estas características no son recogidas por las medidas tradicionales de centralidad tales como caminos geodésicos, *closeness* o *betweenness* (Blöchl et al. 2011, 2).

En consecuencia, se descartan las medidas de vecindad y centralidad; y se aceptan los algoritmos de inferencia colectiva, ya que permiten caracterizar un nodo en una red dirigida y ponderada. Jensen, Neville y Gallagher (2004, 593) destacan que esta metodología “puede reducir significativamente el error de clasificación en comparación con las técnicas de inferencia tradicionales” puesto que incorpora dependencia entre las etiquetas de clase de los nodos y las de sus adyacentes; por lo tanto la clasificación o ranking de un nodo depende del ranking de otros nodos.

3. Análisis de estructuras productivas

3.1. Análisis sectorial

El análisis de la estructura productiva que impulsa la economía de un país es un aspecto clave para desarrollar mecanismos y políticas públicas industriales que contribuyan al desarrollo económico (Micic 2009). Los sectores inmersos en actividades de manufactura constituyen una de las principales fuerzas del crecimiento sostenido de las economías, con significativa participación en la generación de empleo y aporte al PIB registrados durante décadas (Haraguchi, Fang Chin Cheng y Smeets 2017).

Por su parte, la Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - UNIDO - (2017) señala que:

Las tendencias mundiales recientes han llevado a algunos observadores a concluir (erróneamente) que la fabricación ya no es un sector clave de la economía. Una opinión popular es que la importancia de la fabricación se ha reducido en las últimas décadas, en línea con el surgimiento de la sociedad "postindustrial".

En este sentido, es remarcable la posición de Chang (2016) al señalar que “ningún país, excepto algunos estados excepcionalmente ricos en petróleo (por ejemplo, Qatar, Kuwait,

Brunei) o refugios financieros muy pequeños (por ejemplo, Mónaco, Liechtenstein), ha logrado niveles de vida altos y sostenibles sin desarrollar un sector manufacturero significativo”.

Las conclusiones erróneas sobre la manufactura están construidas desde una visión de la producción al observar que la fabricación de bienes ha mermado su participación respecto de otros sectores, por lo cual podría percibirse un proceso de desindustrialización. En respuesta, la UNIDO (2017) impulsa una perspectiva desde la demanda, la cual plantea que:

A medida que aumenta el ingreso, los hogares tienden a diversificar sus patrones de consumo de las necesidades básicas (alimentos y vivienda) hacia una variedad más sofisticada de bienes y servicios. Las nuevas demandas crean nuevos mercados, que a su vez dan lugar a la aparición de nuevas industrias (UNIDO 2017).

En este proceso se originan nuevas fuentes generadoras de rentas, incrementan los salarios de los trabajadores y las ganancias de industrias nuevas y en crecimiento, la demanda se expande y genera nuevas oportunidades de diversificación, fomenta la competencia y la innovación que se traduce en menores precios, aumenta la capacidad adquisitiva de los consumidores y se configura un círculo virtuoso para la economía y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas (UNIDO 2017).

No obstante, un factor esencial es la tecnología y la velocidad con la que un país puede acceder a nuevas tecnologías e incorporarla en sus procesos de producción es decisiva para la expansión y creación de industrias. En este sentido, Comin y Hobijn (2004, 39) señalan que “. . . los determinantes más importantes de la velocidad a la que un país adopta tecnologías son la dotación de capital humano del país, el tipo de gobierno, el grado de apertura al comercio y la adopción de tecnologías predecesoras”.

3.2. La influencia de la demanda interna

La absorción doméstica constituye uno de los principales motores de un país, pues esta relación de producción y consumo muestra la capacidad de un sistema económico para satisfacer sus necesidades sin depender mayoritariamente de mercados extranjeros, lo cual le aporta menor grado de sensibilidad y mayor campo de acción ante eventuales problemas originados internamente. China constituye un ejemplo reciente, en donde se consensó sobre:

... la importancia del crecimiento impulsado por el consumo o el desarrollo de la demanda interna o un mercado interno que ha sido designado de diversas maneras como una 'nueva fuente', 'nuevo impulso' o el 'motor principal' para el crecimiento económico a largo plazo. . . (Croll 2006, 1)

Asimismo, las Naciones Unidas (ONU) a través de su oficina para el desarrollo industrial estima que:

Durante al menos 25 años, la absorción interna ha impulsado la demanda final de fabricación, tanto a nivel mundial como en todos los países en diferentes etapas de desarrollo industrial. Hay diferencias entre los grupos de países. Las economías más avanzadas tienden a depender más de la demanda extranjera, aunque la absorción interna sigue siendo, con mucho, el componente más importante (UNIDO 2017, 66).

En este sentido, cabe mencionar los casos de economías gigantes como Alemania, Brasil, China, EE.UU. y Australia que se analizan en los próximos capítulos, países en los cuales se manifiestan distintas realidades de sus industrias, por una parte están aquellas cuya demanda mayoritariamente sigue siendo interna y en consecuencia depende de la solidez de su mercado nacional, mientras existen otras industrias cuya demanda se encuentra mayoritariamente al otro lado de sus fronteras, escenario que tiene al proceso de globalización como el principal motor.

3.3. Globalización

Es un proceso a través del cual el mundo ha incrementado su conectividad en términos comerciales, financieros, tecnológicos, políticos y sociales, motivada principalmente por la disminución de costos de transporte, comunicación y barreras a la comercialización internacional. Sin embargo, la globalización no necesariamente es positiva o negativa, pues existe evidencia de efectos nocivos en economías en desarrollo, mientras aquellas economías industrializadas con altos ingresos han resultado especialmente beneficiadas (Frankel 2000).

Dentro de este proceso global, existe un factor clave que es la competencia económica internacional, la cual, según Simmons y Elkins (2004) influye en las transiciones políticas de liberalización y restricción de los gobiernos, haciéndolos sensibles ante señales externas.

Además, factores geográficos y temporales comunes, así como el deseo de atraer inversión extranjera, configuran una suerte de proceso de aprendizaje de los gobiernos en búsqueda de la política económica apropiada.

La globalización ha abierto nuevos duelos de competencia y poder, “. . . cambiando no solo lo que los estados, empresas y gente hacen, está también cambiando cómo se ven a sí mismos y qué es lo que quieren” (Woods 2000, 17). Estos cambios han motivado la reorganización de las firmas respecto a cómo y dónde producir.

En el ámbito de esta tesis, las ideas sobre globalización anteriormente reseñadas se consideran relevantes en favor del objetivo de la investigación, pues aportan un contexto de conectividad y vinculación global a las estructuras productivas de los países y su desenvolvimiento en el tiempo.

4. Estudios relacionados

El estudio de la economía desde el enfoque de redes se ha multiplicado desde la década de los 2000 con el objetivo de encontrar la metodología óptima para entender los sistemas complejos que se configuran en distintos niveles de comercio, incluyendo escala global, regional, nacional y local (Boldi y Vigna 2014).

En esta búsqueda de la perspectiva idónea para estudiar redes económicas, se han desarrollado investigaciones sobre la base de las matrices insumo producto como un instrumento que por su naturaleza puede expresarse como un grafo, en donde las industrias pasan a ser los nodos de la red y sus transacciones comerciales corresponden a los enlaces dirigidos y ponderados en términos monetarios.

Boccaletti (2006) menciona que, en cuanto a análisis de redes complejas, existe una vasta cantidad de hallazgos sin embargo las investigaciones siguen desarrollándose dado que muchos de los modelos propuestos a partir de la teoría de grafos resultaron estar lejos de las redes reales. Investigadores han continuado el trabajo de desarrollar nuevos modelos que simulen las propiedades estructurales de una red y su evolución en el tiempo, entendiéndose que existen factores que influyen en la estructura y funcionamiento del sistema.

Jackson (2010) señala que el análisis de redes económicas ha recibido amplios e importantes aportes de hechos estilizados, sin embargo estos resultados no podrían ser adoptados de forma universal dado que la mayoría proviene de condiciones específicas, más aún, partiendo del hecho que las redes evolucionan en el tiempo y se intercalan de diversas formas.

Blöchl et al. (2011) desarrollaron una investigación en la que toman la matriz insumo producto como una red, interpretando cada sector como un vértice y el flujo de transacciones comerciales entre sectores como enlaces dirigidos y ponderados.

Destacan que en esta aplicación de teoría de redes complejas la identificación y clasificación de sectores es la tarea de aplicar una medida adecuada de centralidad al grafo, no obstante coligen que no existe una medida de centralidad ideal que prevalezca sobre el resto y desarrollan las suyas propias.

Concluyen que el actual acceso a información económica global hace imprescindible la aplicación y verificación de los diferentes enfoques a las redes complejas reales, pues aún existe mucho trabajo por hacer en esta área, como el estudio de la evolución de las redes en el tiempo.

Soyyigit y Boz (2017) exponen que el análisis de redes permite sintetizar sistemas complejos a través de interacciones entre los miembros que lo componen. El análisis de redes ha generado gran interés en los hacedores de política pública puesto que es viable abordar la problemática económica y social que enfrentan sus sistemas desde este enfoque, dada su versatilidad para ser aplicada en gran parte de redes reales.

A través de la aplicación en las matrices de insumo producto pueden identificarse los actores clave en la oferta y demanda interna en la economía de un país y junto a una correcta aplicación e interpretación de indicadores de centralidad robustecen la potencialidad del análisis de redes.

En cuanto a la metodología los autores plantean que la caracterización de los nodos de la red es solo la primera parte del análisis, en el siguiente paso correspondería estudiar las consecuencias de choques de oferta o demanda mediante simulaciones y determinar cambios en la red de producción, local, regional o global.

Cerina et al. (2015) a partir de la World Input Output Table WIOT o matriz mundial insumo producto, desarrollaron un análisis a nivel global, regional y local en el que clasifican los sectores que componen la red de acuerdo a su índice de centralidad.

En lo referente al análisis local, los autores exponen que compararon las medidas tradicionales de encadenamientos hacia atrás versus medidas de centralidad basadas en redes: *PageRank* y Medida de Núcleo de Comunidad, resaltando que las dos últimas brindan información significativa para la identificación de sectores clave.

Concluyen que las medidas de centralidad de redes aportan resultados adicionales puesto que determinan la importancia tanto del sector objetivo como la de aquellos nodos a los cuales se encuentra conectado, de manera que una alta centralidad de los últimos influirá positivamente en la centralidad del sector objetivo. Finalmente, proponen que las medidas de centralidad no solo pueden utilizarse para complementar los análisis tradicionales de encadenamientos hacia atrás, sino que podrían sustituirlos.

Tomando como punto de referencia las investigaciones antes mencionadas, es posible colegir que existe un creciente interés en las aplicaciones de la teoría de grafos en el estudio de la economía y un apartado específico son las matrices insumo producto, cuya estructura permite que puedan ser analizadas como una red.

Sin embargo, en las transacciones comerciales existe una dirección en la que se transfieren los bienes o servicios, existe una valoración en la que se efectúa cada movimiento comercial y los volúmenes de las interacciones dependerán del tipo de sector y su cadena de producción, por lo tanto cada enlace es diferente y por ello el análisis de redes sociales y económicas ha concentrado esfuerzos en desarrollar técnicas que permitan abordar el estudio de casos como la matriz insumo producto en los que las redes son dirigidas y ponderadas.

Por otra parte, los autores mencionados en la revisión bibliográfica coinciden en que el análisis de redes sociales aun es una teoría en desarrollo pues señala que el objetivo es caracterizar de manera óptima los nodos y garantizar su aplicabilidad hacia redes existentes en el mundo real.

Los resultados de las investigaciones referenciales para el desarrollo de esta tesis, se enfocan en presentar un listado de los sectores económicos ordenados por su importancia, cuantificada a través de las distintas medidas de centralidad aplicadas. Presentan además, un comparativo entre los listados de los sectores más importantes, destacan las diferencias y similitudes existentes y resaltan las potencialidades y debilidades de las medidas de centralidad.

Las apreciaciones generalizadas de los investigadores se alinean con la existencia de un distanciamiento con la realidad económica y política por la que han atravesado los países y tampoco se ha considerado la evolución de la estructura productiva en el tiempo. Por esta razón en este trabajo se incorporan estos dos factores para analizar los sectores más importantes de las economías seleccionadas, en un enfoque que dista de lo teórico metodológico, para alinearse con una exposición de la historia reciente que complementa las valoraciones de centralidad y sus oscilaciones en el tiempo.

Capítulo 2

Marco Metodológico

1. Bases de datos

Esta tesis está elaborada con base en las matrices insumo producto obtenidas del proyecto World Input-Output Database WIOD, fundado por la Comisión Europea en mayo de 2009 y lanzado oficialmente en abril de 2012. Dietzenbacher et al. (2013) resaltan que el proyecto contó con el aporte de once socios internacionales,⁵ motivados por la creciente globalización del mercado internacional, las cadenas de valor que sustentan esta dinámica expansiva y la necesidad de contar con información confiable.

A partir de la información de comercio internacional de bienes y servicios, la WIOD publicó bases de datos y marcos contables que recogen la interrelación de países e industrias, proporcionando nuevas herramientas para el análisis de causas y efectos de fenómenos relacionados con el comercio internacional, avance tecnológico, crecimiento productivo, consumo de recursos e impacto ambiental. Este conjunto de datos es relevante para distintos ámbitos de la política pública y para el trabajo de académicos e investigadores que pueden acceder a observaciones empíricas para formular y comprobar teorías (Dietzenbacher et al. 2013).

El conjunto de matrices insumo producto armonizadas están expresadas en millones de dólares estadounidenses a precios corrientes, contienen información del período 2000-2014 y están desagregadas en 56 sectores sistematizados según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme⁶ (ISIC Rev. 4). Dietzenbacher et al. (2013) explican los supuestos en los que se sustenta la metodología, a continuación se sintetizan los principales:

- a. Las Tablas de Oferta y Utilización TOU fueron utilizadas como base para la construcción de las Matrices Insumo Producto, puesto que constituyen las fuentes estadísticas más importantes y a partir de ellas los Institutos Nacionales de

⁵ Socios internacionales: Centro de Investigación Económica Europea y Universidad de Ciencias Aplicadas de Konstanz (Alemania), Instituto de Viena para Estudios Económicos Internacionales (wiiw) y el Instituto Austriaco de Investigación Económica (Austria), The Conference Board Europe (Bélgica), Instituto de Estudios Tecnológicos Prospectivos (España), Central Recherche SA y OCDE (Francia), Instituto de Comunicación y Sistemas Informáticos (Grecia), Universidad de Groningen y la Oficina de Análisis de Política Económica (Países Bajos) (Dietzenbacher et al. 2013, 72-73).

⁶ WIOD Release 2016, World Input-Output Database, acceso el 19 de julio de 2019, <http://www.wiod.org/home>.

Estadística elaboran las Matrices de Insumo Producto MIP de cada país. Se asume que cada industria produce bienes y servicios exclusivos de una industria.

- b.** Las Cuentas Nacionales fueron utilizadas como marco referencial, por cuanto son revisadas y actualizadas por cada país toda vez que se hacen modificaciones a los sistemas estadísticos, metodologías, reglas contables, y sistemas de clasificación.
- c.** Las TOU de cada país fueron estimadas para derivar series temporales a precios básicos y precios de comprador.
- d.** En lo referente a la asignación de las importaciones, en un primer paso se dividieron en dos tipos de uso: nacionales y extranjeros, en el segundo paso se dividió el uso de productos extranjeros por su país de origen; a diferencia del supuesto común que es distribuir las importaciones proporcionalmente con el mismo porcentaje fijo.
- e.** Los datos del mercado de servicios se recopilaron de fuentes como Naciones Unidas, OCDE y Eurostat, fueron verificados y posteriormente integrados en una base de datos con flujos bilaterales de servicios.

2. Países sujetos de estudio

Los países seleccionados para el estudio son Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia, consolidados como referentes de sus respectivos continentes y que en el contexto mundial pertenecen al grupo de las mayores economías. Además, se desenvuelven en diversos escenarios económicos, políticos, sociales y ambientales que hacen aún más atractivo su estudio. A continuación, se desarrolla una descripción sintética de los escenarios en los que se desenvuelven los citados países.

2.1. Alemania

Es la economía más grande⁷ de Europa y ocupa el cuarto lugar en la escala mundial según registros del año 2018, con un crecimiento basado en su demanda interna y sólidas

⁷ Alemania: política y economía, Santander, acceso el 24 de julio de 2019, <https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/alemania/politica-y-economia>

exportaciones. La estructura productiva está liderada por el sector industrial, que representa alrededor de un cuarto del PIB nacional y de la fuerza laboral.

Es el país europeo más industrializado y diversificado, destacándose las industrias: automotriz, mecánica, maquinaria, fabricación de equipos eléctricos y electrónicos, químicos y productos químicos, con exportaciones⁸ que superan el 30% de su producción total. El motor⁹ del crecimiento alemán son las industrias altamente especializadas en maquinaria, repuestos y equipamiento pesado que representan la mayor parte de sus exportaciones.

Su sector de servicios también ha crecido en los últimos años, principalmente en la rama de negocios y avance tecnológico. La economía alemana está configurada mayoritariamente por una densa red de pequeñas y medianas empresas con fuertes conexiones a nivel internacional.

2.2. Brasil

Es la segunda economía¹⁰ de América, solo superada por EE.UU. se ubica en la octava posición entre las mayores economías del mundo, tuvo un período de crecimiento importante durante la década de los 2000 y primeros años de la actual década gracias al auge de precios de productos básicos, inversiones en el sector manufacturero y fuertes exportaciones; sin embargo, la crisis económica mundial del 2009 y la caída de precios de bienes primarios registrada desde el 2014 condujeron a la economía brasileña a la peor recesión de su historia.

Es un territorio rico en recursos naturales y su industria de bienes y servicios es relativamente diversificada. Conforme a cifras del Banco Santander,¹¹ a agricultura representa un 5% del PIB y un 10% de la población se ocupa en este sector, el sector industrial aporta algo menos del 19% al PIB y emplea al 21% de los habitantes, mientras el sector de servicios participa de un 63% del PIB y genera empleo para cerca del 70% de los trabajadores activos.

El sector agrícola destaca con los mayores volúmenes de producción del mundo de café, caña de azúcar, naranja, y soja. Es uno de los mayores exportadores de madera a escala global. En

⁸ Economía en Alemania, Embajada de Alemania, acceso el 24 de julio de 2019
<http://www.embajadadealemania.org/pages/economia.php#.XaNxJiV7lXg>.

⁹ Economía, Make it in Germany, acceso el 24 de julio de 2019,
<https://www.make-it-in-germany.com/es/vivir-en-alemania/conocer-alemania/economia/>.

¹⁰ Economía de Brasil, EcuRed, acceso el 24 de julio de 2019,
https://www.ecured.cu/Econom%C3%ADa_de_Brasil.

¹¹ Brasil: política y economía, Santander, acceso el 24 de julio de 2019,
<https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/brasil/politica-y-economia>.

el sector de los minerales, Brasil es uno de los más grandes exportadores de hierro, aluminio y carbón en el mundo y de los principales productores mundiales de petróleo. El crecimiento de otros sectores productivos ha significado un importante aporte a la economía brasileña, entre ellos la industria automotriz, textil, farmacéutica, siderúrgica y química.

2.3. China

Es la segunda economía¹² del mundo y la de mayor volumen de exportaciones. En las últimas décadas registró tasas de crecimiento de dos dígitos, muy superiores a las tasas de crecimiento global. Una fuerte demanda externa de sus productos y un sólido consumo doméstico han sostenido la expansión de la economía, incluso con la recesión mundial de 2009 que golpeó los principales mercados a los que se dirigen sus exportaciones.

El Comercio¹³ señala que “China ha contribuido por sí sola a casi un tercio del crecimiento global e, incluso, ante una ralentización, su contribución seguirá siendo relevante dada la magnitud alcanzada por su economía”. Asimismo, según BBVA,¹⁴ a partir de 2015, “el consumo interno contribuyó en más del 60% al crecimiento total del PIB y solo entre 2017 y 2018, fue de alrededor de 76%”.

La economía china es diversa,¹⁵ con un sector agrícola en permanente tecnificación y expansión, situado entre los mayores productores de alimentos en el mundo. Posee grandes reservas de recursos naturales, es el mayor productor global de metales como hierro, oro, estaño, fosfatos y titanio; además, posee considerables reservas de combustibles fósiles, es el quinto mayor productor de petróleo en el mundo. Su consumo energético industrial se abastece mayoritariamente del carbón extraído de sus minas.

El sector industrial aporta alrededor del 40% del PIB nacional y un cuarto de la población china constituye su fuerza laboral, que ha impulsado el sector manufacturero gracias a su bajo costo y se ha convertido en la preferida de firmas globales que externalizan tareas de fabricación.

¹² China: economía y demografía, Expansion, acceso el 25 de julio de 2019, <https://datosmacro.expansion.com/paises/china>.

¹³ China, la primera economía mundial, acceso el 02 de agosto de 2019, <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/china-primera-economia-mundial.html>.

¹⁴ China, una economía que reduce su crecimiento y su exposición al mundo, BBVA, acceso el 02 de agosto de 2019, <https://www.bbva.com/es/china-una-economia-que-reduce-su-crecimiento-y-su-exposicion-al-mundo/>.

¹⁵ China: política y economía, Santander, acceso el 25 de julio de 2019, <https://es.portal.santandertrade.com/analizar-mercados/china/politica-y-economia>.

El capital privado extranjero ha incrementado su presencia en este país asiático en las últimas dos décadas, no obstante, el sector estatal aun sigue siendo el mayor aportante del PIB, con una contribución aproximada del 40% y un reciente enfoque en la expansión de servicios financieros, logísticos, transporte, turismo y construcción.

2.4. Estados Unidos

Es la economía más grande¹⁶ del mundo, compuesta por cincuenta estados que conforman una gran economía mixta, adoptando el libre mercado en bienes de consumo y servicios empresariales y por su parte el gobierno regula ese mercado para procurar el bien común.

La economía estadounidense¹⁷ aporta cerca del 20% de la producción mundial, incluso superando a lo producido por China, y ocupa el sexto lugar entre los PIB per cápita más elevados a nivel global. Tiene una intensiva participación del sector de servicios tecnológicos altamente desarrollados, que representa el 80% de la producción nacional. Sus principales compañías se desenvuelven en el ámbito de tecnología, servicios financieros, salud y comercialización al por menor.

Por su parte, el sector de la manufactura¹⁸ es el segundo más importante en el mundo, aunque aporta el 15% de la producción nacional. Este sector es el líder mundial de artefactos de elevado valor agregado, en donde destacan automotores, aeroespaciales, maquinaria, químicos y telecomunicaciones. La agricultura representa tan solo el 2% del PIB estadounidense, sin embargo es el mayor exportador de productos agrícolas en el planeta, su tecnología especializada y subsidios estatales han fortalecido este sector de la economía.

2.5. Australia

La economía australiana¹⁹ ha registrado crecimiento económico durante los últimos 28 años consecutivos, entre 2016 y 2017 registró tasas de crecimiento de 2.9% y 2.7%, respectivamente, en el marco de un entorno de negocios seguro y de bajo riesgo que han

¹⁶ US Economy Fast Facts and Summary, The Balance, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://www.thebalance.com/us-economy-facts-4067797>.

¹⁷ U.S. Economic Outlook, Focus Economics, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://www.focus-economics.com/countries/united-states>.

¹⁸ U.S. Economic Outlook, Focus Economics, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://www.focus-economics.com/countries/united-states>.

¹⁹ Robust economy, Australian Trade and Investment Commission, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://www.austrade.gov.au/International/Invest/Why-Australia/robust-economy>

impulsado a esta economía hasta afianzarla en el puesto 14 en el mundo y un PIB per cápita entre los más altos en el mundo.

Los sectores²⁰ que compiten con fuerza en mercados internacionales son los servicios financieros y de seguros, tecnología y productos de alto valor agregado. En lo referente a sus exportaciones,²¹ la minería y la agricultura, que representan cerca del 20% y 2.5% del PIB, son los sectores más importantes.

A su vez, el sector de servicios tiene una gran influencia en la economía australiana, aporta alrededor del 70% del PIB e incorpora al 70% de la fuerza laboral. El sector de la construcción²² también ha tenido un período de auge, impulsado por las medidas de fortalecimiento económico adoptadas por el Banco Central, que ajustó las tasas a los niveles más bajos de la historia, lo cual fomentó el gasto en vivienda y altos niveles de endeudamiento.

3. Indicadores

3.1. Encadenamientos hacia atrás

En concordancia con la metodología de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL - (2005), es necesario situarse en la matriz insumo producto, concretamente las filas y columnas que corresponden a los sectores de la economía, extrayéndose así una matriz cuadrada denominada simétrica cuyo contenido son los flujos de bienes y servicios intermedios industria por industria. La misma, es la base para la obtención de la matriz inversa de Leontief y el cálculo de los encadenamientos hacia atrás.

²⁰ Australia – 2020 Index of Economic Freedom, Heritage, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://www.heritage.org/index/country/australia>.

²¹ Australia: política y economía, Santander, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/australia/politica-y-economia>

²² Australia: política y economía, Santander, acceso el 18 de febrero de 2020, <https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/australia/politica-y-economia>

Tabla 2. Matriz simétrica

| Demanda Intermedia | | | | | | |
|-------------------------------|----------|------------|----------|---|---|----------|
| | | Columnas j | | | | |
| Sector | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | Sector n |
| | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | Sector n |
| Filas i | Sector 1 | x_{11} | x_{12} | . | . | x_{1n} |
| | Sector 2 | x_{21} | x_{22} | . | . | x_{2n} |
| | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . |
| | Sector n | x_{n1} | x_{n2} | . | . | x_{nn} |
| Producción total por sector → | | X_1 | X_2 | . | . | X_n |

Fuente: Adaptación de Schuschny (2005)

Dividiendo cada una de las entradas de la matriz simétrica por la producción total del sector que los emplea como insumos $a_{ij} = x_{ij}/X_j$ se obtiene la matriz de coeficientes técnicos, comúnmente denotada como matriz A :

Tabla 3. Matriz A

| | | Columnas j | | | | |
|---------|----------|-----------------------|-----------------------|---|---|-----------------------|
| Sector | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | Sector n |
| | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | Sector n |
| Filas i | Sector 1 | $a_{11} = x_{11}/X_1$ | $a_{12} = x_{12}/X_2$ | . | . | $a_{1n} = x_{1n}/X_n$ |
| | Sector 2 | $a_{21} = x_{21}/X_1$ | $a_{22} = x_{22}/X_2$ | . | . | $a_{2n} = x_{2n}/X_n$ |
| | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . |
| | Sector n | $a_{n1} = x_{n1}/X_1$ | $a_{n2} = x_{n2}/X_2$ | . | . | $a_{nn} = x_{nn}/X_n$ |

Fuente: Adaptación de Schuschny (2005)

Al vector de producción lo llamaremos X , mientras el vector de demanda final se denominará Y , por lo tanto se tiene:

$$X = AX + Y$$

Si se despeja X , quedaría: $X - AX = Y$

$$(I - A)X = Y ; \quad I : \text{matriz identidad}$$

$$(I - A)^{-1}(I - A)X = (I - A)^{-1}Y$$

$$IX = (I - A)^{-1}Y$$

Tenemos la expresión final: $X = (I - A)^{-1}Y$

Donde:

$(I - A)^{-1} \equiv B$ es la matriz inversa de Leontief, la cual permite obtener los encadenamientos interindustriales y determinar cómo varía la producción por cambios en la demanda final.

Los totales de cada columna representan los multiplicadores de la producción de cada sector y miden el incremento de la producción de todos los sectores originado por el incremento en una unidad de la demanda final de un sector determinado.

Tabla 4. Matriz de multiplicadores

| | | Columnas j | | | | |
|----------------------------------|----------|----------------------|----------------------|---|---|----------------------|
| | | Sector 1 | Sector 2 | . | . | Sector n |
| Filas i | Sector 1 | b_{ij} | b_{ij} | . | . | . |
| | Sector 2 | b_{ij} | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . |
| | Sector n | . | . | . | . | . |
| | | $\sum b_{i1} = BL_1$ | $\sum b_{i2} = BL_2$ | . | . | $\sum b_{ij} = BL_j$ |
| Multiplicadores de la producción | | | | | | |

Fuente: Adaptación de Schuschny (2005)

Estos multiplicadores permiten calcular los encadenamientos totales hacia atrás motivados por el incremento de la demanda de un sector específico. Los encadenamientos describen los

cambios motivados por la demanda de insumos, es decir, en una cadena productiva la expansión de aquellos sectores que demandan los insumos generados por otros sectores (proveedores), implicará que estos últimos se expandan también, incrementando su producción.

Encadenamientos hacia atrás de Rasmussen-Hirschman

Este indicador mide el nivel de encadenamiento interno de un sector de la economía. Muestra la cantidad demandada por un sector j al incrementar su producción en una unidad y es comparado con el promedio del total de sectores, de tal manera que mide el estímulo potencial en toda la economía. Si el índice es > 1 , entonces el grado de encadenamientos se sitúa sobre el promedio global de la economía (Castresana 2013).

El indicador de Rasmussen-Hirschman está definido de la siguiente forma:

$$BL_{RH} = \frac{BL_j}{\overline{BL_j}} = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n b_{ij}}$$

Donde:

BL_j es la sumatoria de los multiplicadores de producción b_{ij} de la matriz inversa de Leontief

$$B = (I - A)^{-1}.$$

$\overline{BL_j}$ equivale al promedio de todos los BL_j .

3.2. Centralidad PageRank

El denominado *PageRank*²³ es un algoritmo de inferencia colectiva para categorizar (hacer un ranking) a los sitios web, literalmente traducido como red, asignando un mayor ranking a aquellos sitios que son citados o enlazados por una mayor cantidad de sitios web. La clasificación de un nodo depende de: a) el ranking de los nodos dirigidos hacia ese nodo; y (b) el grado externo de los nodos de enlace (Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke 2015, 248).

En términos de teoría de grafos se explicaría que un nodo será más importante, mientras más nodos importantes apunten hacia él y matemáticamente su cálculo “corresponde al vector propio principal de la matriz de enlaces normalizada de la web” (Brin y Page 1998, 110).

²³ *PageRank* es un algoritmo desarrollado por Lawrence Page y Sergey Brin, publicado en 1998 como parte de un prototipo de motor de búsqueda al que llamaron Google, que plantea una metodología para categorizar (asignar un ranking) a cada sitio de la web (red) (Brin y Page 1998, 109).

El cálculo de *PageRank* usualmente asigna un mismo valor inicial de centralidad para cada nodo y luego reproduce un proceso iterativo de actualización de los valores de centralidad hasta alcanzar un número predefinido de iteraciones o hasta la convergencia, es decir, hasta que los cambios en los valores del *PageRank* de los nodos sean insignificantes (Xing y Ghorbani 2004).

Según Cerina et al. (2015) la centralidad *PageRank* en un tiempo inicial $t = 0$ asume una probabilidad de distribución, usualmente:

$$PR(i, 0) = \frac{1}{N}$$

Donde N corresponde al número total de nodos

El *PageRank* de un nodo en los siguientes tiempos $t + k$, es calculado mediante la expresión:

$$PR(i, t + 1) = \alpha \sum_{j \in M(i)} \frac{PR(j, t)w_{ij}}{S(j)} + \frac{1 - \alpha}{N}$$

Donde:

$M(i)$ son los nodos vecinos cuyos enlaces apuntan al nodo i

w_{ij} es el peso (ponderación) del enlace que conecta a los nodos i y j

S corresponde a la suma de los pesos de los enlaces de salida del nodo j

α factor de amortiguamiento que va de 0 a 1. Usualmente el valor²⁴ asignado para α es 0.85.

3.3. Centralidad *Eigenvector*

Es una medida de centralidad desarrollada por Phillip Bonacich (1972) mediante un estudio²⁵ que examina la popularidad de los individuos de una agrupación. La noción detrás del ejemplo es que la popularidad depende no solo de la cantidad de personas con quienes se relaciona sino también de su popularidad.

²⁴ Brin y Page (1998) propusieron un factor de amortiguamiento para recrear el comportamiento aleatorio de los internautas con una probabilidad $\alpha = 0.85$ para la opción de navegar siguiendo un enlace existente en el sitio web que está visitando en ese momento y una probabilidad $(1 - \alpha)$ a la opción de visitar una página web aleatoria (Baesens, Van Vlasselaer y Verbeke 2015, 248).

²⁵ Bonacich (1972, 114) planteó un ejemplo en el que varios individuos forman una red social en donde sus interacciones tienen lugar, ninguna fuera de esa red; y todos sus miembros están “directa o indirectamente relacionados a través de cadenas de elecciones”. Para cada individuo se calcula su popularidad y aquellos miembros que obtengan mayor puntuación serán especialmente populares.

Basado en la idea de que un actor es más central si está en relación con actores que son ellos mismos centrales, podemos argumentar que la centralidad de algún nodo no solo depende del número de sus nodos adyacentes, sino también de su valor de centralidad (Ruhnau 2000, 360)

Borgatti (2005, 61) describe la centralidad *Eigenvector* como “el vector propio principal de la matriz de adyacencia que define la red”. Resalta la intuición de que “. . . incluso si un nodo influye solo en otro nodo, que posteriormente influye en muchos otros nodos (que también influyen en otros), entonces el primer nodo en esa cadena es muy influyente”.

La centralidad *Eigenvector* también es considerada como una medida de influencia y se define formalmente a través de la siguiente ecuación:

$$\lambda v = Av$$

Donde:

A corresponde a la matriz de adyacencia del grafo estudiado

λ es una constante (equivale al valor propio)

v es el vector propio o *Eigenvector*

3.4. Centralidad *Hub*

Es una medida de centralidad desarrollada por Jon M. Kleinberg (1999) sobre la base de una investigación que generó un algoritmo iterativo para identificar y calificar a los sitios web que a consideración del autor pueden ser “autoridades”, por su conocimiento y dominio de un tema específico, y aquellos sitios denominados “*hubs*” o centros, a través de los cuales se conecta a la mayor cantidad de autoridades.

Los valores *Hub* de los nodos de una red se definen como el *Eigenvector* principal de AA^T .

Donde: A equivale a la matriz de adyacencia del grafo analizado.

El cálculo de la centralidad de *Hub* se basa en un algoritmo iterativo que actualiza los pesos de todos los nodos del grafo en cada iteración. A cada nodo se le asigna un peso no negativo, observando la condición de que los pesos de cada nodo son normalizados de tal manera que la suma de sus cuadrados sea igual a 1 (Kleinberg 1999).

El proceso se repite hasta que los valores del vector se estabilicen, esto, según Kleinberg (1999) se consigue rápidamente y sostiene que es suficiente un número de 20 iteraciones, conforme a sus experimentos realizados. Los nodos con los valores más altos son considerados como mejores centros o *hubs*.

La centralidad *Hub* de Kleinberg, al igual que *Eigenvector* y *PageRank* pertenecen a una clase de medidas que se basan en la “retroalimentación, es decir, la centralidad de un vértice influye directamente en la de sus vecinos” (Brandes y Pich 2007, 2304).

4. Análisis de indicadores

Para analizar indicadores seleccionados se grafica un diagrama por cada uno de ellos, los mismos contienen las series de tiempo de los 56 sectores que conforman la estructura productiva de cada país.

Las valoraciones de influencia de los sectores figuran en el eje de las ordenadas, mientras en el eje de las abscisas consta el tiempo, con 15 observaciones que van desde el año 2000 hasta el 2014. Los sectores más importantes para la economía son aquellas cuyo valor del indicador es más alto, por lo tanto, aquellas series de tiempo que se encuentran en la parte superior del diagrama son aquellas que tienen mayor influencia en términos económicos y potencialmente acarrearán especial interés en el plano político, social, tecnológico, e incluso ambiental.

Esta primera fase del estudio, es similar a otras publicaciones citadas anteriormente como Blöchl et al. (2011), Soyigit y Boz (2017) y Cerina et al. (2015), en ellas se revelan listados con los sectores de la economía con mayor centralidad por cada índice calculado, posteriormente resaltan las similitudes y diferencias encontradas al comparar los listados entre sí.

Sin embargo, esos rankings no son presentados como series de tiempo, sino como una clasificación anual, lo cual dificulta la asimilación del comportamiento histórico de la estructura productiva de un país. Por ese motivo, en esta tesis se grafican los indicadores con el objetivo de obtener elementos que muestren de forma continua la interacción de los sectores de una economía, más allá de arrojar una jerarquización de los mismos, estos gráficos posibilitan una comparación visual más sencilla entre indicadores de centralidad, además de ofrecer una visión intuitiva de las características de una economía.

En una segunda fase, se realiza una revisión económica del período 2000-2014 de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia. La primera tarea es obtener una visión general de las economías de estos países y a la par identificar industrias cuyo crecimiento o contracción, según reportes, informes y estadísticas, generaron efectos a escala nacional. En este proceso se comparan los sectores clave identificados mediante:

- a.** Revisión del desempeño económico; y
- b.** Series de tiempo (aquellos sectores con fluctuaciones significativas en la parte superior de los diagramas).

En cuanto a la valoración de los indicadores, los tradicionales encadenamientos hacia atrás versus el enfoque de redes, se los compara no solo sobre su cualidad de determinar el grado de influencia de un sector en el resto del sistema económico, sino también su capacidad de describir a través de sus series de tiempo el desempeño económico de un sector, lo cual responde a una de las principales motivaciones de esta tesis y cuyos resultados se presentan en el siguiente acápite.

En la fase final, una vez identificados los sectores clave a estudiarse con mayor profundidad, se realizó una nueva recopilación de información y revisión bibliográfica dirigida a tópicos específicos, teniendo como referencia al ciclo 2000-2014. Se exploraron fuentes como investigaciones académicas, políticas y comerciales, organismos oficiales de diferentes ramas de la industria, cámaras de comercio, revistas, anuarios, periódicos digitales, entre otras.

Se fundamentaron eventos relevantes en el plano económico, político, legal, social, tecnológico y ambiental que ocurrieron de forma contemporánea a las variaciones significativas del rendimiento de los sectores. De esta manera, se obtuvo la información suficiente para determinar si los indicadores son análogos al desempeño de los sectores, con base en eventos asociados a sus fluctuaciones.

En consecuencia, la descripción de la historia económica reciente de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia, robustecida por el análisis insumo producto y el estudio de estructuras productivas desde el enfoque de redes, constituye el principal aporte de esta tesis.

Capítulo 3

Resultados

1. Comparación de indicadores

En esta sección se muestran los gráficos de encadenamientos hacia atrás e indicadores de centralidad de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia. Es importante resaltar que no se muestran los 56 sectores que configuran la estructura productiva, sino un conjunto de sectores que hacen más intuitiva la observación de las diferencias entre los indicadores utilizados.

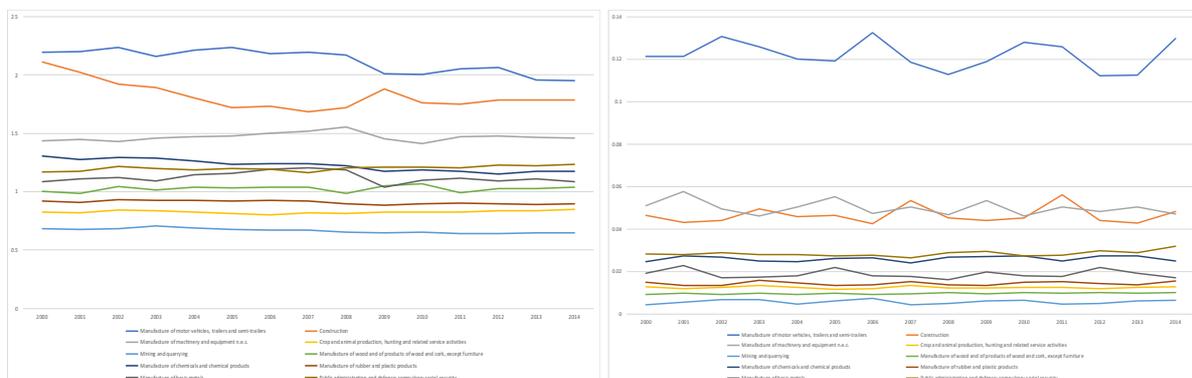
De manera preliminar se puede inferir que los diagramas de encadenamientos hacia atrás revelan una jerarquización evidente de los sectores económicos y explican visiblemente el comportamiento de los mismos; mientras en los indicadores de centralidad resulta difícil identificar las series de tiempo de cada sector y la importancia que tienen para la red económica.

1.1. Alemania

En el caso de la mayor economía de Europa, el diagrama de encadenamientos hacia atrás permite distinguir con claridad cuáles son los sectores más importantes y seguir su trayectoria con facilidad durante los 15 años analizados.

Cabe realizar una distinción por el diagrama de *PageRank*, el cual muestra una clara jerarquización de los sectores, aunque la volatilidad de sus series de tiempo genera incertidumbre acerca de su fiabilidad.

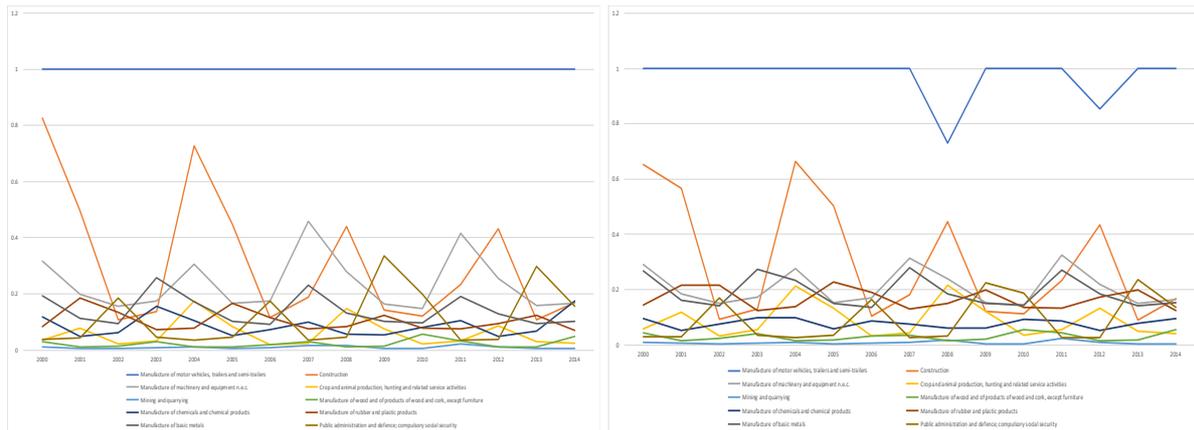
Figura 5. Alemania - encadenamientos hacia atrás y *PageRank*



Fuente: Simulaciones realizadas

Por otra parte, los diagramas de *Eigenvector* y *Hub* son mucho más confusos, en ellos no es posible identificar una clasificación de sectores fuera del sector más importante, mientras el resto de las industrias se confunden en excesivas fluctuaciones que imposibilitan su discriminación.

Figura 6. Alemania - *Eigenvector* y *Hub*

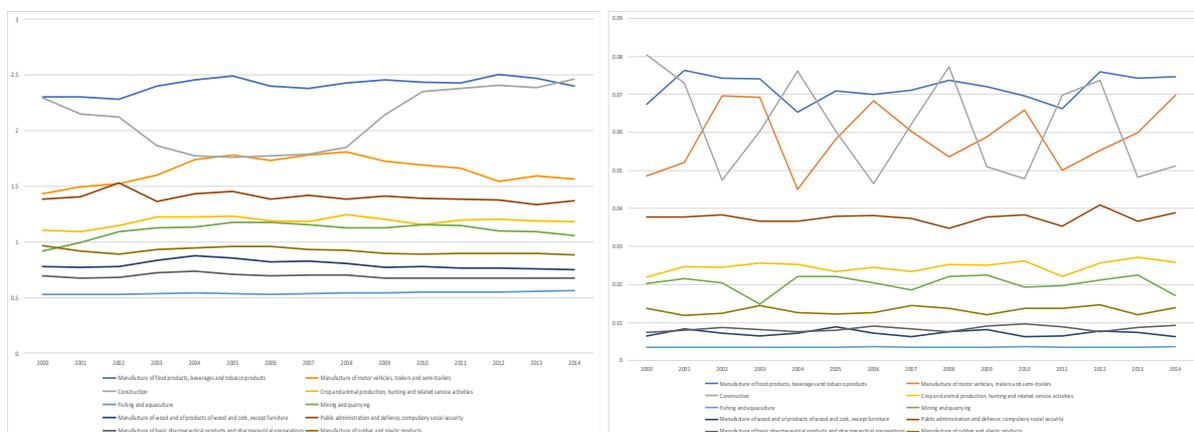


Fuente: Simulaciones realizadas

1.2. Brasil

El diagrama de encadenamientos hacia atrás de la economía más grande de Sudamérica muestra una clara clasificación de sus industrias y a la vez sus series de tiempo permiten distinguir su desenvolvimiento en el tiempo. A su vez, *PageRank* también sirve para establecer una clasificación industrial la cual es similar a la mostrada por los encadenamientos.

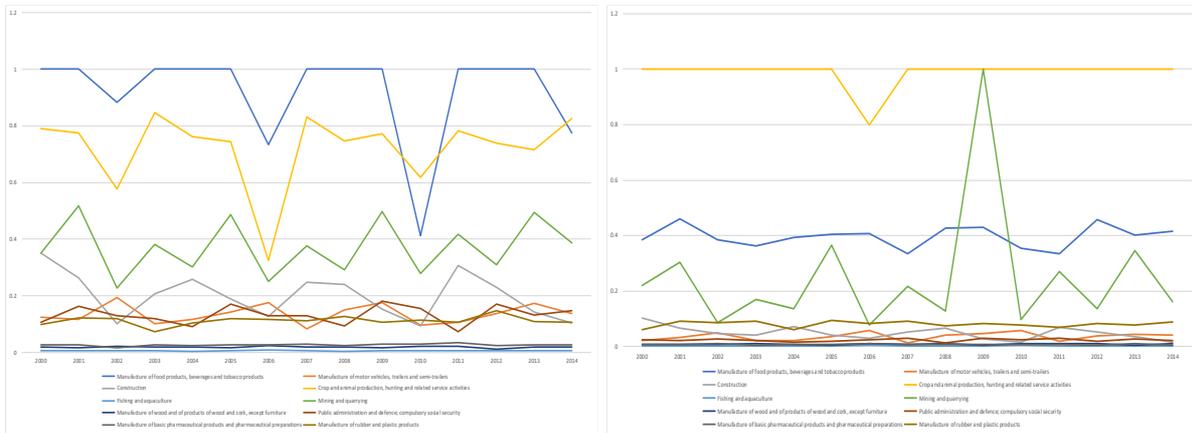
Figura 7. Brasil - encadenamientos hacia atrás y *PageRank*



Fuente: Simulaciones realizadas

En contraste, los diagramas de *Eigenvector* y *Hub* revelan una clasificación un tanto revuelta en sus sectores de importancia media y baja, característica que restringe su aplicabilidad en este estudio.

Figura 8. Brasil - *Eigenvector* y *Hub*

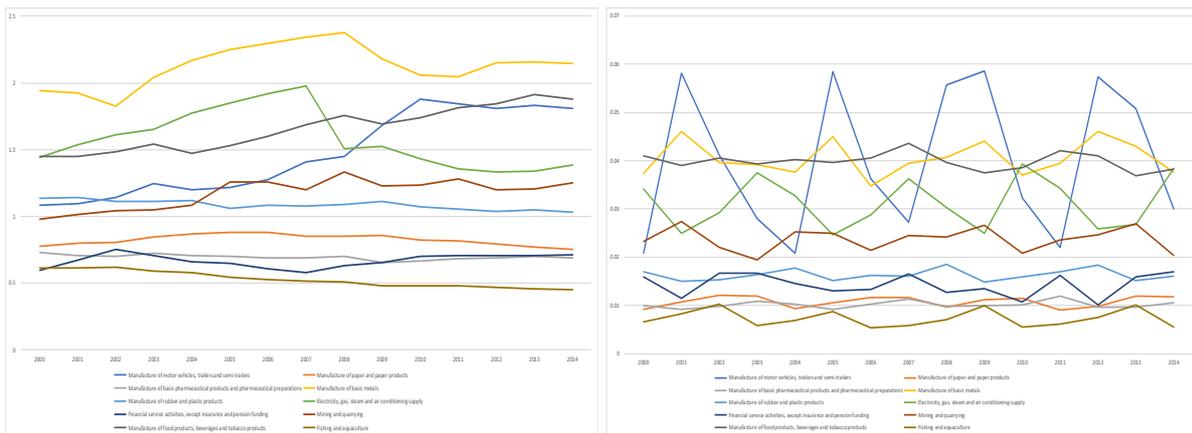


Fuente: Simulaciones realizadas

1.3. China

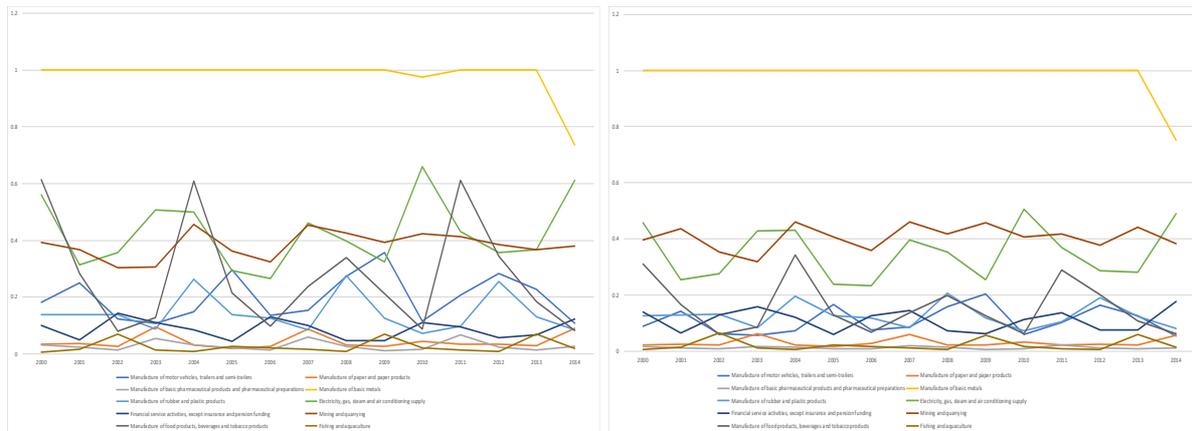
La gran economía asiática está sintetizada con fidelidad en el diagrama de encadenamientos hacia atrás. Su jerarquización de sectores es muy cercana a la mostrada por el diagrama de *PageRank*, aunque esta última nuevamente expone su desmedida volatilidad.

Figura 9. China - encadenamientos hacia atrás y *PageRank*



Fuente: Simulaciones realizadas

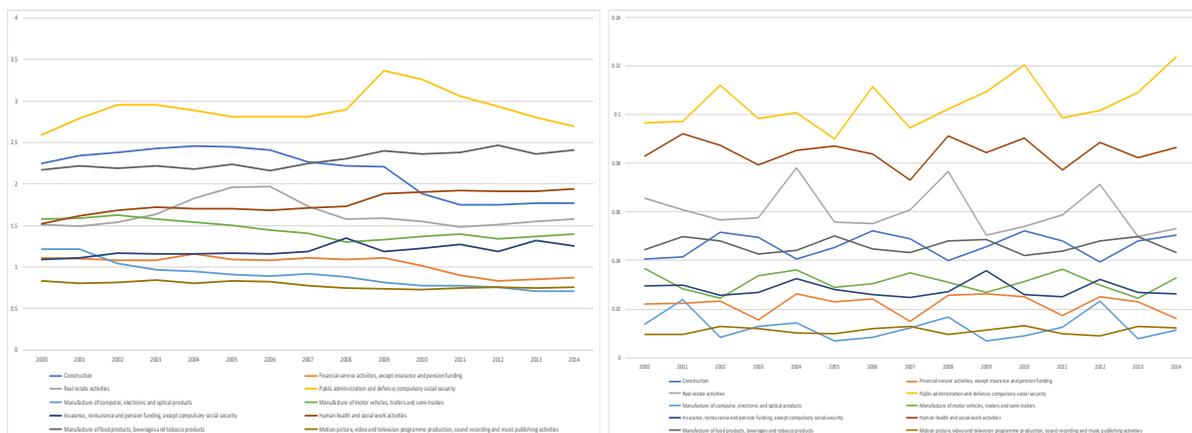
Al pasar a los diagramas de *Eigenvector* y *Hub*, se evidencia una clasificación sinuosa que podrían aportar una idea bastante generalizada de los sectores económicos, aunque es difícil identificarlos en su rol individual.

Figura 10. China - *Eigenvector* y *Hub*

Fuente: Simulaciones realizadas

1.4. Estados Unidos

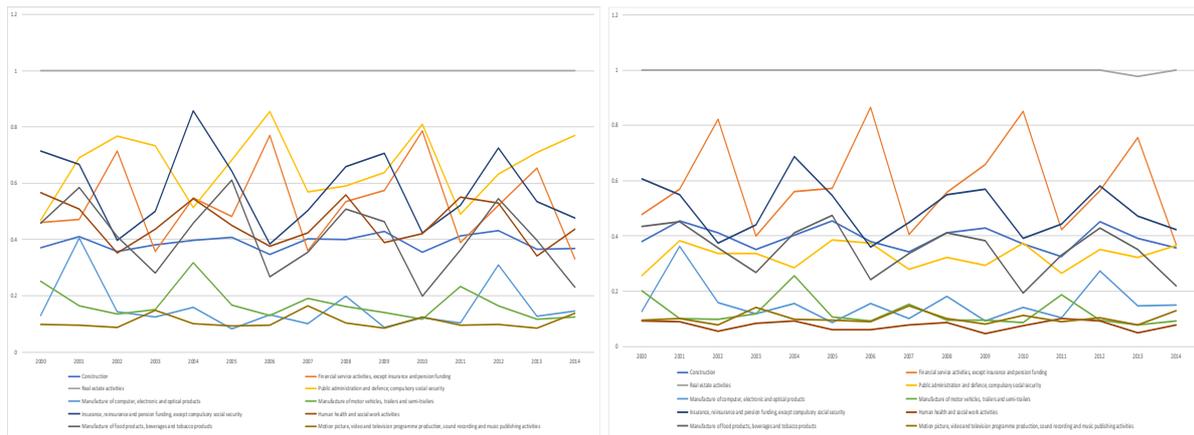
La economía más importante del continente y del mundo está esquematizada de mejor manera a través del diagrama de encadenamientos hacia atrás, con una clara jerarquización de sectores y series de tiempo que muestran la fluctuación de su importancia. *PageRank* también aporta una categorización de industrias que se asemeja a la propuesta de encadenamientos.

Figura 11. EE.UU. - encadenamientos hacia atrás y *PageRank*

Fuente: Simulaciones realizadas

Por su parte, los diagramas de *Eigenvector* y *Hub* revelan una clasificación que permite distinguir grandes grupos de industrias, sin embargo sus marcadas oscilaciones hacen confusa la identificación y seguimiento de cada una.

Figura 12. EE.UU. - Eigenvector y Hub

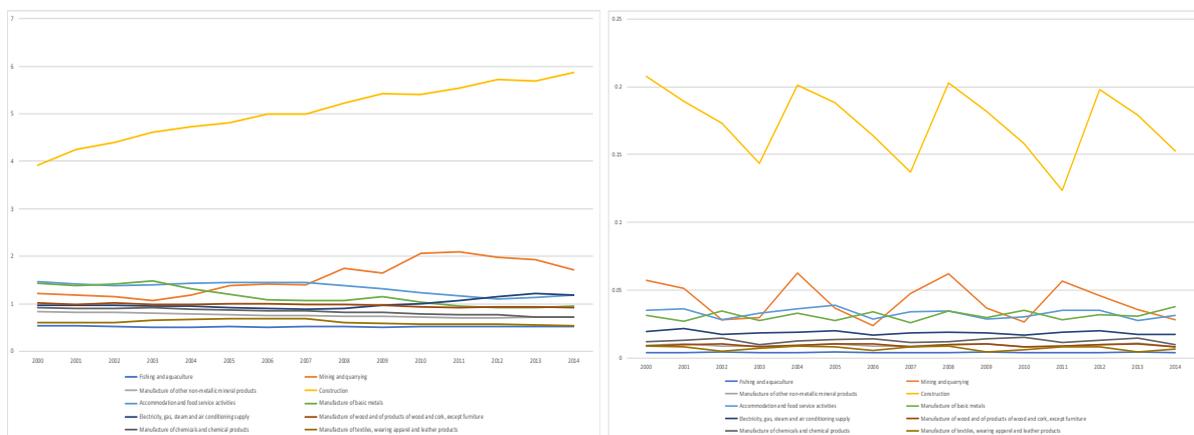


Fuente: Simulaciones realizadas

1.5. Australia

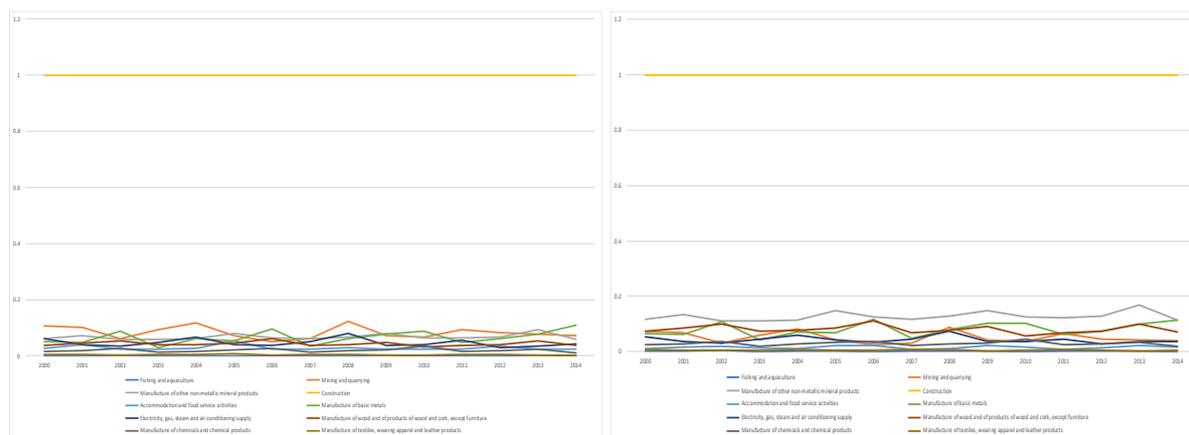
El mayor país de Oceanía muestra una economía con una sola industria como la mayor protagonista, mientras el resto de industrias pertenecen a un gran grupo de poca influencia en el resto de la economía. Los diagramas de encadenamientos hacia atrás y *PageRank* muestran de forma clara esta clasificación, e incluso es legible el grupo de industrias rezagadas.

Figura 13. Australia - encadenamientos hacia atrás y PageRank



Fuente: Simulaciones realizadas

Los diagramas de *Eigenvector* y *Hub*, nuevamente presentan una clasificación escabrosa de industrias, al igual que en el resto de países analizados, lo cual dificulta el seguimiento de los sectores económicos.

Figura 14. Australia - Eigenvector y Hub

Fuente: Simulaciones realizadas

2. Análisis sectorial

El análisis comparativo realizado en la sección anterior permite determinar el indicador que más le aporta al estudio de redes económicas a partir de las matrices insumo producto. Uno de los resultados remarcables surge a partir del indicador encadenamientos hacia atrás, que pese a pertenecer al enfoque tradicional, es el indicador que muestra de manera clara la categorización de sectores a través de los diagramas de los cinco países.

Considerando que los indicadores expresan el grado de interconexiones de un sector respecto al resto de la red económica, son de especial interés aquellos sectores que se encuentran en la parte superior de los diagramas puesto que un incremento en su demanda estimulará potencialmente a toda la economía. En este sentido, el indicador que mejor funciona, con base en sus diagramas, son los encadenamientos hacia atrás, por encima de *PageRank* que decae por su elevada sensibilidad a las fluctuaciones.

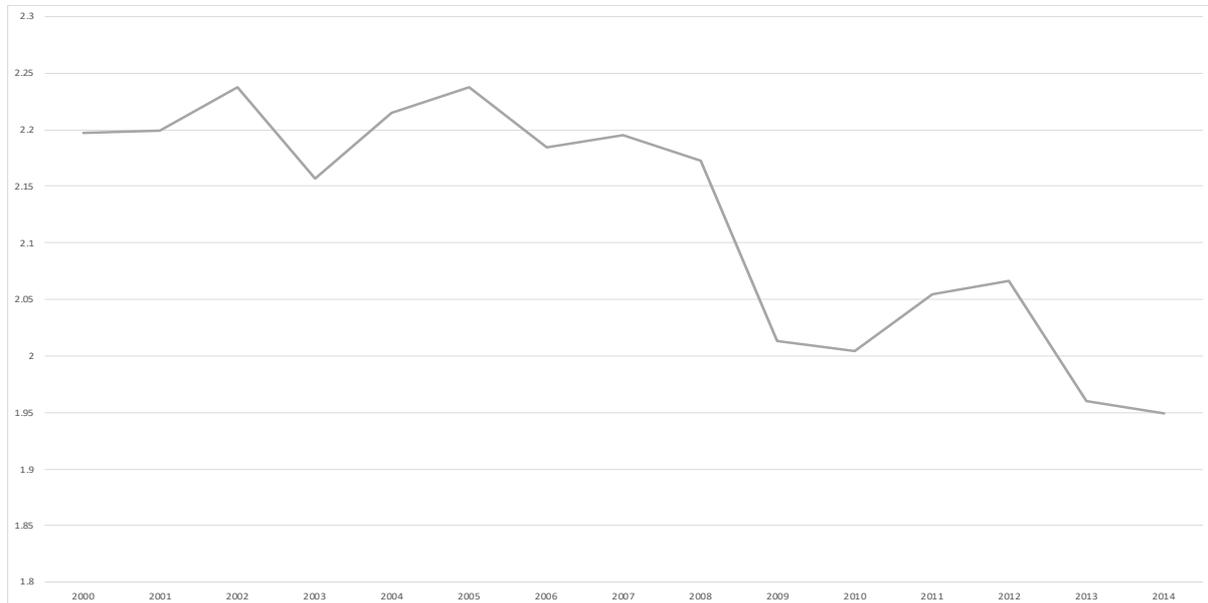
Se seleccionan tres sectores de mayor influencia sobre el resto de la economía y que a su vez muestran fluctuaciones llamativas a lo largo del tiempo. Los sectores son descritos en torno a su importancia a escala nacional junto con eventos de naturaleza económica, política, tecnológica, entre otras, que pueden relacionarse con los cambios sufridos por estas industrias.

A continuación, se presentan los diagramas de encadenamientos hacia atrás de Alemania, Brasil, China, EE.UU. y Australia.

2.1. Alemania

2.1.1. Fabricación de vehículos

Figura 15. Alemania - Fabricación de vehículos



Fuente: Simulaciones realizadas

La fabricación de vehículos es una industria que se encuentra estrechamente ligada con los ciclos económicos (Haugh, Mourougane y Chatal 2010, 10), de manera especial en los casos de países industrializados en cuya producción destaca el aporte del segmento automotriz con unidades de alto valor agregado y una importante inversión en I+D (Altenburg, Bhasin y Fischer 2012, 74).

La crisis económica de 2008 y 2009 acentuó el proceso de expansión de países que tradicionalmente no habían registrado cifras que los situen dentro del grupo de mayores productores a nivel mundial, mientras que el panorama para Alemania resultó en la disminución sostenida de la importancia que tenía la industria de automotores en la dinámica económica nacional (Carstensen, Elstner y Paula 2013).

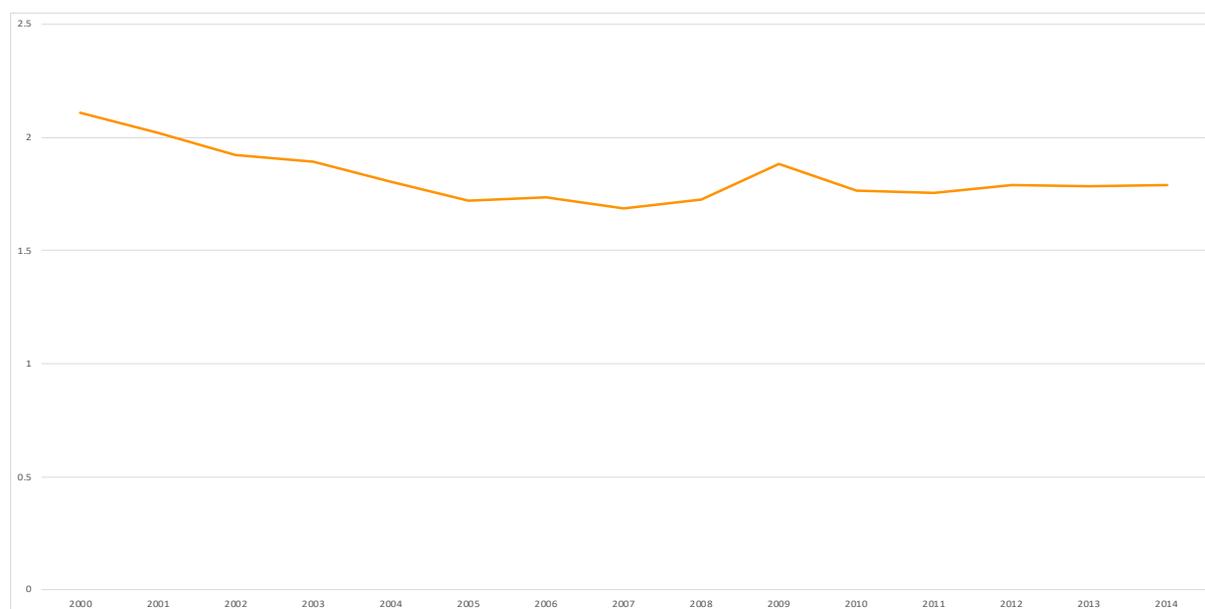
La escalada de precios del petróleo desde el año 2002 hasta los niveles históricos de 2008 generó también el incremento de costos de materia prima para la fabricación de vehículos, esto sumado al hecho de que los automotores alemanes se encasillan en un segmento de alta gama ocasionó una migración de los consumidores hacia vehículos más pequeños y económicos (Altenburg, Bhasin y Fischer 2012, 81).

En 2009 el Gobierno alemán ejecutó un programa para impulsar las ventas de vehículos que se basaba en subsidios para la adquisición de automotores, incluía una escala diferenciada dependiendo del tipo, año de fabricación y nivel de emisiones (Kaul, Pfeifer y Witte 2016). El plan buscaba evitar la discriminación hacia las empresas extranjeras y estas terminaron beneficiándose del repunte de importaciones de vehículos de gama media y baja en Alemania.

Considerando estos factores, se previó que el sector automotriz alemán a partir de 2009 tendría un desenvolvimiento plano en el corto plazo, mientras que en el mediano plazo se debilitaría (Haugh, Mourougane y Chatal 2010, 22).

2.1.2. Construcción

Figura 16. Alemania - Construcción



Fuente: Simulaciones realizadas

El sector de la construcción en Alemania ha tenido un comportamiento similar al de su economía, cuya tasa de crecimiento fue mucho menor al del resto de los países de la zona, tendencia registrada desde inicios de la década de los 90 y mantenida hasta mediados de la década del 2000 (Dustmann et al. 2014, 169). Durante ese período, el declive de la tasa de productividad de la construcción tuvo efectos nocivos en la economía, por lo que este sector se constituye en un barómetro clave de la misma (Abdel-Wahab y Vogl 2011, 638).

Las dificultades económicas atravesadas durante esa época son atribuidas en gran medida al enorme costo de la reunificación de la Alemania Oriental y Occidental, luego de la caída del muro de Berlín en noviembre de 1989, que limitó a la economía a un opaco y prolongado desenvolvimiento (Dustmann et al. 2014, 169).

Sin embargo, desde el 2006 el sector de la construcción en Alemania tuvo un repunte, coincidiendo con el período en el que el Gobierno inició la estrategia de impulsar proyectos e iniciativas de investigación relacionadas con soluciones al cambio climático desde la industria de la construcción, a través de una propuesta²⁶ de transición energética denominada “Energiewende”²⁷.

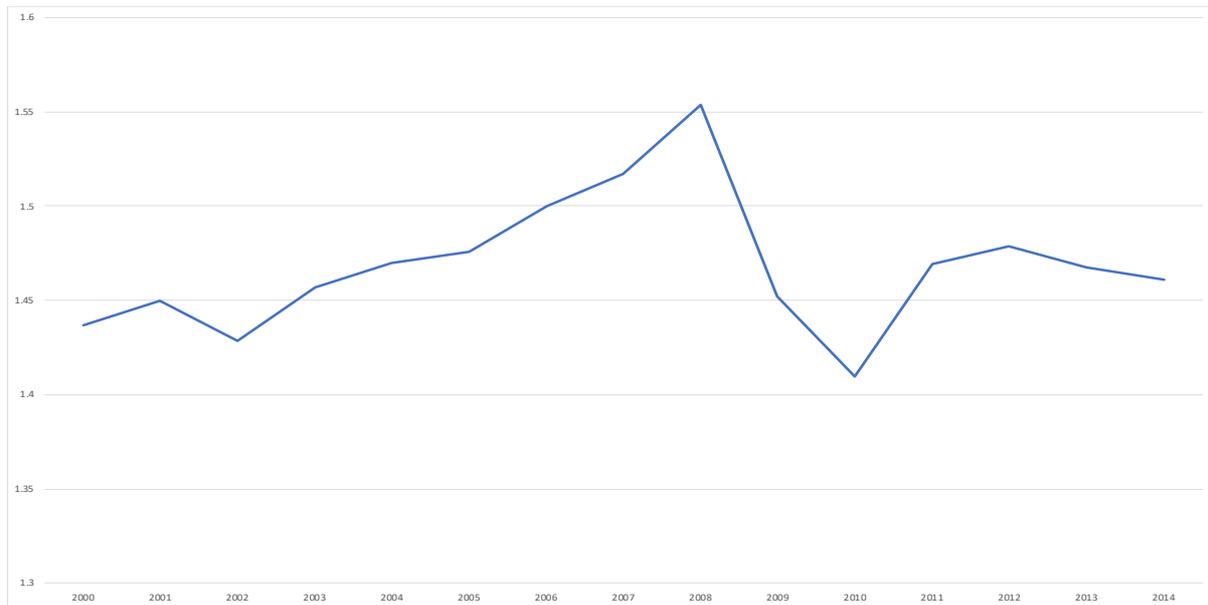
Complementariamente, el gobierno alemán ha desarrollado programas de vivienda social²⁸, medidas a escala local como esquemas de financiamiento, políticas direccionadas a disminuir los costos de construcción, ajustes a la ley de planificación de la construcción, asistencia para el segmento de viviendas de bajo costo y regulaciones para el segmento de los servicios de seguros relacionados con la construcción (Droste y Knorr-Siedow 2014).

2.1.3. Maquinaria y equipo

²⁶ Ver: <https://www.aproplan.com/blog/building-compliance/planning-building-german-construction-regulations>

²⁷ Ver: <http://www.energiewende-global.com/es/>

²⁸ Ver: <https://www.aproplan.com/blog/building-compliance/planning-building-german-construction-regulations>

Figura 17. Alemania - Maquinaria y equipo

Fuente: Simulaciones realizadas

La fabricación de maquinaria y equipo es uno de los sectores más influyentes de la economía alemana y el más innovador, incorpora tecnología avanzada de diversas ramas como electrónica, robótica y software; que a su vez será implementada en el resto de sectores para mejorar la eficiencia y calidad de sus productos (Herrigel 2015).

Esta industria alemana es la más fuerte de Europa y una de las mayores a nivel mundial, lo demuestra su crecimiento total del 56% durante 2003-2008, una participación global que supera el 19%, casi 6.300 compañías asociadas y una fuerza de trabajo altamente capacitada por encima de las 900.000 personas (Germany Trade & Invest 2011, 3).

El sector se vio afectado por la crisis económica de 2008 y 2009, la escalada global de precios de vehículos a motor, maquinaria y mobiliario, provocó la caída de sus ventas en alrededor de 20%. No obstante, los elevados precios de los combustibles provocaron que el resto de países importen bienes de capital más eficientes en consumo energético, Alemania al ser el líder productor de maquinaria y equipo altamente tecnificado fue el gran beneficiado (Lutz y Meyer 2009, 887).

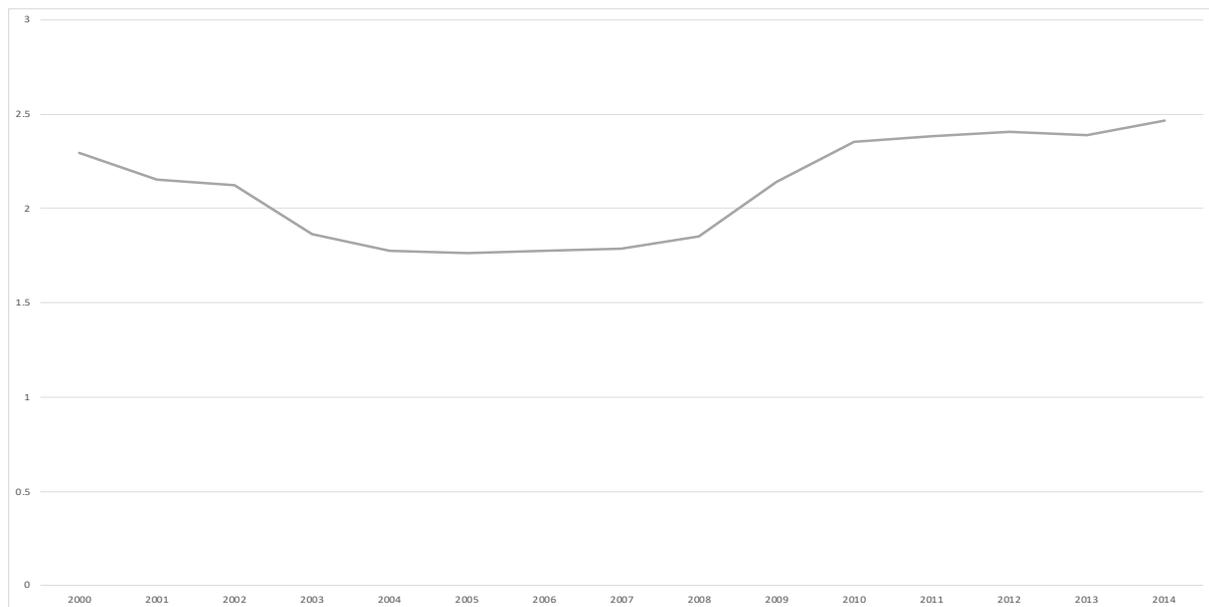
Esta dinámica comercial permitió que la industria de maquinaria y equipo alemana se reponga en un período relativamente corto, volviendo a registrar tasas de crecimiento en el rango de 14%

para el año 2011 y a partir del 2012 se vuelve a apreciar un comportamiento relativamente estable, cuya fortaleza radica en la I+D y en las energías renovables (Germany Trade & Invest 2011, 3).

2.2. Brasil

2.2.1. Construcción

Figura 18. Brasil - Construcción



Fuente: Simulaciones realizadas

La industria de la construcción es una de las más importantes para la economía brasileña. Sin embargo, el período 2000-2003 fue especialmente difícil para el sector inmobiliario que se contrajo significativamente (CEPAL 2002, 57; CEPAL 2003, 81); escenario que coincidió con el período de transición de un gobierno de tendencia centro derecha con Fernando Henrique Cardoso hacia uno de centro izquierda con Luiz Inácio Lula da Silva.

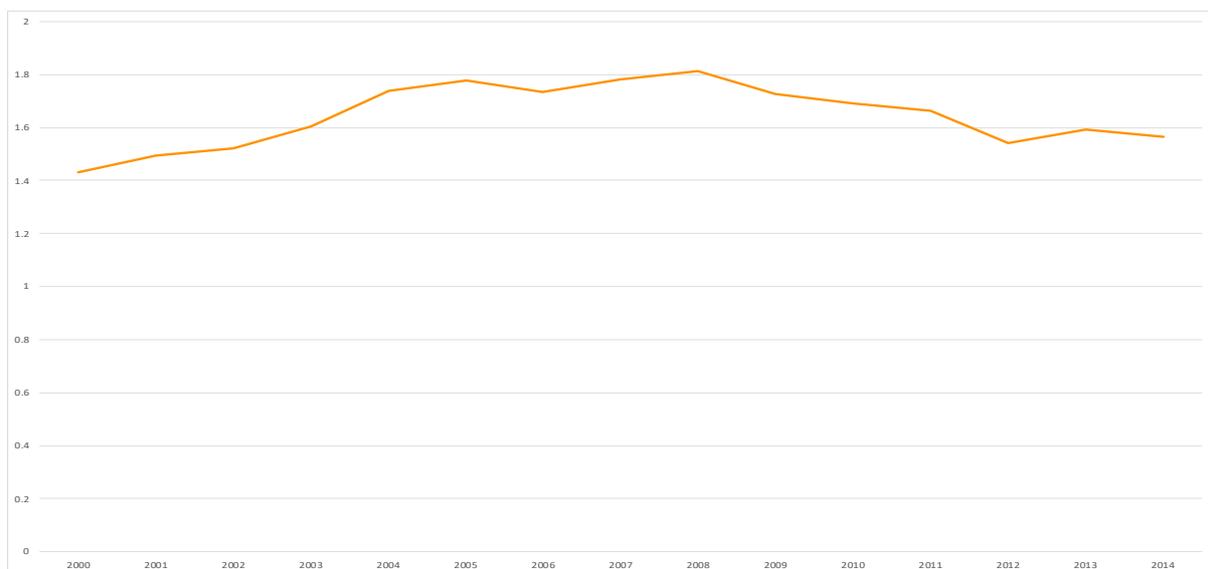
El Ministerio de Ciudades, creado en 2003 por da Silva, promovió el incremento de las inversiones, ampliación de subsidios y direccionamiento de recursos a los programas habitacionales durante el período 2004-2005. Además, el Gobierno adoptó medidas para estimular el crédito inmobiliario y brindar mayor estabilidad jurídica para el financiamiento y la producción (Bonduki 2009, 14).

Complementariamente, en el año 2007 el gobierno brasileño creó el Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC), con lo cual incrementó significativamente la inversión en la construcción, todo esto sumado a un escenario de crecimiento económico, estabilidad política y previsiones optimistas generalizadas (Gonzalez y Medrano 2017, 97).

La gran expansión de la industria de la construcción tuvo lugar entre 2006 y 2013, con un volumen de inversiones que totalizaron cerca del 40% de la formación bruta de capital fijo de todo Brasil, incorporando al 9% del total de personas empleadas a nivel nacional y una participación del 5.6% en el total de salarios pagados (Barbosa y Vilntis 2017).

2.2.2. Fabricación de vehículos

Figura 19. Brasil - Fabricación de vehículos



Fuente: Simulaciones realizadas

La etapa comprendida entre 1998 y 2003 está asociada con una recesión de la economía brasileña que ocasionó la caída de la producción de automotores y su estancamiento. Por su parte, la inversión extranjera directa impulsó el incremento de la capacidad productiva automotriz con la construcción de modernas instalaciones y la potenciación de plantas existentes (Carbajal-Suárez y Morales-Fajardo 2017).

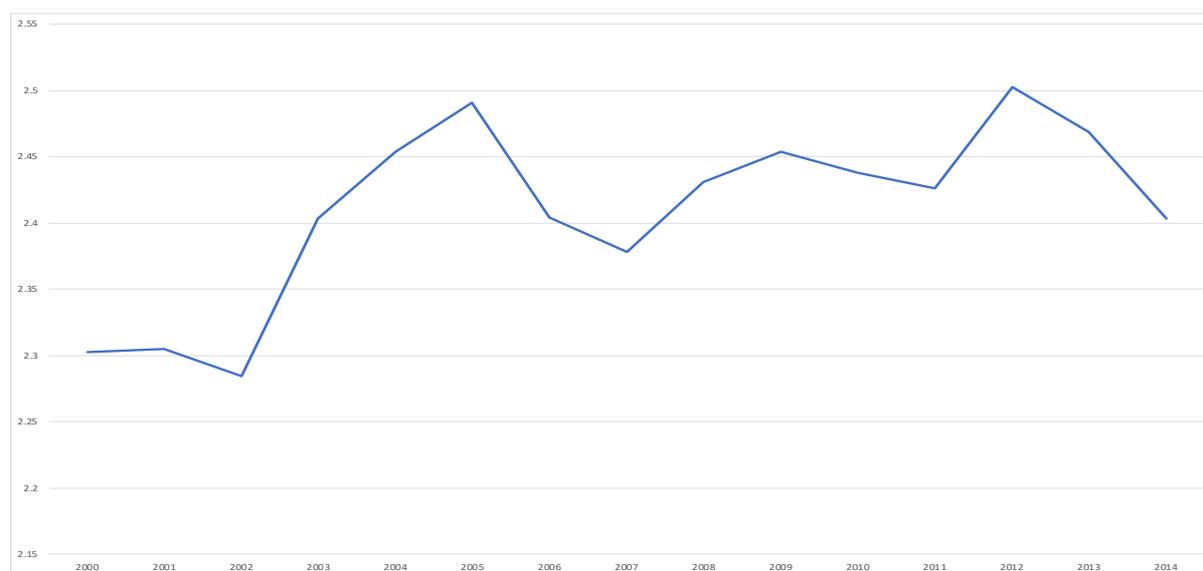
La inversión ascendió a los 71 mil millones de dólares entre las décadas de los 90 y 2000, destinando algo más del 61% a la producción final de automotores y el restante 39% a la fabricación de componentes (Wójtowicz y Rachwał 2014, 88-89).

En 2005 la producción automotriz fue de 1.8 millones de vehículos producidos, pasó a 3,6 millones en 2010 y se estabilizó en 3,1 millones en 2014 como consecuencia de la caída de las ventas en mercados foráneos por la recesión económica mundial (Duarte y Rodrigues 2017, 18). En respuesta, se aplicaron políticas gubernamentales orientadas a sostener el denominado boom automotriz, entre ellas reducción de impuestos y disminución de tasas de interés para créditos destinados a financiar la producción (Duarte y Rodrigues 2017, 18).

En 2011, el Gobierno brasileño puso en marcha el programa conocido como Inovar-Auto con el objetivo de incrementar la competitividad de su industria, atrayendo un nuevo ciclo de inversiones enfocadas hacia la renovación de plantas instaladas, conocimiento tecnológico, investigación y desarrollo que permitan evolucionar la producción en términos de tecnología y seguridad (Carbajal-Suárez y Morales-Fajardo 2017).

2.2.3. Alimentos y bebidas

Figura 20. Brasil - Alimentos y bebidas



Fuente: Simulaciones realizadas

La industria²⁹ de alimentos y bebidas en Brasil constituye un importante eje económico y social que se muestra a través de los elevados índices de centralidad durante los quince años del período analizado, asociados a su creciente demanda tanto interna como externa. Es responsable de generar la mayor cantidad de empleo en el país, con una proporción que asciende al 20% de los trabajadores de la manufactura y además, aporta con el 10% del PIB nacional y el 22% a nivel industrial (Confederación Nacional de la Industria - CNI).

Desde el 2003 se registró un significativo incremento de innovación desde el interior, es decir, generada a partir de sus necesidades y diseñada para solventar las mismas (CNI³⁰). Entre 2005 y 2008 sostuvo una fuerte inversión en maquinaria y equipo a la vez que aumentó el número de personas empleadas, incrementó la productividad y su representatividad respecto a la producción nacional, consolidando al sector de alimentos y bebidas como uno de los más influyentes de la economía brasileña (Raimundo, Batalha y Torkomian 2017).

Por su parte, el mercado externo se constituye en un destino atractivo por la creciente demanda mundial de carnes, bebidas, lácteos, comida envasada y productos orgánicos, escenario que empuja la industria hacia la tecnificación, investigación y mejoramiento de sus procesos. Entre 2005 y 2015 las exportaciones de la agroindustria pasaron de 39 mil millones de dólares a 89 mil millones de dólares y tuvieron como principales destinos a China y la Unión Europea. (Agencia EFE³¹).

²⁹ Ver: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/brazil-4-business-es/alimentos-y-bebidas/>

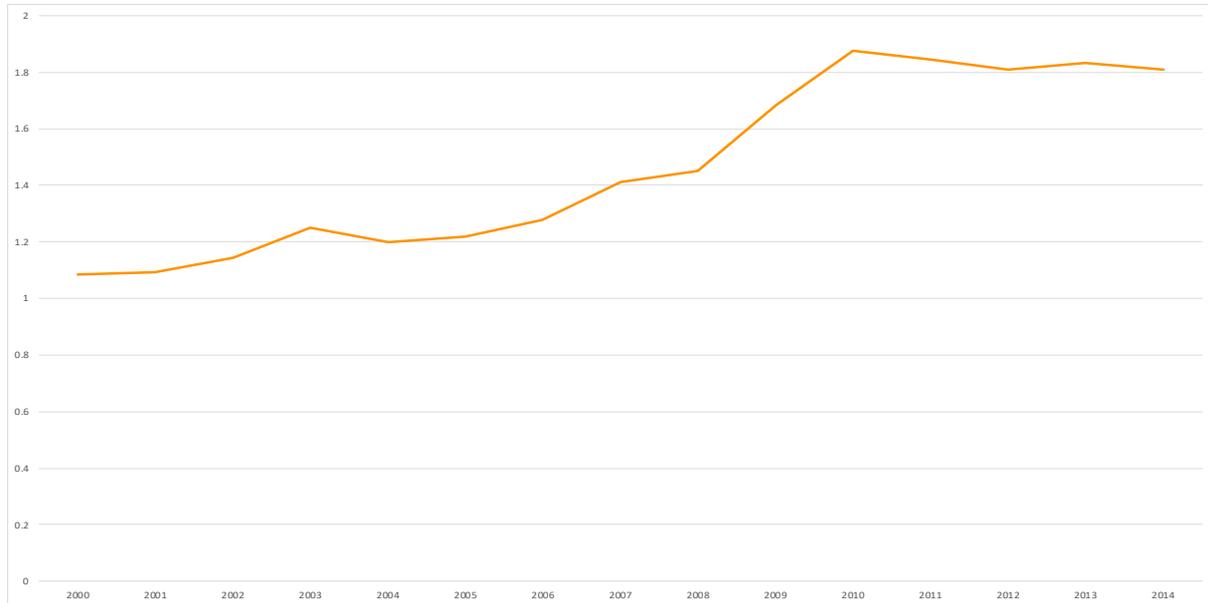
³⁰ Ver: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/brazil-4-business-es/alimentos-y-bebidas/>

³¹ Ver: <https://www.efe.com/efe/america/economia/apex-sector-de-alimentos-es-uno-los-mas-resistentes-economia-brasil/20000011-2735786>

2.3. China

2.3.1. Industria Automotriz

Figura 21. China - Industria Automotriz



Fuente: Simulaciones realizadas

La industria automotriz china desde la década de los 90 fue impulsada por una estrategia estatal de fuerte protección a empresas locales, en un marco de restricciones que configuraron el escenario propicio para el incremento de precios, nulos incentivos para la innovación y bajos niveles de competitividad (Harwit 2016).

En 1997, el Gobierno chino inició una serie de reformas motivadas por el ingreso a la Organización Mundial de Comercio - OMC - (Harwit 2001). A partir de 2001 se evidencia el surgimiento de nuevas empresas locales como Hafei y Chery cuyo propietario es el Estado; y Geely y BYD de propiedad privada (Chu 2011, 1243). Hacia finales de 2004, China había cumplido con los compromisos con la OMC, eliminó gradualmente toda clase de restricciones geográficas, de propiedad y de comercialización (Branstetter y Lardy 2006, 657-658).

En el 2009, en el marco de la crisis económica global, el gobierno chino puso en marcha el “Plan de revitalización y reestructuración de la industria automotriz³²”, ideado para sostener el crecimiento, expandir la demanda interna, acelerar un cambio estructural y promover la

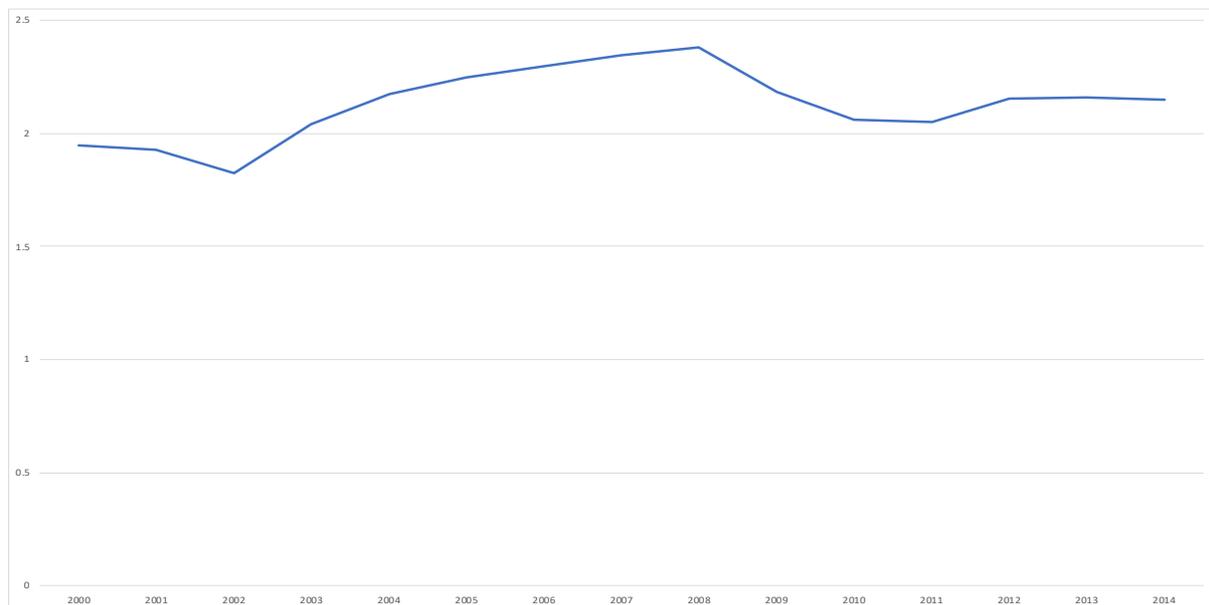
³² Ver: <http://www.ciape.cn/en/news/xingyexinwen/138.html>

innovación y modernización. Fue el inicio del apoyo estatal al desarrollo de vehículos de combustibles alternativos a través de incentivos fiscales y subsidios (Zheng et al. 2012, 17).

Tras concluir el plazo del plan, la industria automotriz continuó su expansión en el mercado mundial. En el período 2013-2014 se erigió como el primer país en superar los 20 millones de vehículos vendidos, con una tasa de crecimiento superior al 9% y un número de vehículos en circulación por encima de los 109 millones (Wei et al. 2015, 341).

2.3.2. Metales Básicos

Figura 22. China - Metales básicos



Fuente: Simulaciones realizadas

La industria siderúrgica es uno de los pilares del crecimiento de la economía china, actúa como indicador del nivel de industrialización a partir de 1990 cuando fue declarado sector protegido y estratégico (SAIA 2012, 15). En 1996, la producción de acero fue superior a las 100 millones toneladas y convirtió a China en el mayor productor de este metal en el mundo (Liu y Song 2016).

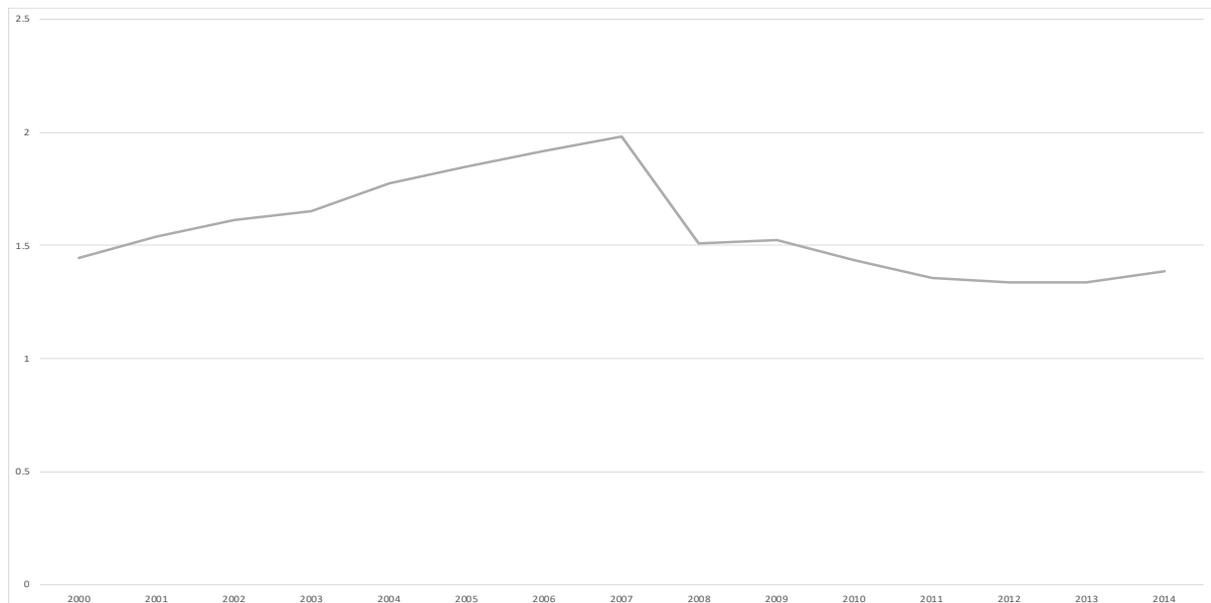
En 2003 y 2004, China registró un crecimiento impulsado por la inversión sostenida en infraestructura, construcción y su consolidación como la fábrica mundial tras entrar en la OMC. Las inversiones en China asociadas a bienes primarios pasaron de 28 mil millones de dólares en 2003 a 80 mil millones de dólares a finales de 2005 (Humphreys 2010, 3-5).

Entre 2005 y 2007, la demanda mundial de bienes primarios se expandió gracias al gigantesco consumo de metales proveniente del mismo mercado chino, en su mayoría destinados al proceso de urbanización e industrialización (Razvadovskaya y Shevchenko 2015).

Sin embargo, el 2008 marcó la última escalada de precios de los bienes primarios, a la vez que la economía china se contrajo y con ella su producción de metales (Holloway, Roberts y Rush 2010, 24).

2.3.3. Electricidad, gas, aire acondicionado

Figura 23. China - Electricidad, gas, aire acondicionado



Fuente: Simulaciones realizadas

Durante el período 2002-2005 China tuvo un incremento drástico en la generación de energía, en gran parte por la construcción de plantas que pasaron de una capacidad de alrededor de 1.9GW en 1949 a 713.3GW en 2007. Cabe señalar que hacia el 2006 cerca del 50% de la demanda energética mundial provino de China (Ngan 2010, 2143).

En 2007 el Gobierno chino aprobó el Plan de Trabajo Integral para la conservación de la Energía y la Ley de Conservación de Energía revisada. Incluía medidas de carácter fiscal e impositivas, apoyo a proyectos de eficiencia energética, regulaciones para edificios y

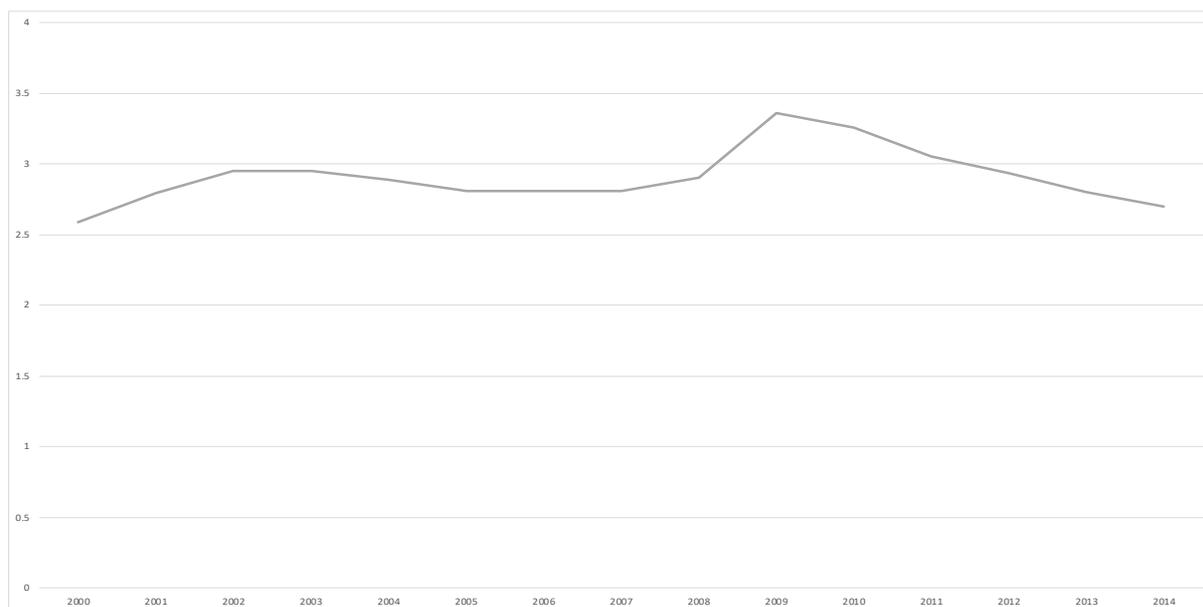
transporte, además de responsabilidades y contravenciones por el incumplimiento de estándares de eficiencia energética (Zhou, Levine y Price 2010, 6444).

Por otra parte, el incremento de precios de bienes primarios durante el 2006-2008 y la reducción drástica de los subsidios energéticos, elevaron los costos hasta equiparar niveles internacionales. En 2008 las empresas generadoras de energía eléctrica tuvieron una disminución del beneficio neto de alrededor de -117% respecto del 2007. Para evitar la interrupción del servicio energético o el incremento de la tarifa eléctrica, el Gobierno optó por destinar una mayor cantidad de recursos para subsidiar las grandes pérdidas registradas (Wang y Chen 2012, 147).

2.4. Estados Unidos

2.4.1. Public administration and defence; compulsory social security

Figura 24. EE.UU. - Administración pública y defensa



Fuente: Simulaciones realizadas

Uno de los principales sectores de la economía Norteamericana es la Administración pública y defensa, los Gobiernos Estatales³³ y Locales tienen una participación de aproximadamente 9% en el PIB nacional, cifras que lo convierten en el segundo sector más importante de la economía.

³³ Ver: <https://www.worldatlas.com/articles/which-are-the-biggest-industries-in-the-united-states.html>

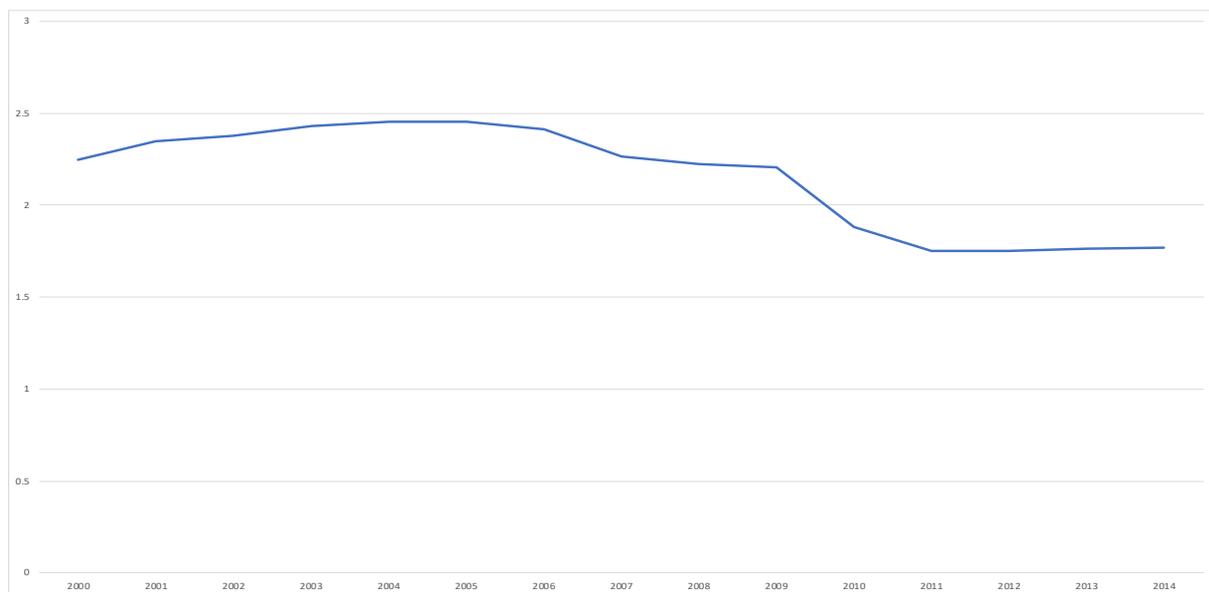
Por su parte, el Gobierno Federal³⁴ es un actor clave en la economía americana, puesto que emplea a cerca de 2.800 millones de personas y una participación del 5% en el PIB total, con inversiones dirigidas principalmente a atención médica, seguridad social y educación.

En el año 2009, período en el que la crisis tuvo su mayor efecto, el gasto del Gobierno Federal ascendió a 3.500 billones de dólares, más del 60% financió programas obligatorios de seguridad social y atención médica. Además contemplaba 151 mil millones de dólares para el denominado TARP,³⁵ como parte de una política fiscal expansiva que buscaba impulsar el crecimiento durante un período crítico del sistema financiero americano.

El déficit presupuestario³⁶ en ese mismo año fue de 1.413 billones de dólares, registrado como el mayor déficit de la historia de los Estados Unidos hasta la fecha y resaltando que antes de la presidencia de Richard Nixon (1969-1974) los déficits solo se aplicaban para financiar guerras.

2.4.2. Construcción

Figura 25. EE.UU. - Construcción



Fuente: Simulaciones realizadas

³⁴ Ver: <https://www.worldatlas.com/articles/which-are-the-biggest-industries-in-the-united-states.html>

³⁵ TARP es el Programa de Alivio de Activos en Problemas, creado para estabilizar el sistema financiero durante la crisis de 2008. Fue autorizado mediante la Ley de Estabilización Económica de Emergencia de 2008 (EESA).

³⁶ Ver: <https://www.thebalance.com/fy-2009-u-s-federal-budget-and-spending-3306311>

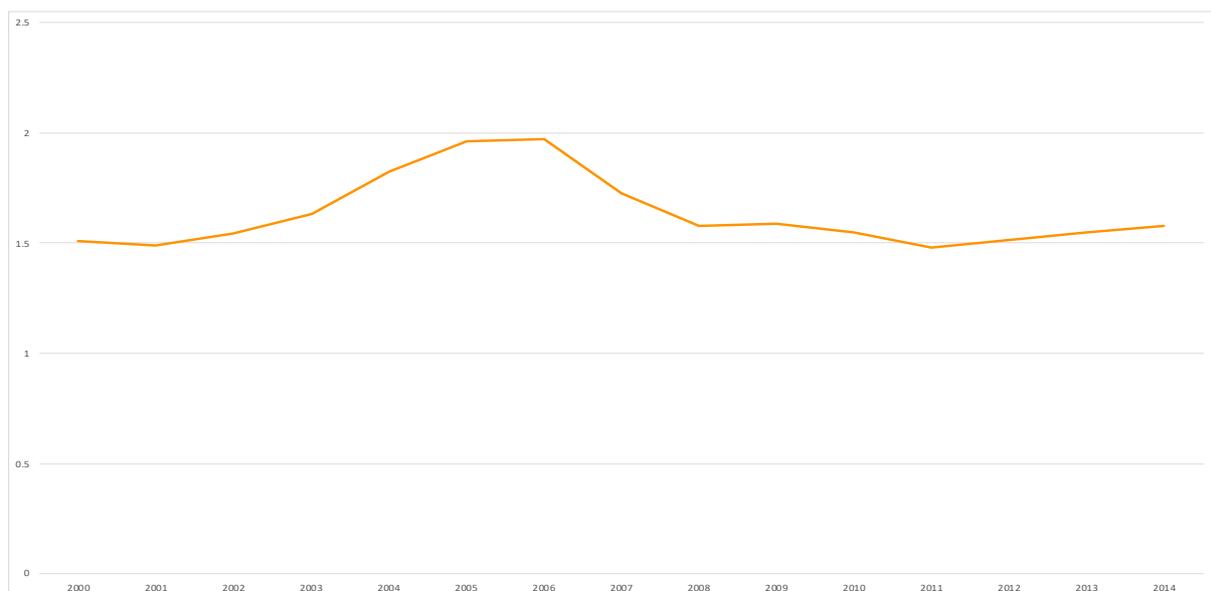
El sector de la construcción es un demandante clave de bienes y servicios de una amplia gama de sectores y tiene un rol esencial en el crecimiento de la economía y en el cumplimiento de objetivos socioeconómicos (Stasiak-Betlejewska y Potkány 2015). Este complejo sector tiene vínculos con sectores manufactureros de materiales, equipamiento y maquinaria, así como proveedores de servicios de energía, financieros y mano de obra.

La construcción en Estados Unidos, a pesar de sus altos y bajos, históricamente ha registrado un aporte³⁷ importante al PIB nacional, pasando de un 9.4% en 1999 a 5.1% en 2010. A pesar de la crisis de 2009, este sector ha continuado su influencia en la economía aunque su contribución al PIB ha rondado los seis puntos porcentuales desde 2015.

No obstante de la diversificación del sector manufacturero, la expansión de los servicios y una aparente etapa postindustrial, el sector de la construcción se mantiene como uno de los más importantes referentes del crecimiento económico de Estados Unidos, aún teniendo una tasa que crece a menor medida que el PIB y otro grupo de sectores, genera impacto positivo en el conjunto de industrias con las que se vincula.

2.4.3. Bienes raíces

Figura 26. EE.UU. - Bienes raíces



Fuente: Simulaciones realizadas

³⁷ Ver: <https://www.abc.org/News-Media/News-Releases/entryid/9801/constructions-contribution-to-u-s-economy-highest-in-seven-years>

Los servicios compuestos por finanzas, seguros y bienes raíces constituyen el sector más importante de la economía estadounidense. Juntos componen el mercado de valores más grande del mundo,³⁸ Wall Street y representan el 20% de la economía americana, convirtiéndolo en el mayor sector³⁹ por su contribución al PIB.

Durante el período 2009-2013 el PIB de Estados Unidos creció⁴⁰ alrededor del 17%, pasando de 14.4 mil millones de dólares a 16.8 mil millones de dólares, cifras en las que los servicios financieros y de bienes raíces contribuyeron con la quinta parte del crecimiento total registrado.

El sector de los bienes raíces, alquiler y arrendamiento contribuyen a la economía de Estados Unidos en dos aspectos fundamentales⁴¹, por una parte a través del gasto de alquiler residencial y pago de servicios públicos; y por otra, mediante la inversión en nuevas residencias que promueve la construcción de inmuebles, remodelaciones y pagos por servicios de corredores de bienes raíces.

El denominado sector de la vivienda genera empleo para cerca de dos millones de personas, su rol trascendental en la economía se evidencia en la crisis de 2008 y 2009, en la cual la caída de precios de inmuebles residenciales causó la peor recesión económica de EEUU del siglo XXI y arrastrando con ella a la economía mundial.

2.5. Australia

³⁸ Ver: <https://www.bbva.com/es/grandes-bolsas-mundo/>

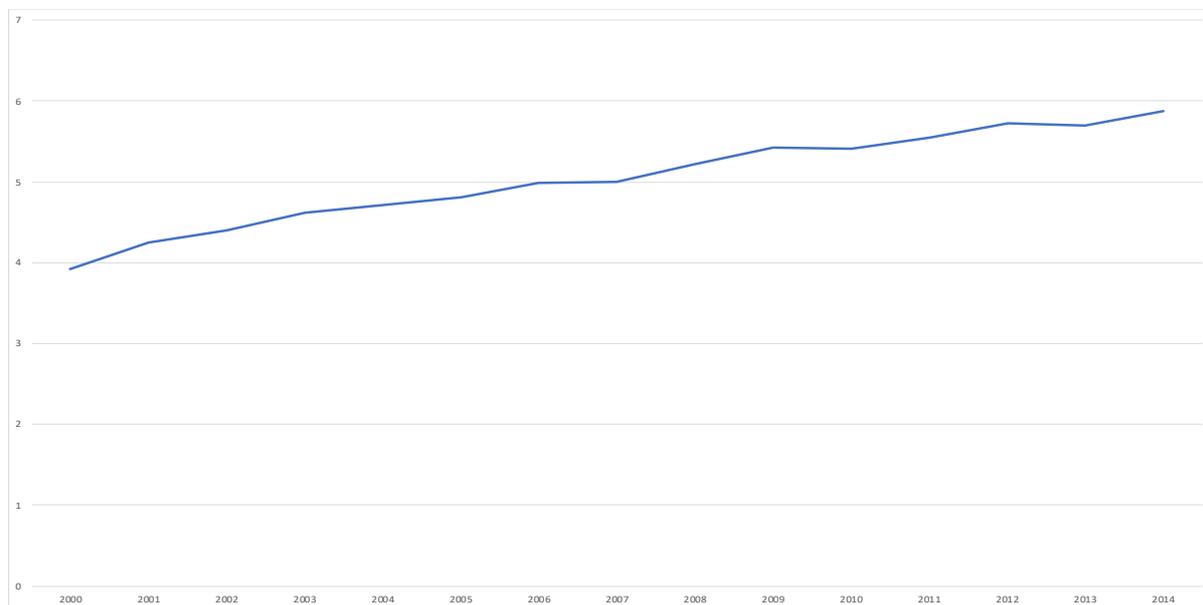
³⁹ Ver: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/spotlight/economics-insights-analysis-07-2019.html>

⁴⁰ Ver: <https://blog.iese.edu/economics/2014/12/11/who-contributes-to-the-growth-of-the-us-economy/>

⁴¹ Ver: <https://www.worldatlas.com/articles/which-are-the-biggest-industries-in-the-united-states.html>

2.5.1. Construcción

Figura 27. Australia - Construcción



Fuente: Simulaciones realizadas

El sector de la construcción es uno de los más importantes para la economía de Australia, con un volumen de ventas que ascendió hasta los 327 mil millones de dólares en el período 2012-2013 y una participación en el PIB cercana al 21% (Richardson 2014).

Australia es un país cuya economía ocupa el puesto 15 a nivel mundial, con una de las más bajas densidades de población con una tasa de 2.6 personas por kilómetro cuadrado, distribuidas en una inmensa extensión de territorio, situación que representa un desafío para la dotación de infraestructura (Manley 2008).

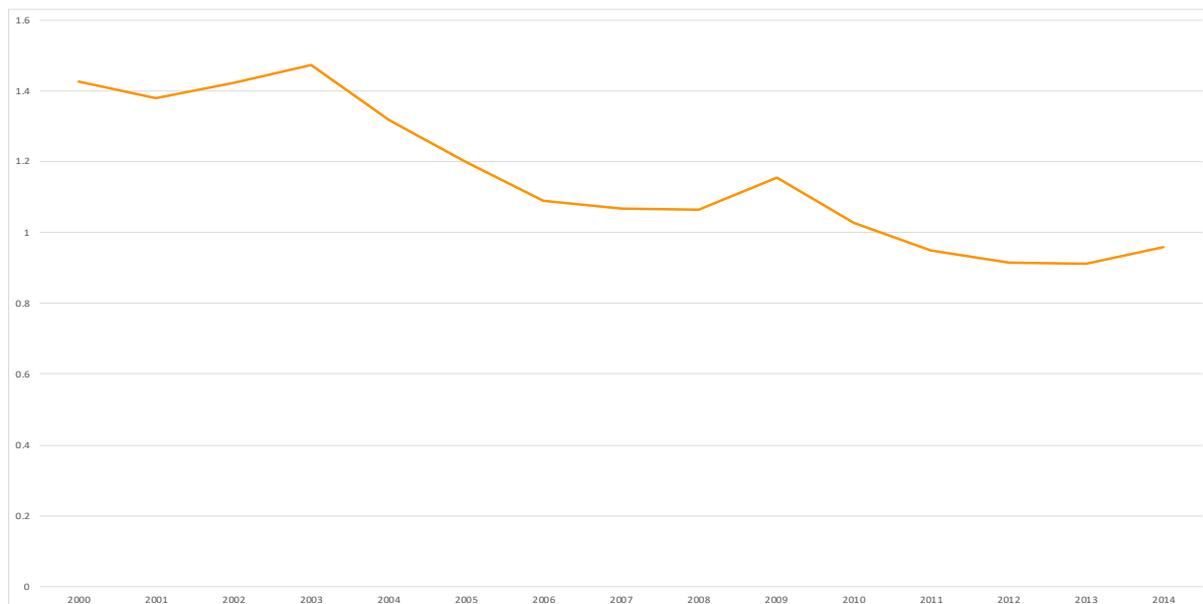
La construcción en Australia se desenvuelve en un complejo escenario de actores públicos y privados, de los cuales se desprenden problemas de rivalidad, superposición de funciones, desorganización e ineficiencia. Pese a ello, esta industria ocupa la décimo quinta posición en el mundo, con el sector público instaurado como el principal cliente y promotor de innovación y el sector privado como el principal proveedor (Manley 2008).

El sector está dividido en a) Construcción general que abarca edificios e ingeniería civil y pesada, y b) Servicios de construcción, relacionados a preparación del sitio, estructuras, instalación, terminación, entre otros. En cuanto a las cifras, el período 2012-2013 arrojó que

la construcción de edificios generó 113 mil millones de dólares, los servicios de construcción 140 mil millones de dólares y la ingeniería pesada y civil un monto de 74 mil millones de dólares (Richardson 2014).

2.5.2. Fabricación de metales básicos

Figura 28. Australia - Metales básicos



Fuente: Simulaciones realizadas

La fabricación de metales básicos ha sido una industria importante para la economía de Australia puesto que son utilizados en muchas ramas de la manufactura y en la construcción (Australian Government 2016). Pese a ello, no ha llegado a consolidarse debido a sus altos costos de energía,⁴² escollos atravesados por el sistema eléctrico nacional y a su preferencia por la explotación de minas y canteras, cuyos productos experimentaron elevados precios de comercialización durante la década de los 2000 e inicios de los 2010.

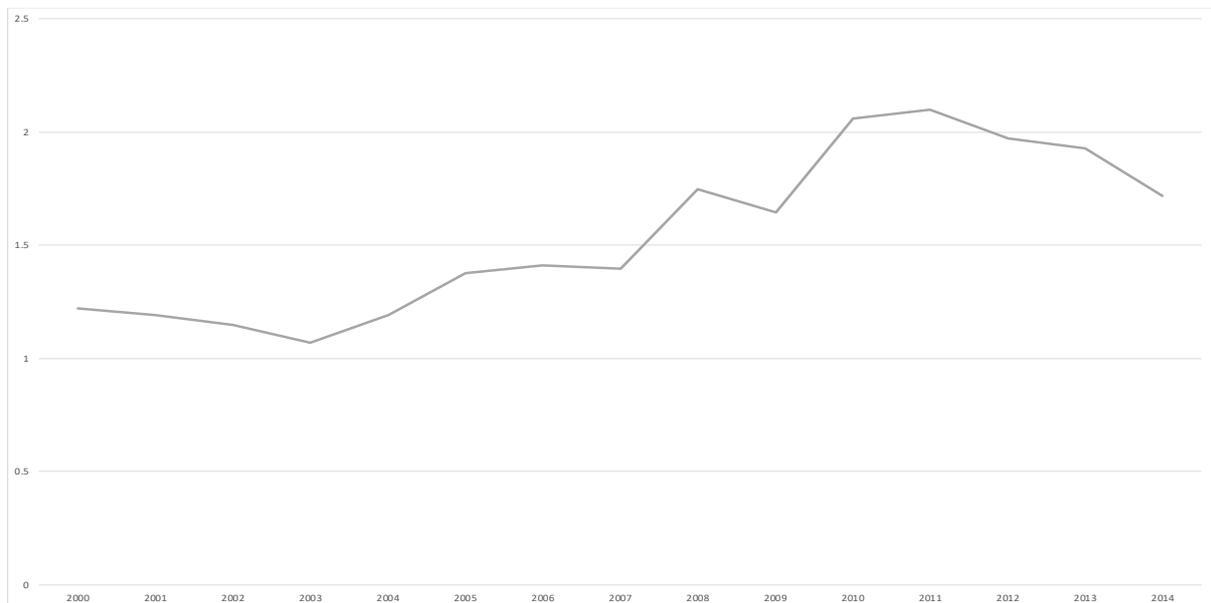
La producción de metales básicos cubre los sectores de hierro, acero y ferroaleaciones, metales preciosos y no ferrosos básicos, además de la fundición de metales. La manufactura de este tipo de metales requiere de una gran infraestructura y equipo relativamente intenso, generalmente dista mucho de la infraestructura para la fabricación de productos metálicos, que es el sector hacia donde se han inclinado la mayor parte de empresas (Sneijers 2004).

⁴² Ver: <https://aluminiuminsider.com/high-electricity-prices-driving-australias-aluminium-industry-business/>

Durante la década de los 2000 se evidenció un cambio drástico en la industria, los metales procesados como el aluminio, cobre y oro que conformaban casi la tercera parte del total de exportaciones de recursos de Australia redujeron drásticamente su participación. A fines de los 2000 la ventaja comparativa del país se había trasladado hacia la comercialización de mineral de hierro y carbón, pues los precios eran cada vez mayores. Los volúmenes de exportación de metales procesados cayeron estrepitosamente y consecuentemente su participación en la industria (Connolly y Orsmond 2011).

2.5.3. Minas y canteras

Figura 29. Australia - Minas y canteras



Fuente: Simulaciones realizadas

La minería ha sido uno de los sectores más importantes de la economía australiana, con períodos de altos y bajos, pero con un repunte desde inicios de la década del 2000 que ha catapultado a esta industria a registrar cifras históricas, motivada principalmente por la demanda de bienes primarios de China e India como parte de su proceso de urbanización e industrialización.⁴³

⁴³ Ver:

https://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/BriefingBook43p/mineralssector

Como respuesta, la industria minera australiana concentró sus esfuerzos en la extracción de mineral de hierro, carbón y gas natural licuado (GNL), alejándose del procesamiento de metales. La gigantesca demanda de gas natural proveniente de economías asiáticas inmersas en programas de diversificación de fuentes de energía conllevó que Australia desarrolle grandes proyectos de GNL (Connolly y Orsmond 2011).

Australia ha desarrollado su actividad minera sobre la base de sus abundantes suministros minerales y una relativa facilidad de descubrimiento y explotación, pues gran parte de su territorio es plano y escasamente poblado fuera de sus costas. Sus volúmenes de comercialización con otros países lo convierten en el mayor exportador⁴⁴ del mundo de mineral de hierro, carbón, plomo, zinc y uranio y el total de la industria representa alrededor del 8% del PIB.

Las cifras del sector minero muestran un crecimiento extraordinario, los ingresos pasaron de una tasa cercana al 6% del PIB en el año 2000 a un representativo 14% en el 2010, con una tasa de crecimiento anual promedio que ronda el 15%. Las exportaciones de mineral de hierro pasaron de un valor de 5.3 mil millones de dólares en 2003-2004 a 34.2 mil millones de dólares en 2008-2009 y las exportaciones de carbón pasaron de 10.9 mil millones de dólares a 54.7 mil millones de dólares en el mismo período referencial (Connolly y Orsmond 2011).

⁴⁴ Ver:

https://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/BriefingBook43p/mineralssector

Conclusiones

La pretensión de aportar mejores herramientas para el estudio de estructuras productivas ha motivado que en las dos últimas décadas adquiriera relevancia el análisis de redes económicas apoyado en la teoría de grafos. Su aplicación ha dado lugar a redes complejas, densas, dirigidas y ponderadas, características que han impulsado la formulación de distintos indicadores para la determinación de los nodos más importantes o centrales, cuya influencia se expande hacia el resto de nodos de la red.

En ese contexto, esta investigación aplica el enfoque de redes para analizar el desenvolvimiento de las matrices productivas de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia en el período 2000-2014. Para cada sector económico se calculan los indicadores *PageRank*, *Eigenvector*, *Hub* y los tradicionales encadenamientos hacia atrás y son comparados entre sí con el objetivo de determinar su aporte al análisis económico.

Los gráficos permitieron observar que las series de tiempo de *Eigenvector* y *Hub* son extremadamente sensibles y su inestabilidad hace que los sectores a los cuales están asociados difícilmente puedan clasificarse por su importancia en la red. Es decir, en el corto plazo una industria puede pasar con facilidad de lo más alto a lo más bajo del ranking o viceversa y repetir este comportamiento en múltiples ocasiones durante los 15 años analizados, lo cual impide la categorización del sector.

Se evidenció además que las oscilaciones bruscas de *Eigenvector* y *Hub* se repiten con frecuencia en las cinco economías analizadas, aunque es mucho más notorio en los casos de Alemania, China y Estados Unidos. Por su parte, los diagramas de *PageRank* de las cinco economías estudiadas muestran una categorización de los sectores, aunque no llega a ser prolija pero lo hacen destacar cuando es contrastado con los otros indicadores de centralidad *Eigenvector* y *Hub*.

No obstante, al compararse los gráficos de encadenamientos hacia atrás y *PageRank* se apreciaron resultados interesantes en el ámbito de esta investigación. En términos generales, ambos indicadores muestran jerarquizaciones similares en las redes productivas de los cinco países estudiados, puesto que existe una coincidencia significativa de sectores influyentes en la sección superior del diagrama y los menos preponderantes en el segmento inferior.

La intuición económica detrás de estos resultados revelaría que los sectores que son capaces de generar mayor impacto, en el sentido de consumir bienes y servicios intermedios producidos por otros sectores, estarían representados tanto por la metodología tradicional de encadenamientos hacia atrás, como por el enfoque de redes mediante *PageRank*.

Sin embargo, las series de tiempo de *PageRank* no necesariamente se corresponden con los desempeños registrados por la historia económica reciente. En otras palabras, mientras las cifras de un determinado sector, en un período específico, describen crecimiento económico, las series de tiempo de *PageRank* no reflejan obligatoriamente una tendencia creciente o un ascenso en la jerarquía de influencia de la red productiva.

No obstante, los resultados de esta investigación sugieren que las series de tiempo de los encadenamientos hacia atrás tienen la capacidad de mostrar la tendencia acorde al desempeño de la industria. Muestra de ello son los diagramas de Alemania, Brasil, China, Estados Unidos y Australia, los cuales describen de manera análoga su crecimiento o contracción.

Sobre la base de estos resultados, se puede concluir que los indicadores de centralidad *Eigenvector* y *Hub* no serían apropiados para analizar estructuras productivas a partir de las matrices insumo producto. Por otra parte, se destaca la vigencia de los encadenamientos hacia atrás por su aporte al análisis económico en la formulación de políticas públicas y desarrollo de estrategias orientadas al crecimiento económico.

Adicionalmente, para futuros trabajos se recomienda investigar el mejoramiento del indicador *PageRank* para su aplicación complementaria al enfoque tradicional de encadenamientos, puesto que desde una metodología distinta le aportaría robustez al análisis de estructuras productivas.

En cuanto a las economías de los países analizados, se evidencian cambios importantes en sus matrices a través de las fluctuaciones de las industrias más influyentes. Cabe señalar que estas oscilaciones no se observan únicamente durante el auge y caída de los precios de bienes primarios entre 2002 y 2009, sino que se manifiestan indistintamente durante los 15 años estudiados.

Por otra parte, se observó que los sectores industriales continúan siendo influyentes en las economías de Alemania, Brasil, China, EE.UU. y Australia, a pesar de que varias investigaciones plantean una era postindustrial y de desindustrialización de las economías avanzadas, los resultados de este estudio muestran la importancia de los sectores de la manufactura en la dinámica no solo económica, sino social y tecnológica.

En el caso de Alemania, se evidencia un descenso significativo de la industria automotriz durante los años 2008 y 2009 en donde ocurrió la crisis financiera global. Los vehículos alemanes disminuyeron su cuota en el mercado mundial, frente al ascenso de la industria automovilística asiática.

El sector de la construcción tuvo un declive sostenido desde la década de los 90 hasta mediados de los 2000, período en el que tuvo las tasas más bajas de productividad de todas las industrias. Desde el 2006 la construcción tuvo un repunte, el cual coincide con la implementación de estrategias desde el Gobierno, que estuvieron dirigidas a proyectos de investigación sobre eficiencia energética de edificios.

La fabricación de maquinaria y equipo es una de las industrias más importantes de Alemania, incorpora la innovación de ramas como la electrónica, robótica y software. Tiene una participación mundial que supera el 19%, la cual se vio muy afectada durante 2008 y 2009, cuando la crisis comprometió su exportación. Para el 2012 la industria vuelve a estabilizarse y se consolida como una de las más influyentes de Europa y el mundo.

Por su parte, en Brasil se manifiestan cambios interesantes, no necesariamente asociados a la época de bonanza de los minerales, se observan declives e incrementos de los sectores más importantes de su economía que se asocian con distintos eventos.

En el caso de la construcción, uno de los sectores más influyentes, tuvo un desempeño con tendencia decreciente entre 2000 y 2004. Durante ese período se impulsó la adquisición de vivienda de segunda mano y proliferaron las construcciones informales. Sin embargo, desde el 2003 se impulsó una política de fuerte impulso de la vivienda, se registraron incrementos de las inversiones, ampliación de subsidios, estimulación de créditos, reformas jurídicas, entre otras medidas que dinamizaron el sector.

La industria automotriz brasileña atravesó el estancamiento de su producción entre 1998 y 2003, etapa en la que el país atravesaba una fuerte recesión económica. Entre 2005 y 2014, la producción automotriz casi se duplicó, a través de la inversión extranjera directa que influyó en la construcción de nuevas plantas y en el fortalecimiento de las existentes. Se ampliaron los mercados extranjeros y se implementaron acciones para sostener la demanda local y elevar la innovación y calidad de los vehículos fabricados.

El sector de alimentos y bebidas representa el 20% de trabajadores de la manufactura y aporta el 10% del PIB nacional. Desde los 90 e inicios de los 2000 atrajo inversión extranjera directa atada a las políticas de liberalización económica y flexibilización regulatoria. Entre 2005 y 2008 hubo una fuerte inversión en maquinaria y equipo e incorporación de trabajadores que se tradujo en mayor productividad. Entre 2005 y 2015 las exportaciones de la agroindustria crecieron por encima de 100% y ascendieron hasta 89 mil millones de dólares.

En el caso de China, el escenario de sus industrias fue heterogéneo, por una parte parte el crecimiento exorbitante de sectores dependientes mayoritariamente de su demanda interna y por otra, los productos básicos orientados al mercado internacional que se vieron fuertemente golpeados por la crisis financiera mundial 2008-2009.

A inicios de los 2000 China ingresó en la OMC y para ello hicieron una serie de reformas encaminadas a la apertura comercial y al fortalecimiento de la transferencia tecnológica. A partir de 2001 se evidencia el surgimiento de nuevas empresas locales de propiedad estatal y privada. Durante la crisis financiera mundial, ejecutó un plan de protección de la industria automotriz para sostener el crecimiento, expandir la demanda interna y acelerar el proceso de modernización del parque automotor.

Otro de los pilares del crecimiento económico chino es el sector de metales, consolidado como el mayor productor de acero del mundo. Los primeros años de la década del 2000 fueron importantes para el sector por la inversión sostenida en infraestructura. En el período 2005-2007 la economía china continuó su expansión de infraestructura con el consecuente consumo masivo de metales. Sin embargo, la crisis mundial entre 2008-2009 y la caída de precios de los bienes primarios, afectó el crecimiento de la economía china por la disminución de exportaciones.

El enorme crecimiento de la industria china trajo consigo la necesidad de una mayor capacidad de generación eléctrica, por ello instaló la segunda mayor infraestructura del mundo que representa alrededor del 25% global. Por otra parte, entre los años 2006 y 2008 se redujeron drásticamente los subsidios energéticos, esto encareció drásticamente sus costos. En 2007 el Gobierno impulsó un plan integral de eficiencia energética que incluía medidas de carácter fiscal e impositivas, regulaciones para edificios, transporte y artefactos.

El caso de Estados Unidos llama la atención, pues la administración pública y defensa, con una participación cercana al 9% del PIB nacional, es el segundo sector más importante. El Gobierno Federal emplea a cerca de 2.8 millones principalmente en áreas de atención médica, seguridad social y educación. En 2009 el gasto del Gobierno Federal ascendió a 3.500 billones de dólares, parte de una política fiscal expansiva que buscaba impulsar el crecimiento durante un período crítico del sistema financiero americano.

La construcción en Estados Unidos, a pesar de sus altos y bajos, históricamente ha registrado un aporte importante al PIB nacional. A pesar de la crisis de 2009, este sector ha continuado su influencia en la economía aunque su contribución al PIB ha rondado los seis puntos porcentuales desde 2015. Este complejo sector tiene vínculos con sectores de materiales, equipamiento y maquinaria, proveedores de servicios de energía, financieros y mano de obra.

Los servicios compuestos por finanzas, seguros y bienes raíces constituyen el sector más importante de la economía estadounidense. Juntos componen el mercado de valores más grande del mundo y representan el 20% de la economía americana, convirtiéndolo en el mayor sector por su contribución al PIB. Durante 2009-2013 el PIB de EE.UU. creció alrededor del 17%, cifras en las que los servicios financieros y de bienes raíces contribuyeron con la quinta parte del crecimiento total registrado.

Al estudiar Australia se puede apreciar que el sector de la construcción es uno de los más importantes para su economía, con un volumen de ventas que ascendió hasta los 327 mil millones de dólares en el período 2012-2013 y una participación en el PIB cercana al 21%. Esta industria ocupa la décimo quinta posición en el mundo, con el sector público instaurado como el principal cliente y promotor de innovación y el sector privado como el principal proveedor.

Por otra parte, la fabricación de metales básicos ha sido una industria importante para la economía australiana, utilizados principalmente en la manufactura y construcción. No obstante, no ha llegado a consolidarse debido a la preferencia por la explotación de minas y canteras. Durante la década de los 2000 los metales procesados como el aluminio, cobre y oro redujeron drásticamente su participación, puesto que la ventaja comparativa del país se había trasladado hacia la comercialización de mineral de hierro y carbón.

En el mismo sentido, la minería ha sido uno de los sectores más importantes de la economía australiana, con un repunte histórico desde inicios de los 2000 motivado por la demanda de bienes primarios de China e India. La industria concentró sus esfuerzos en la extracción de mineral de hierro, carbón y gas natural mediante grandes proyectos. Sus volúmenes de comercialización al extranjero lo convierten en el mayor exportador del mundo de mineral de hierro, carbón, plomo, zinc y uranio, juntos representan alrededor del 8% del PIB.

Para finalizar, es importante resaltar que los sectores tienen un comportamiento distinto en el tiempo y no precisamente responden a una tendencia mundial común o como país, sino que se desenvuelven en una realidad propia de la economía en la cual se inscriben. Sin embargo, la expansión del proceso de globalización y sus conexiones comerciales internacionales, así como el aspecto político de los gobiernos de turno y el avance tecnológico, constituyen aspectos comunes en los períodos de cambios de las matrices productivas de las economías.

Anexos

Cálculo de encadenamientos hacia atrás

Se toma como punto de partida la matriz insumo producto de un país, la cual discrimina a los bienes y servicios por su origen, pueden ser doméstico o importaciones. Dado que el objetivo de esta etapa de la investigación es estudiar la estructura productiva interna de un país, se seleccionan los bienes y servicios de origen doméstico y se genera una nueva matriz que sigue siendo cuadrada, pues tiene el mismo número de filas y columnas, y describen a los 56 sectores que conforman la matriz insumo producto.

En el siguiente paso, se dividen las entradas de cada fila (sector) para el total de la columna en la cual se ubica $a_{ij} = x_{ij}/X_j$ y se obtiene la matriz de coeficientes técnicos A que mantiene el mismo número de sectores en filas y columnas.

A continuación, se calcula la Matriz Inversa de Leontief que es igual a $(I - A)^{-1}$ donde I es la matriz identidad y A la matriz de coeficientes técnicos calculada en el paso anterior.

Los totales de cada columna de la matriz $(I - A)^{-1}$ conforman el vector de multiplicadores de producto (mpS_n), los mismos son la esencia del cálculo de los encadenamientos hacia atrás.

Finalmente, cada uno de los 56 multiplicadores de producto se divide para la sumatoria total de los mismos y el resultado se multiplica por el número de sectores, es decir $(mpS_i / \sum mpS_n) \cdot 56$. De esta manera obtenemos los encadenamientos hacia atrás a partir de la matriz insumo producto, estos valores obtenidos se utilizarán para graficar las series de tiempo de cada sector de la economía y proceder a la comparación de indicadores.

Cálculo de PageRank

Al igual que la metodología de encadenamientos, el primer paso es seleccionar los datos de bienes y servicios de origen Doméstico de la matriz insumo producto del país seleccionado, generándose una matriz cuadrada $M_{56 \times 56}$ con igual número de filas y columnas, equivalentes al número de sectores de la matriz original.

En los pasos posteriores se utiliza el software estadístico R para:

- a) Transformar desde formato Microsoft Excel la matriz cuadrada $M_{56 \times 56}$ en una matriz, propiamente dicha en lenguaje R, la cual se denominará matriz de adyacencia.
- b) Generar el grafo o red, sobre la base de la matriz de adyacencia obtenida. Es importante señalar que el software permite discriminar las propiedades de la matriz, en este caso dirigida y ponderada.

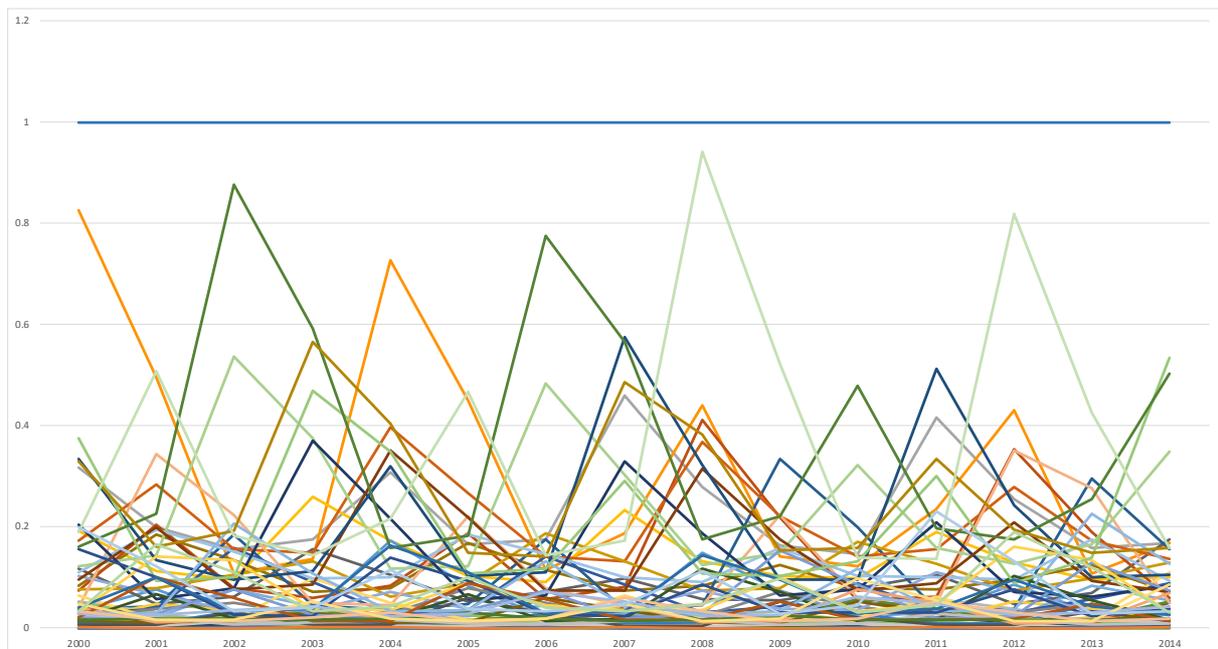
Calcular el índice *PageRank* para cada uno de los 56 sectores, a través de la función `page.rank` que ejecuta el algoritmo iterativo que cuantifica la centralidad o importancia de los nodos de una red. Los valores *PageRank* obtenidos se utilizarán para graficar las series de tiempo de cada sector de la economía y pasar a la fase de comparación de indicadores.

Gráficos de indicadores *Eigenvector* y *Hub*

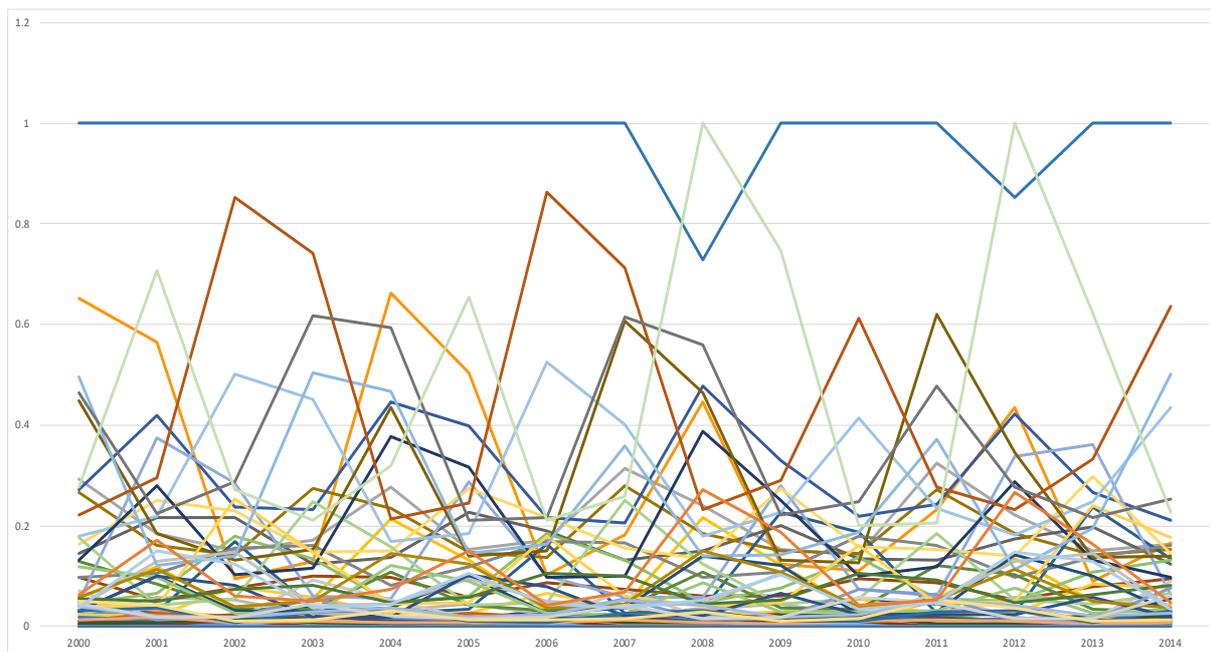
a. Alemania

A continuación se muestran las series de tiempo de los 56 sectores que configuran la economía alemana, para los indicadores *Eigenvector* y *Hub*.

Figura 30. Alemania – *Eigenvector* 56 sectores



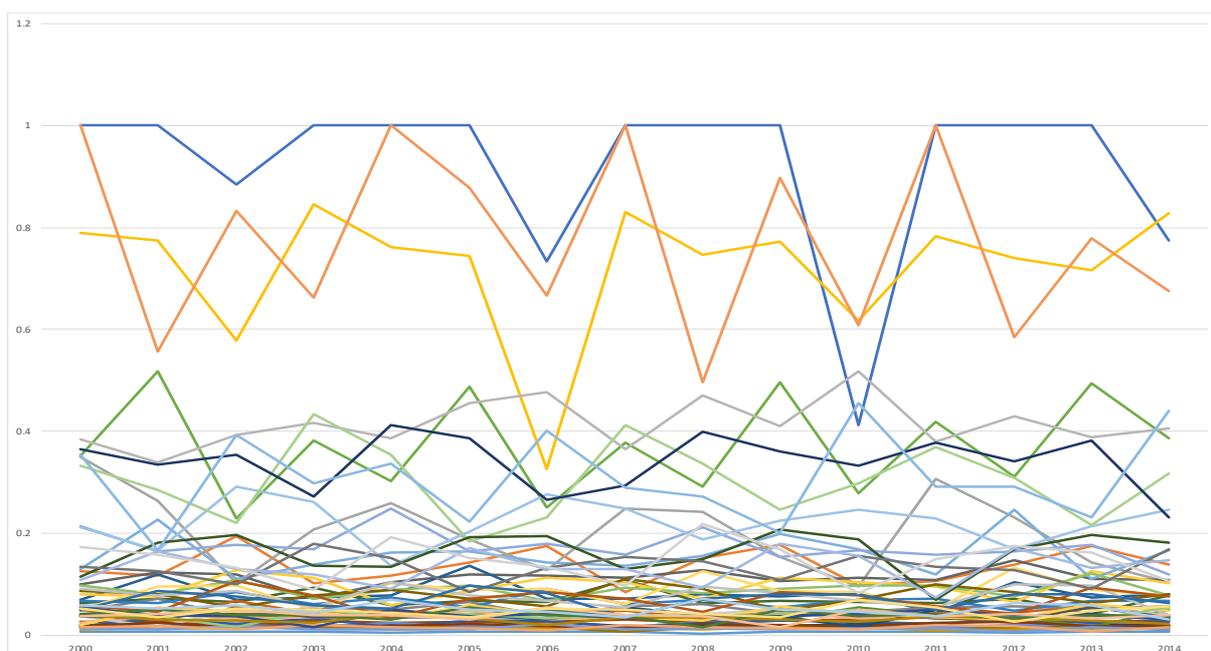
Fuente: Simulaciones realizadas

Figura 31. Alemania - Hub 56 sectores

Fuente: Simulaciones realizadas

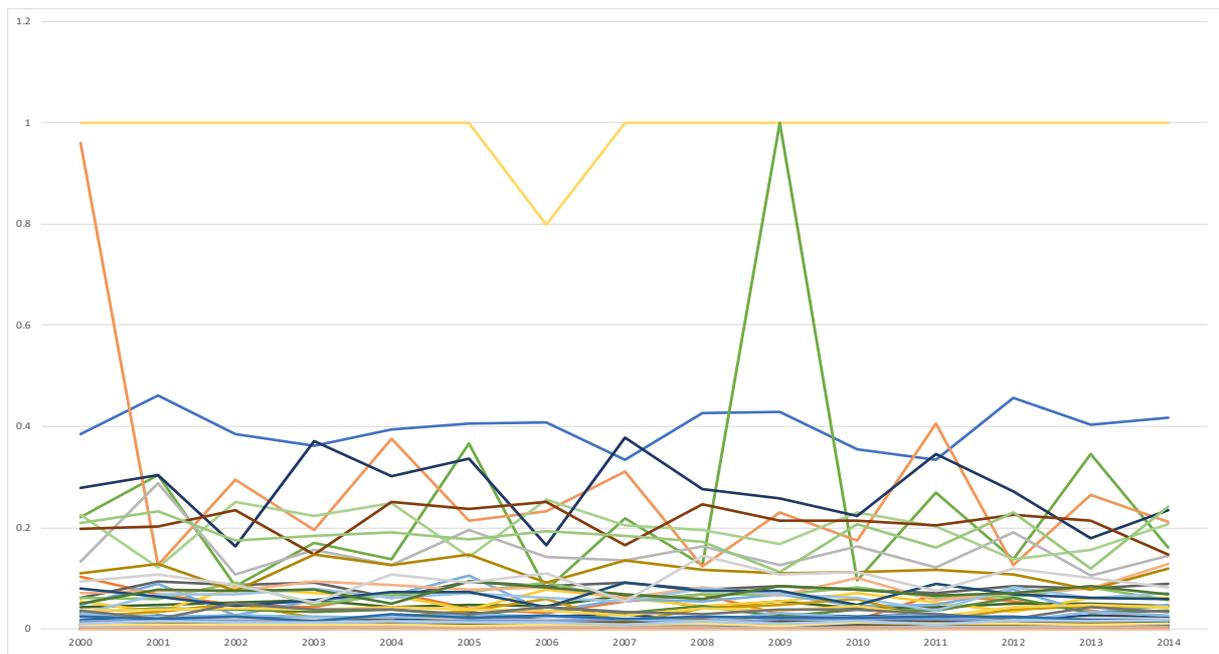
b. Brasil

Asimismo, se presentan las series de tiempo de todas las industrias de la red económica brasileña, obtenidas al calcular los indicadores *Eigenvector* y *Hub*.

Figura 32. Brasil - Eigenvector 56 sectores

Fuente: Simulaciones realizadas

Figura 33. Brasil – Hub 56 sectores

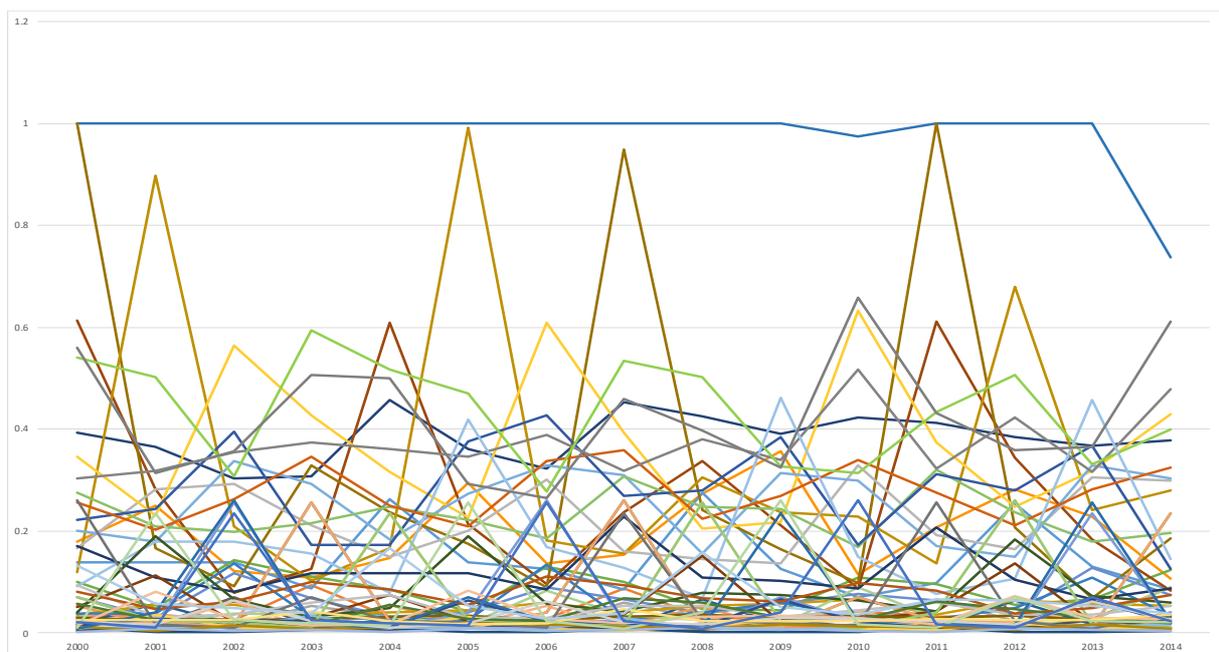


Fuente: Simulaciones realizadas

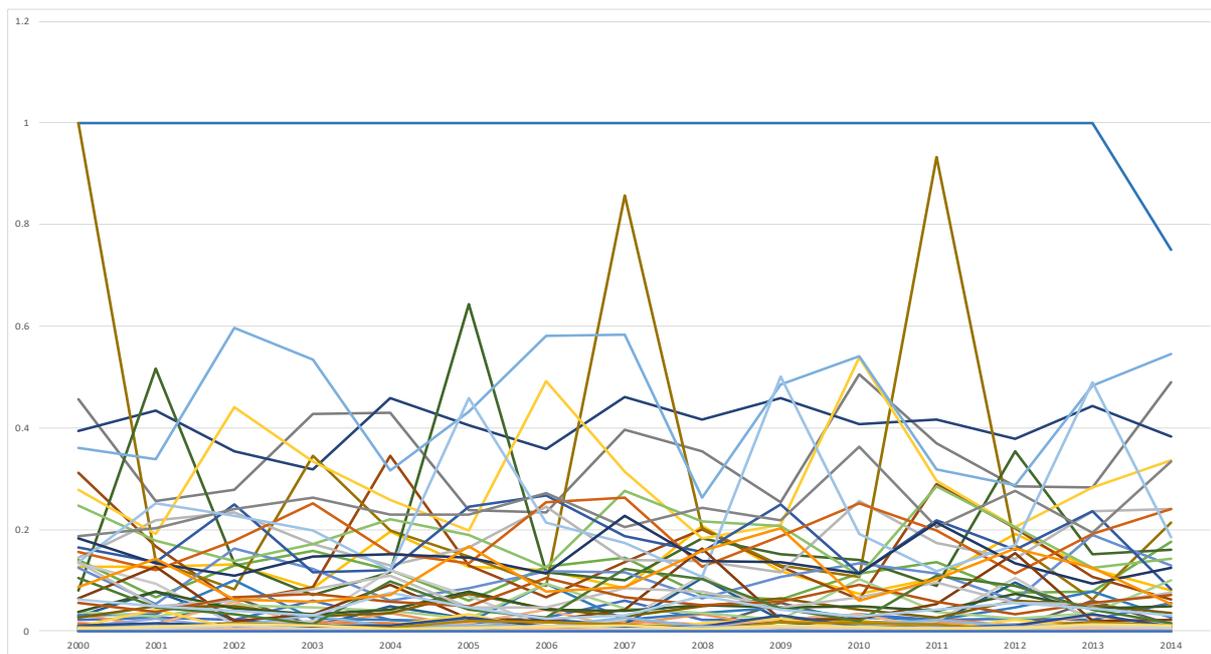
c. China

A continuación se muestra la matriz productiva china íntegra, conformada por 56 sectores, a través de los indicadores *Eigenvector* y *Hub*.

Figura 34. China - Eigenvector 56 sectores



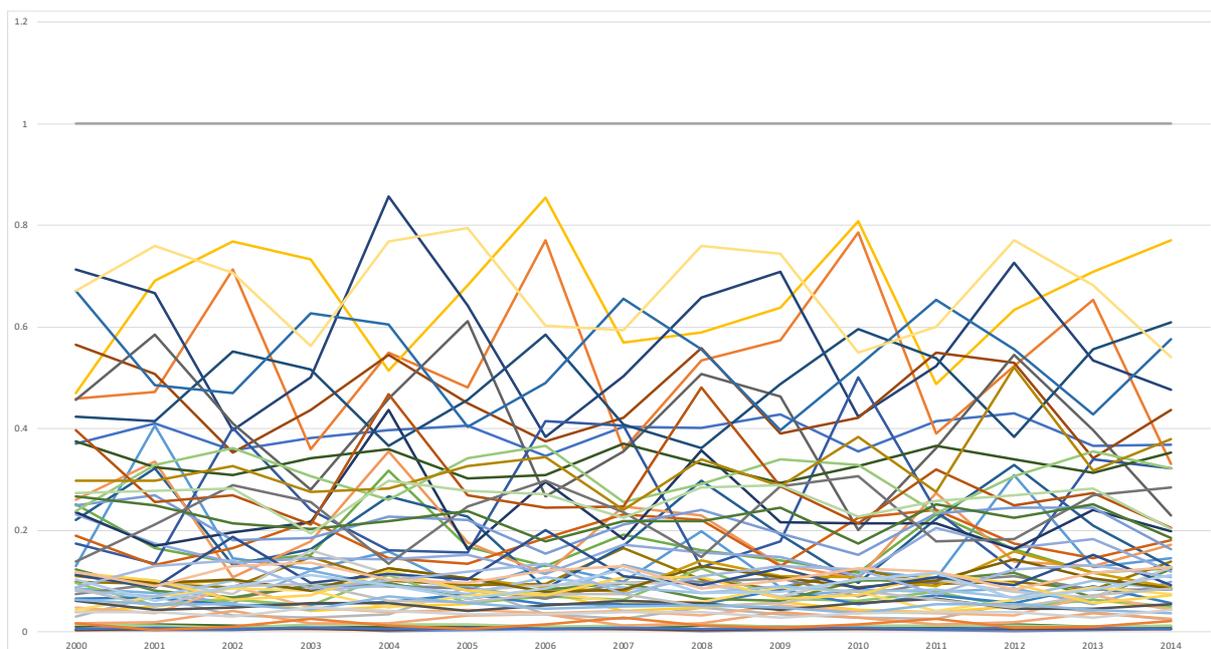
Fuente: Simulaciones realizadas

Figura 35. China - Hub 56 sectores

Fuente: Simulaciones realizadas

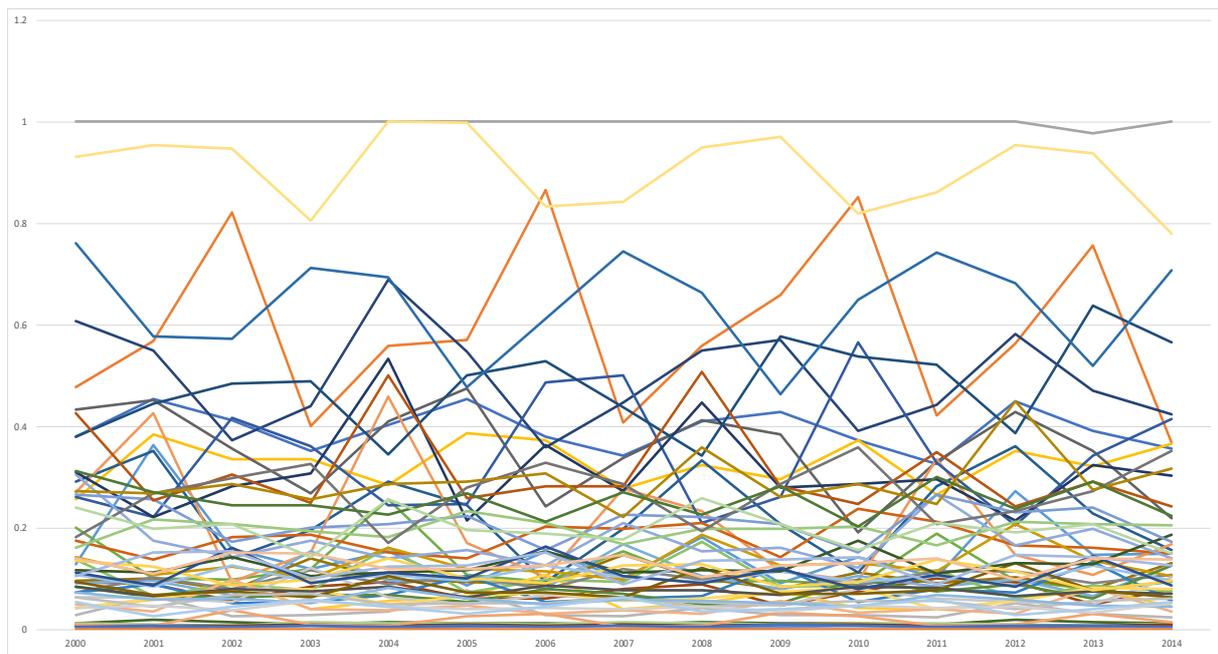
d. Estados Unidos

Seguidamente, se exponen las 56 industrias de la red económica estadounidense a través de las series de tiempo de los indicadores *Eigenvector* y *Hub*.

Figura 36. EE.UU. - Eigenvector 56 sectores

Fuente: Simulaciones realizadas

Figura 37. EE.UU. - Hub 56 sectores

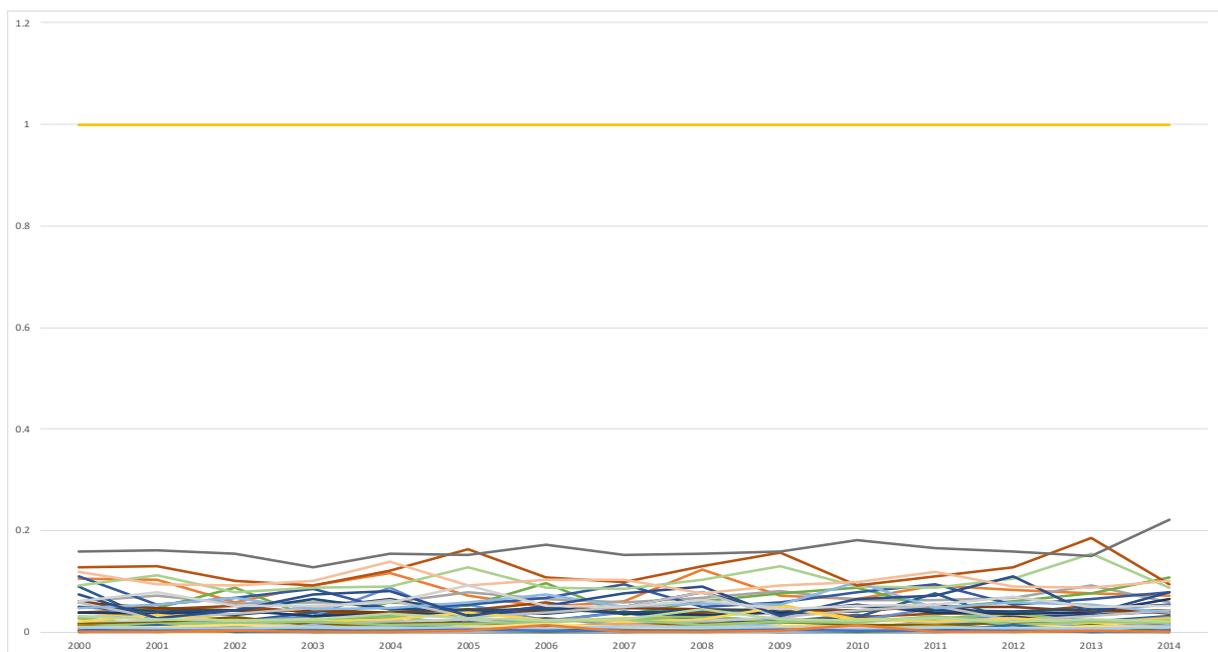


Fuente: Simulaciones realizadas

e. Australia

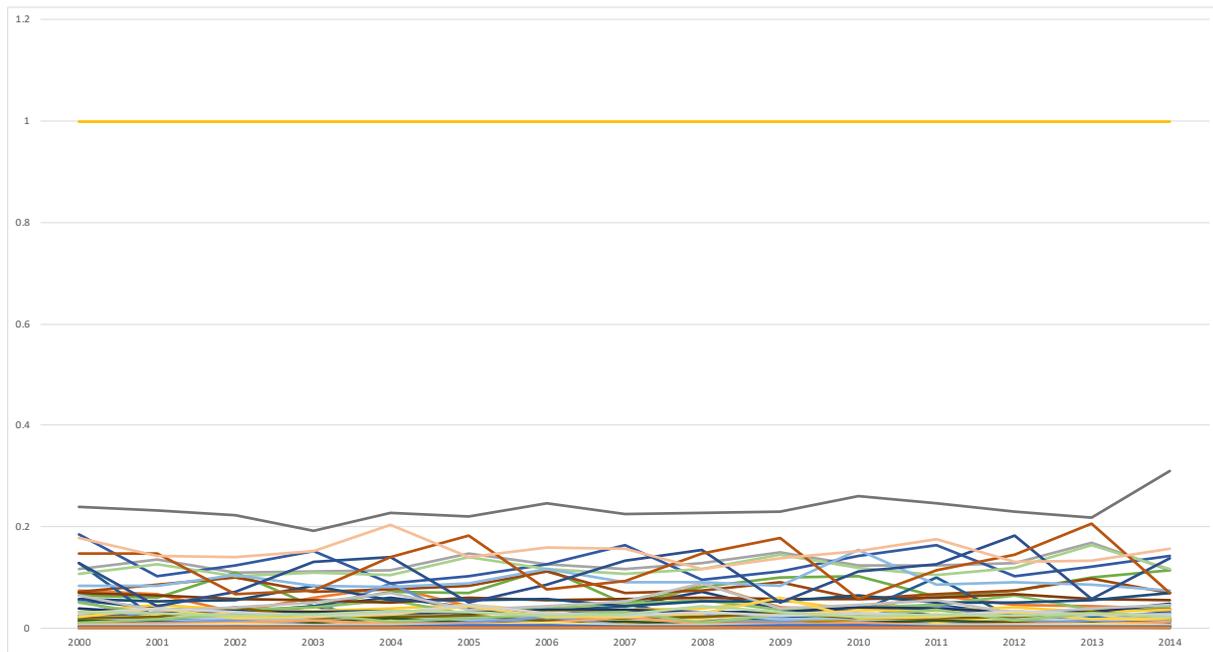
Finalmente, se presentan los 56 sectores que conforman la estructura productiva a través de las series de tiempo graficadas para *Eigenvector* y *Hub*.

Figura 38. Australia - Eigenvector 56 sectores



Fuente: Simulaciones realizadas

Figura 39. Australia - Hub 56 sectores



Fuente: Simulaciones realizadas

Lista de referencias

- Abdel-Wahab, Mohamed, y Bernard Vogl. 2011. "Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan." *Construction Management and Economics* 29 (6): 635-644. doi: 10.1080/01446193.2011.573568.
- Altenburg, Tilman, Shikha Bhasin, y Doris Fischer. 2012. "Sustainability-oriented innovation in the automobile industry: advancing electromobility in China, France, Germany and India." *Innovation and Development* 2 (1): 67-85. doi: 10.1080/2157930X.2012.664036.
- Australian Government. 2016. *Analysis of steel and aluminium markets: Report to the Commissioner of the Anti-Dumping Commission*. Análisis de mercado, Canberra: Australian Government, 108.
- Baesens, Bart, Veronique Van Vlasselaer, y Wouter Verbeke. 2015. *Fraud analytics using descriptive, predictive, and social network techniques: a guide to data science for fraud detection*. New Jersey: Wiley.
- Barbosa, A A R, y M Vilntis. 2017. "Innovation and construction management in Brazil: Challenges of companies in times of quality and productivity." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Riga. doi: 10.1088/1757-899X/251/1/012040.
- Barrat, Alain, Marc Barthelemy, Alessandro Vespignani, y Romualdo Pastor-Satorras. 2004. "The architecture of complex weighted networks." *Proceedings of the national academy of sciences* 101 (11): 3747-3752. doi: 10.1073/pnas.0400087101.
- BCE. 2015. "MATRICES DE INSUMO PRODUCTO: SIMÉTRICA E INVERSA 2012." marzo. Último acceso: noviembre de 2018. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/PR_MatrizInsumoProducto2012.pdf.
- Blöchl, Florian, Fabian J. Theis, Fernando Vega-Redondo, y Eric O'N. Fisher. 2011. "Vertex centralities in input-output networks reveal the structure of modern economies ." *Physical Review E* 83 (4): 046127 1-8. doi: 10.1103/PhysRevE.83.046127.
- Boccaletti, Stefano, Vito Latora, Yamir Moreno, Mario Chavez, y Dong-Uk Hwang. 2006. "Complex networks: Structure and dynamics." *Physics reports* 424 (4-5): 175-308. doi: 10.1016/j.physrep.2005.10.009.
- Boldi, Paolo, y Sebastiano Vigna. 2014. "Axioms of Centrality." *Internet Math* 10 (3-4): 222-262. doi: 10.1080/15427951.2013.865686.

- Bonacich, Phillip. 1972. "Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification ." *Journal of Mathematical Sociology* 2 (1): 113-120. doi: 10.1080/0022250X.1972.9989806.
- Bonduki, Nabil. 2009. "Política de vivienda e inclusión social en Brasil: revisión histórica y nuevas perspectivas en el gobierno de Lula." *Inter/secciones urbanas: origen y contexto en América Latina* 95-135.
- Borgatti, Stephen P. 2005. "Centrality and network flow." *Social networks* 27 (1): 55-71. doi: 10.1016/j.socnet.2004.11.008.
- Borgatti, Stephen P., Ajay Mehra, Daniel J. Brass, y Giuseppe Labianca. 2009. "Network analysis in the social sciences." *science* 323 (5916): 892-895. doi: 10.1126/science.1165821.
- Borgatti, Stephen P., y Martin G. Everett. 2006. "A Graph-theoretic perspective on centrality." *Social Networks* 28 (4): 466-484. doi: 10.1016/j.socnet.2005.11.005.
- Brandes, Ulrik, y Christian Pich. 2007. "Centrality estimation in large networks." *International Journal of Bifurcation and Chaos* 17 (07): 2303-2318.
- Branstetter, Lee, y Nicholas Lardy. 2006. "China's embrace of globalization." *National Bureau of Economic Research*.
- Brin, Sergey, y Lawrence Page. 1998. "The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine." *Computer networks and ISDN systems* 30 (1-7): 107-117.
- Carbajal-Suárez, Yolanda, y María Esther Morales-Fajardo. 2017. "El sector automotriz en México y Brasil: Un análisis desde la perspectiva comercial." *Internext* 11 (3): 4-21. doi: 10.18568/1980-4865.1134-21.
- Carstensen, Kai, Steffen Elstner, y Georg Paula. 2013. "How Much Did Oil Market Developments Contribute to the 2009 Recession in Germany?" *The Scandinavian Journal of Economics* 115 (3): 695-721. doi: 10.1111/sjoe.12021.
- Castresana, Sebastián. 2013. "Indicadores de comercio exterior referidos a la inserción en cadenas de valor regionales e internacionales." *Indicadores de comercio exterior referidos a la inserción en cadenas de valor regionales e internacionales*. Montevideo: CEPAL.
- CEPAL. 2002. *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe*. Balance económico, Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. 2003. *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe*. Balance económico, Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- Cerina, Federica, Zhen Zhu, Alessandro Chessa, y Massimo Riccaboni. 2015. "World Input-Output Network." *PloS one* 10 (7): e0134025. doi: 10.1371/journal.pone.0134025.
- Chang, Ha-Joon. 2016. "Transformative industrial policy for Africa Retrieved." *UNECA*. Abril. Último acceso: Octubre de 2019.
http://www.uneca.org/sites/default/files/PublicationFiles/tipa-full_report_en_web.pdf.
- Chu, Wan-Wen. 2011. "How the Chinese government promoted a global automobile industry." *Industrial and Corporate Change* 20 (5): 1235-1276. doi: 10.1093/icc/dtr010.
- Comin, Diego, y Bart Hobijn. 2004. "Cross-country technology adoption: making the theories face the facts." *Journal of monetary Economics* 51 (1): 39-83. doi: 10.1016/j.jmoneco.2003.07.003.
- Connolly, Ellis, y David Orsmond. 2011. "The mining industry: from bust to boom." *Economic Analysis Department, Reserve Bank of Australia*.
- Croll, Elisabeth. 2006. *China's new consumers: social development and domestic demand*. Oxford: Routledge.
- Dietzenbacher, Erik, Bart Los, Robert Stehrer, Marcel Timmer, y Gaaitzen de Vries. 2013. "The construction of world input-output tables in the WIOD project." *Economic Systems Research* 25 (1): 71-98. doi: 10.1080/09535314.2012.761180.
- Droste, Christiane, y Thomas Knorr-Siedow. 2014. "Social Housing in Germany." *Social Housing in Europe, Wiley Blackwell and RICS Research* 183-204.
- Duarte, Roberto, y Suzana Rodrigues. 2017. "Co-evolution of Industry Strategies and Government Policies: The Case of the Brazilian Automotive Industry." *Brazilian Administration Review* 14 (2). doi: 10.1590/1807-7692bar2017160100.
- Dustmann, Christian, Bernd Fitzenberger, Uta Schönberg, y Alexandra Spitz-Oener. 2014. "From sick man of Europe to economic superstar: Germany's resurgent economy." *Journal of Economic Perspectives* 28 (1): 167-88. doi: 10.1257/jep.28.1.167.
- Frankel, Jeffrey A. 2000. "Globalization of the Economy." *National Bureau of Economic Research*.
- Germany Trade & Invest. 2011. *The Machinery & Equipment Industry in Germany*. Industry Overview, Berlin: Germany Trade and Invest.
- Gonzalez, Beatriz, y Leandro Medrano. 2017. "La burbuja inmobiliaria y las políticas urbanas y de vivienda: Madrid - São Paulo." *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção* 8 (2): 88-101.

- Haraguchi, Nobuya, Charles Fang Chin Cheng, y Eveline Smeets. 2017. "The Importance of manufacturing in Economic Development: Has this changed?" *World Development* 93: 293-315. doi: 10.1016/j.worlddev.2016.12.013.
- Harwit, Eric. 2001. "The impact of WTO membership on the automobile industry in China." *The China Quarterly* 167: 655-670.
- Harwit, Eric. 2016. *China's Automobile Industry: Policies, Problems and Prospects: Policies, Problems and Prospects*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Haugh, David , Annabelle Mourougane, y Olivier Chatal. 2010. "The automobile industry in and beyond the crisis." 6. doi: 10.1787/5kmmp8wg6cmq-en.
- Herrigel, Gary. 2015. "Globalization and the German industrial production model." *Journal for Labour Market Research* 48 (2): 133-149. doi: 10.1007/s12651-014-0170-5.
- Holloway, James, Ivan Roberts, y Anthony Rush. 2010. "China's Steel Industry." *RBA Bulletin, December* 19-25.
- Humphreys, David. 2010. "The great metals boom: A retrospective." *Resources Policy* 35 (1): 1-13. doi: 10.1016/j.resourpol.2009.07.002.
- Isard, Walter. 1951. "Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy." *The review of Economics and Statistics* 318-328.
- Jackson, Matthew O. 2010. *Social and Economic Networks*. New Jersey: Princeton University Press.
- Jensen, David, Jennifer Neville, y Brian Gallagher. 2004. "Why collective inference improves relational classification." *Proceedings of the tenth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* 593-598.
- Kaul, Ashok, Gregor Pfeifer, y Stefan Witte. 2016. "The incidence of Cash for Clunkers: Evidence from the 2009 car scrappage scheme in Germany." *International Tax and Public Finance* 23 (6): 1093-1125. doi: 10.1007/s10797-016-9396-1.
- Kleinberg, Jon M. 1999. "Authoritative sources in a hyperlinked environment." *Journal of the ACM (JACM)* 46 (5): 604-632.
- Leontief, Wassily. 1986. *Input-output economics*. New York: Oxford University Press.
- Liu, Haimin, y Ligang Song. 2016. "Issues and Prospects for the Restructuring of China's Steel Industry." *China's New Sources of Economic Growth* 337-358.
- Lutz, Christian, y Bernd Meyer. 2009. "Economic impacts of higher oil and gas prices The role of international trade for Germany." *Energy Economics* 31 (6): 882-887. doi: 10.1016/j.eneco.2009.05.009.

- Manley, Karen. 2008. "Against the odds: Small firms in Australia successfully introducing new technology on construction projects ." *Research Policy* 37: 1751-1764. doi: 10.1016/j.respol.2008.07.013.
- Micic, Vladimir. 2009. "Industrial policy and development: The political economy of capabilities accumulation." *Economic horizons* 14 (1): 53-55.
- Miernyk, William H. 1965. *The elements of input-output analysis*. New York: Random House.
- Miller, Ronald E., y Peter D. Blair. 2009. *Input-output analysis: foundations and extensions*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Ngan, H.W. 2010. "Electricity regulation and electricity market reforms in China." *Energy Policy* 38 (5): 2142-2148. doi: 10.1016/j.enpol.2009.06.044.
- Otte, Evelien, y Ronald Rousseau. 2002. "Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences." *Journal of information Science* 441-453. doi: 10.1177/016555150202800601.
- Raimundo, Livia Maria Borges, Mário Otávio Batalha, y Ana Lúcia Vitale Torkomian. 2017. "Technological dynamics of the Brazilian food and beverage industry (2000-2011)." *Gestão & Produção* 24 (2): 423-436. doi: 10.1590/0104-530X2750-15.
- Razvadovskaya, Yulia Viktorovna, y Inna Konstantinovna Shevchenko. 2015. "Dynamics of metallurgic production in emerging countries." *Asian Social Science* 11 (19): 178. doi: 10.5539/ass.v11n19p178.
- Richardson, David. 2014. "Productivity in the construction industry." *The Australia Institute Technical Brief* 33.
- Ruhnau, Britta. 2000. "Eigenvector-centrality—a node-centrality?" *Social networks* 22 (4): 357-365.
- SAIA. 2012. *A 21st Century Scramble: South Africa, China and the Rare Earth Metals Industry*. Governance of Africa's Resources Programme, South African Institute of International Affairs - SAIIA, Johannesburgo: South African Institute of International Affairs - SAIIA, 36.
- Schuschny , Andrés Ricardo . 2005. "Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones." *United Nations Publications* (37).
- Simmons, Beth A., y Zachary Elkins. 2004. "The globalization of liberalization: Policy diffusion in the international political economy." *Policy diffusion in the international political economy. American political science review* 98 (1): 171-189.
- Snejders, Petra. 2004. "Basic metals and fabricated metal products." *Statistics in focus* 50: 1-7.

- Soyyigit, Semanur, y Çiğdem Boz. 2017. "Global Input - Output Analysis: A Network Approach." *Yildiz Social Science Review* 24 (2): 89-102.
- Stasiak-Betlejewska, Renata, y Marek Potkány. 2015. "Construction Costs Analysis And Its Importance To The Economy." *Procedia Economics and Finance* 34: 35-42. doi: 10.1016/S2212-5671(15)01598-1.
- UNIDO. 2017. *Industrial Development Report 2018*. Demand for Manufacturing: Driving Inclusive and Sustainable Industrial Development, United Nations Industrial Development Organization, Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Wang, Qiang, y Xi Chen. 2012. "China's electricity market-oriented reform: From an absolute to a relative monopoly." *Energy Policy* 51: 143-148. doi: 10.1016/j.enpol.2012.08.039.
- Wei, Shuoguo, Dongbo Cheng, Erik Sundin, y Ou Tang. 2015. "Motives and barriers of the remanufacturing industry in China." *Journal of Cleaner Production* 94: 340-351. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.014.
- Wellman, Barry. 1983. "Network analysis: Some basic principles." *Sociological theory* 1 (1): 155-200.
- Wójtowicz, Mirosław , y Tomasz Rachwał. 2014. "Globalization and New Centers of Automotive Manufacturing – the Case of Brazil, Mexico, and Central Europe." *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego* (25): 81-107.
- Woods, Ngaire. 2000. "The political economy of globalization." En *The political economy of globalization*. Londres: Palgrave.
- Xing, Wenpu, y Ali Ghorbani. 2004. "Weighted pagerank algorithm." *Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research (IEEE)* 305-314.
- Zheng, Jie, Shomik Mehndiratta, Jessica Y. Guo, y Zhi Liu. 2012. "Strategic policies and demonstration program of electric vehicle in China." *Transport Policy* 19 (1): 17-25. doi: 10.1016/j.tranpol.2011.07.006.
- Zhou, Nan, Mark D. Levine, y Lynn Price. 2010. "Overview of current energy-efficiency policies in China." *Energy policy* 38 (11): 6439-6452. doi: 10.1016/j.enpol.2009.08.015.