

Anales del VII CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE POSTGRADO EN ECONOMÍA (CNEPE)

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y SOCIALES DEL SUR (IIESS)
CONICET - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

Bahía Blanca

Mayo de 2015

ISBN: 978-987-1648-39-9



Departamento de Economía



I I E S S

Teoría de redes en el crecimiento económico: Un análisis cross section.

Tedesco, Larrosa, Monterubbianesi.

TEORÍA DE REDES EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN ANÁLISIS CROSS SECTION

Lorena Tedesco, Juan M.C. Larrosa y Pablo Monterubbianesi

(Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur

Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS) (UNS-CONICET))

Resumen

El trabajo vincula la teoría de redes sociales con el crecimiento económico, presentando resultados de indicadores de red que se desprenden de la conformación de las matrices insumo-producto (MIP) de una muestra de países de diverso grado de desarrollo.

Se buscaba indagar cómo las conexiones de la red de producción de una economía afectan a su rendimiento en términos de crecimiento económico, por lo que se comienza revisando la literatura del análisis de redes sociales aplicados a las economías de insumo-producto.

Los resultados econométricos del análisis cross section destacan dos hechos estilizados: Las mayores tasas de crecimiento económico se dieron en países con estructuras productivas en donde se destacan proveedores sectoriales especializados y, por otro lado, también se verifica un mayor aumento del PBI en aquellos con mayor diversidad de oferta interna.

JEL: C67, R15, O47

1. Introducción

Este trabajo aporta al problema de cómo aumentar el crecimiento económico, centrándose en cómo la estructura interna o, como se denomina en la teoría de redes, la “arquitectura” de las interrelaciones del sistema de producción, afecta el resultado global de una economía. Este aporte toma como punto de partida el conocimiento actual de los efectos positivos de la distribución asimétrica de los sectores sobre la tasa de crecimiento de la actividad económica. Por ende, se trata de un estudio econométrico del efecto de las relaciones intersectoriales representadas en diferentes MIPs (como proxies de red de producciones) en la tasa de crecimiento de treinta y seis economías con diferente grado de desarrollo.

Este trabajo revisa la literatura reciente que asocia las propiedades estructurales de estas redes con el crecimiento económico (tanto directamente, como a través de otras variables macroeconómicas que inciden indirectamente sobre él). Se intenta explorar qué propiedades muestran las redes de producción asociadas a mayor crecimiento económico.

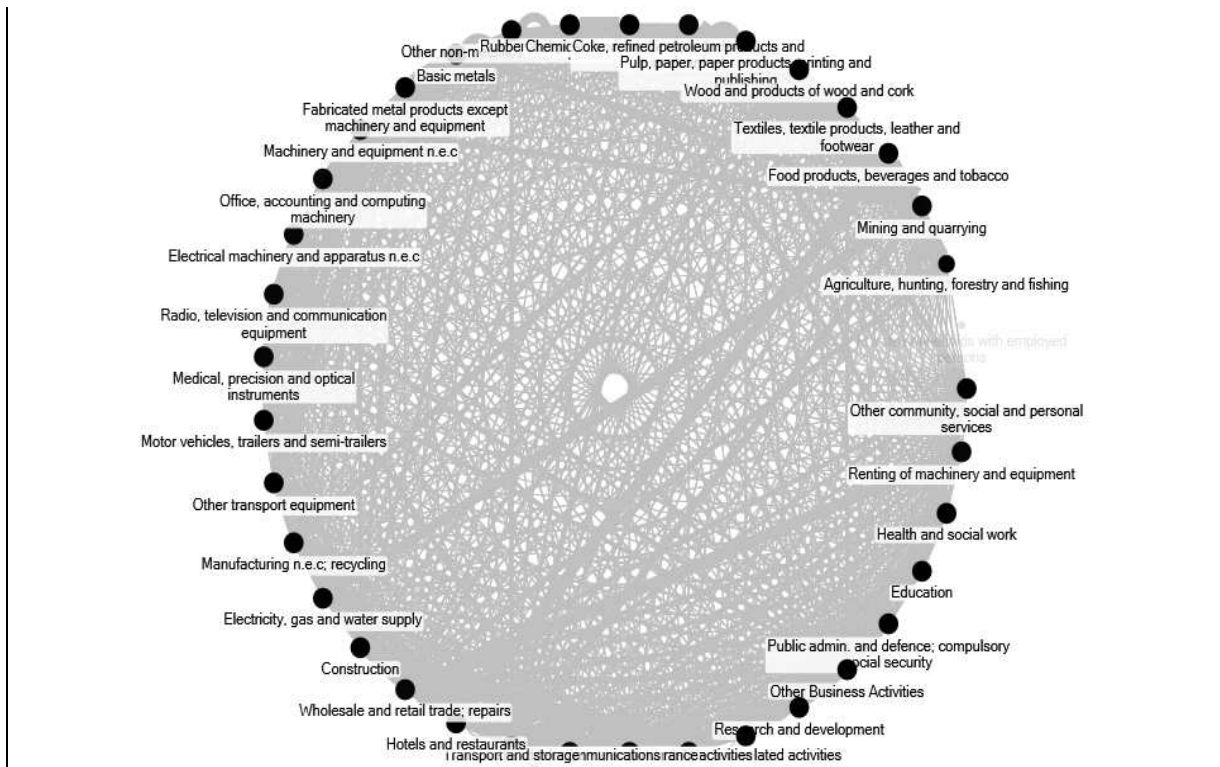
El trabajo continúa representando la relación teórica y empírica entre la red y el crecimiento, presentando los hallazgos en términos de hechos estilizados. La última sección finaliza con las conclusiones.

En una red de producción, los nodos son representados por empresas o sectores productivos y los enlaces simbolizan la compra o venta de insumos intermedios entre los mismos. Como ilustración gráfica, puede verse la Figura 1 que representa la MIP de Finlandia.

Algo característico de las MIPs es que son redes densas (existen muchas relaciones desarrolladas entre los nodos respecto al potencial total). Eso se aprecia en la madeja de enlaces fácilmente observables. Todos los sectores mantienen muchas relaciones con otros sectores y también realizan muchas transacciones con el propio sector. En términos de redes, esto último significa que los nodos tienen autoenlaces.

Por otra parte, ello deriva en que es dificultoso encontrar agrupamientos entre los sectores dentro de la red dado que gran parte de los sectores mantienen relaciones con el resto.

Figura 1. Representación de la MIP de Finlandia (2001) como una red



Fuente: Elaboración propia

2. Estado del arte

El crecimiento es un objetivo macroeconómico por excelencia para todo país. Para ello el Estado debe diseñar políticas que estén basadas en un acertado diagnóstico de la realidad económica. En este sentido, Tedesco (2008, 2012) representan trabajos iniciales que detectan algunas líneas que resulta interesante de seguir, al medir el impacto de diversos sectores productivos en el PBI utilizando la técnica de Czamanski y utilizando la MIP como instrumento de análisis. Esta técnica estudia las relaciones entre pares de sectores identificando la máxima de las cuatro posibles. De manera de no sólo detectar la relación entre sectores sino también su direccionalidad e intensidad. La intensidad ayuda a discriminar la relación entre fuerte, moderada y débil. Este procedimiento permite identificar agrupamientos o clusters de sectores relacionados. La presencia de clusters conjuga efectos de escala y aglomeración que favorece la productividad sectorial y agregada.

Un tema muy interesante, no tratado por estos trabajos, es el estudio de cómo esta distribución de las conexiones afecta no sólo los ciclos económicos, sino al crecimiento económico. Por ello, recientemente el estudio de las MIP ha reverdecido. Se trata de numerosos trabajos que plantean otros enfoques para estudiar la problemática considerando que la economía puede ser analizada como una red de sectores productivos vinculados por sus necesidades de insumos y el suministro de productos intermedios y finales. Hay enlaces (flujos monetarios y reales) que conectan los nodos (sectores productivos) que requieren de insumos de otros sectores y, con el tiempo, proporcionan bienes intermedios a otros sectores. Se puede argumentar que algunas formas de conexión permiten la combinación de las relaciones entre los productores que aumentan la producción agregada. Entonces, es interesante explorar cómo diferentes formas de conexión en una economía afectan el rendimiento a largo plazo.

Las recientes contribuciones han relacionado las redes de producción con el resultado agregado de una economía utilizando las herramientas del análisis de redes sociales (Wasserman y Faust (1994) aplicadas al estudio de economía de insumo-producto (Jorgenson (2001) y Jorgenson y otros (2000)). Esa será la línea de investigación a reportar.

Por otra parte, hay estudios que sostienen que las interconexiones de las empresas a través de las relaciones comprador-proveedor afectan fenómenos económicos que van desde la difusión de ideas innovadoras (Javorcik (2004)) a la transmisión de los shocks económicos (Conley y Dupor (2003)) y los patrones de comercio e intercambio (Hanson y otros (2005)).

Reconociendo esto, los economistas han empezado a prestar atención explícita a las estructuras de redes de empresas (Alfaro y Chen (2009)). Por ejemplo, una cuestión recientemente explorada es la relación entre los ciclos económicos y las crisis sectoriales, ya que teniendo en cuenta la red de producción y la presencia de vínculos intersectoriales de insumo-producto, las perturbaciones microeconómicas pueden conducir a fluctuaciones agregadas. Algunas contribuciones recientes han modelado esta relación (la primera obra digna de mención es Bak y otros (1993), y desde una perspectiva más moderna, la de Gabaix (2011), Acemoglu y otros (2010); Acemoglu y otros (2012) y Burlon (2012). Carvalho (2012) realiza también una revisión de los recientes modelos de redes de producción aunque no enfocado en su relación al crecimiento económico.

A medida que la economía se vuelve más desagregada, la velocidad a la que decae la volatilidad de los agregados se determina por la estructura de la red que captura dichos

enlaces. Si la estructura de conexión de los sectores de la economía es simétrica (es decir que los enlaces se reparten equitativamente entre los sectores), entonces shocks autónomos de cada sector tenderían a compensarse y no afectarían al nivel de las fluctuaciones agregadas en la economía (Lucas (1977)). Sin embargo, si la distribución de conexiones muestra asimetrías, entonces los shocks sectoriales es probable que no terminen compensándose con otros shocks microeconómicos y autónomos (en cada nivel de sector), lo que efectivamente afectaría a las fluctuaciones agregadas (Acemoglu y otros (2012)). En particular, la velocidad a la que decae la volatilidad agregada dependería explícitamente de la estructura de la red intersectorial que representa los vínculos de insumo-producto.

Como herramienta empírica, Acemoglu y otros (2012) utiliza la estructura de interconexiones implícita en la MIP, publicada en el 2002 por la Bureau of Economic Analysis de EEUU, para la estimación de parámetros de su modelo. Esto es realizado para probar cómo las interconexiones implícitas en la MIP de los EE.UU. afectan a la relación entre la variabilidad sectorial y la volatilidad agregada.

De manera más puntual, analizan la matriz de requerimientos directos de productos básicos, que comprende 423 productos. Estos se basan en la desagregación de sectores de cinco dígitos (sistema de clasificación de la industria norteamericana - NAICS), aunque agregan más y los reclasifican por la Bureau of Economic Analysis. Los sectores típicos usados son bien amplios e incluyen, por ejemplo, semiconductores y fabricación de dispositivos, sectores relacionados con el comercio al por mayor, comercio al por menor, transporte, publicidad y servicios relacionados, entre otros. Es interesante observar que incluyen industrias mencionadas como principales motores del crecimiento son parte del análisis, como la industria de semiconductores (Jorgenson (2001), Jorgenson y Stiroh (2000) y Jorgenson y otros (2002)).

En otra contribución, Acemoglu y otros (2010b) se centran más en la relación entre la estructura de los sectores vinculados entre sí en una economía y el grado de volatilidad de la actividad económica agregada. Los autores encuentran cascadas (es decir efectos de transmisión en cadena) que surgen cuando los sectores están muy relacionados entre sí a través de su mutua interdependencia, en el que la baja productividad o el fracaso de un conjunto de proveedores se propaga a través del resto de la economía en los sectores aguas abajo (las empresas también sufren y transmiten el impacto negativo de sus sectores/empresas intermedios). Por su parte, Burlon (2012) utiliza un enfoque de modelización diferente aunque

comparte un enfoque similar obteniendo finalmente resultados análogos a los de Acemoglu y otros (2012).

Sobre la base del marco desarrollado por Acemoglu y otros (2012), el mismo autor junto con otros, un año más tarde establece que la presencia de vínculos intersectoriales de insumo-producto puede fundamentalmente cambiar la forma de la distribución de la producción total, aumentando la probabilidad de grandes recesiones desde infinitesimal a sustancial. En primer lugar, estudia la clase de economías equilibradas en el que todos los sectores tienen más o menos papeles simétricos como proveedores de insumos a otros. Se demuestra que la probabilidad de una gran desaceleración en esta clase de economías decae exponencialmente rápido, independientemente de la distribución de las perturbaciones a nivel de empresa. El resultado al que arriban los autores implica que, en ausencia de cualquier otro mecanismo de amplificación de shocks agregados, la probabilidad de una gran caída en la producción total de una economía equilibrada es infinitesimal. Las grandes desaceleraciones son igualmente poco probables en esta clase de economías, independientemente de la distribución de las perturbaciones idiosincrásicas. Sin embargo, establecen que si la estructura de I-O de la economía no está equilibrada, la probabilidad de una gran recesión ya no es independiente de la naturaleza de las alteraciones a nivel sectorial y puede ser sustancial. En particular, se muestra que dependiendo de la estructura de la red subyacente de la economía, la frecuencia de las grandes contracciones del PIB es altamente sensible a la forma de la distribución de las perturbaciones microeconómicas. Para caracterizar esta dependencia, analizan la posibilidad de tales contracciones para diferentes distribuciones de shocks.

El resto del documento del autor, caracteriza la forma en que la estructura de la red de I-O de una economía afecta la distribución de la producción total. Se demuestra que en una economía donde las relaciones I-O tienen, por ejemplo, distribución exponencial (cola fina), los shocks de productividad pueden presentar una profunda recesión tan frecuente como en una economía sin vínculos que está sujeta a cola pesada. En ese sentido, en el trabajo se proporciona una nueva solución a lo que los autores por ellos citados, Bernanke, Gertler y Gilchrist (1996) se refieren como "pequeños shocks, ciclos gran rompecabezas" para argumentar que la interacción entre la estructura de la red subyacente de la economía y la forma de los choques de productividad es importante en la determinación de la naturaleza de las fluctuaciones agregadas.

Como ya se ha mencionado, el trabajo de Acemoglu (2013), en lugar de utilizar la volatilidad del PIB como la medida de las fluctuaciones agregadas, el foco es sobre la probabilidad de grandes crisis económicas. Sus resultados establecen que no sólo la volatilidad agregada puede no ser una medida particularmente útil de la frecuencia y la profundidad de grandes recesiones, sino también que es la interacción entre la forma de las distribuciones de shocks a nivel de empresa y la estructura de la red de I-O lo que tiene mayor importancia.

Llegan al resultado de que la producción global de la economía está estrechamente relacionada con el patrón de relaciones insumo-producto entre los diferentes sectores. En particular, muestra que el logaritmo del valor agregado que, por simplicidad, se asume como la producción total, es una combinación convexa de los log de los shocks de productividad sectoriales, con los ponderadores dados por las centralidades correspondientes. Así es que los shocks de productividad de los sectores que toman posiciones más centrales en la red de entrada y salida juegan papeles más importantes en la determinación del nivel de desarrollo de la actividad económica global. Esto se debe al hecho de que en presencia de las interconexiones entre las empresas, un choque en el sector i se propaga a través de la red de entrada y salida a los clientes aguas abajo de i , a los clientes de su clientes y así sucesivamente, lo que lleva a un efecto agregado que va más allá de su efecto sobre la productividad de i .

En relación con esto, se muestra también la posibilidad de que las grandes crisis económicas no sean independientes de la estructura de insumo-producto de la economía. Más bien, que dados los shocks que pueden propagarse a través de la red de entrada y salida, algunas economías pueden mostrar recesiones más frecuentes y más profundas que otras. Por el contrario, las grandes recesiones son mucho menos probables en una economía que consta de n sectores que no interactúan.

Por otra parte, Montresor y Marzetti (2008) analizan la relación de la innovación intersectorial con redes de entrada y salida para seis sistemas tecnológicos de OCDE a mediados de los años 90. Los autores sostienen que los sectores y las relaciones entre ellos pueden ser tratados como los elementos constitutivos de redes de innovación, cuyas propiedades pueden ser investigadas a través del análisis de redes sociales ya que varios análisis de indicadores de redes tienen un significado inmediato y equivalente en el análisis del sistema de la innovación.

Ellos sostienen que el proceso de innovación, conducente al aumento en la producción, no se da entre agentes económicos atomizados que actúan en forma aislada. Más bien, está formado por un conjunto de relaciones a través del cual las instituciones y organizaciones (por ejemplo laboratorios de investigación, y similares) interactúan, aprenden y originan diferentes tipos de sistemas de innovaciones. En segundo lugar, no sólo son relaciones de instituciones innovadoras afectadas por la topografía, el espacio geográfico en el que operan, sino que también son relaciones técnicas y económicas que están afectadas por un espacio económico abstracto de oferta y demanda de diferentes bienes representadas por MIPs.

Los autores proponen mapear las relaciones constitutivas de un sistema tecnológico mediante la creación de una matriz de innovación intersectorial que refleja el funcionamiento tanto del sub-sistema innovador (representado por el gasto en investigación y desarrollo) y la producción de sub-sistema (representado por tablas insumo-producto) de un sistema tecnológico.

Afirman que la estructura de un sistema tecnológico y el papel de los sectores pueden ser analizados mediante la aplicación de indicadores y técnicas de redes sociales a las matrices de innovación intersectorial. En efecto, los sectores económicos y las relaciones intersectoriales tecno-económicas de estas matrices se pueden considerar como vértices o nodos y arcos de la red respectivamente.

Otros autores que analizaron el tema son Shih y Chan (2010). Ellos afirman que la red de flujos de innovación intersectorial puede ser construida como proxy de la matriz de flujos de innovación en productos, la cual es calculada usando datos de la MIP y de los gastos en el sector de I&D. El estudio responde a trabajos de Leoncini y otros (1996, 1998) que buscan construir una matriz de flujos de innovación intersectorial dentro del sistema tecnológico nacional con la ayuda de metodología e indicadores del análisis de redes sociales en donde los nodos son los sectores y los bordes son las relaciones intersectoriales, y así usan técnicas cuantitativas para producir indicadores relevantes para el estudio de las características de toda red y de la posición de individuos o subgrupos.

Leoncini y otros (1998) aplican las técnicas tradicionales de análisis de redes (es decir, la normalización de matrices por filas y columnas) para superar los efectos escala. Eliminar esos efectos, que pueden resultar de diferencias en las industrias y en tamaño de los países, es esencial para comparar significativamente los sistemas tecnológicos. Esta propuesta causa,

sin embargo, algunos problemas de interpretación y consecuentemente, algunos defectos en los indicadores relevantes del análisis de redes.

El estudio de Shih y Chang (2010) propone una alternativa para remover los efectos de escala y superar los defectos derivados de la normalización. Su análisis fue hecho para el caso de los flujos de innovación intersectorial en Taiwán.

Leoncini (1996) usa los indicadores de densidad de una red para describir la fortaleza de los sistemas tecnológicos. También analiza los indicadores de centralidad de grado entrante y saliente para indicar las características de la posición de un actor en la red.

Por último, combinando los grados de centralidad de cada actor, se puede medir la escala de la jerarquía en el sistema tecnológico y el nivel de todo el sistema.

La alternativa propuesta por Shih y Chang (2010) es la construcción de una matriz de valor unitario de flujos de I&D encarnados en los productos. El elemento ij de esa matriz representa los gastos directos e indirectos en I&D realizados por la industria i encarnados en un dólar de demanda del producto de la industria j .

En un análisis e interpretación más profundos, Hidalgo y otros (2007), sostienen que las economías crecen mediante la mejora del tipo de productos que producen y exportan. La tecnología, el capital, las instituciones y las habilidades necesarias para hacer estos nuevos productos son más fácilmente adaptables de algunos productos a otros. Estudian la red de parentesco entre los productos, o el "espacio del producto", encontrando que los productos más exclusivos se encuentran en un núcleo densamente conectado mientras que los de bajos ingresos están menos conectados en la periferia. Demuestran que los países tienden a moverse hacia bienes próximos a los que están actualmente especializados.

Esto puede ayudar a explicar por qué los países pobres tienen problemas para desarrollar la competitividad de sus exportaciones y converger a los niveles de ingresos de los países ricos.

Los autores intentan responder si importa el tipo de producto que se exporta para lograr un desempeño económico posterior. Los padres de la economía del desarrollo sostuvieron que sí, lo que sugiere que la industrialización crea factores externos que conducen a un crecimiento acelerado. Sin embargo, la teoría económica carece de modelos formales para incorporar estas ideas.

En su lugar, dos enfoques se han utilizado para explicar patrón de especialización de un país. El primero se centra en la proporción relativa entre los factores de producción (es decir, capital físico, mano de obra, tierra, habilidades o capital humano, infraestructura e instituciones). Por lo tanto, los países pobres se especializan en bienes relativamente intensivos en mano de obra y tierra, mientras que los países más ricos se especializan en productos que requieren infraestructura, instituciones, personas y capital físico. El segundo enfoque hace hincapié en las diferencias tecnológicas y tiene que ser complementada con una teoría de lo que hay detrás de estas diferencias y cómo evolucionan con el tiempo.

Así, mientras que las teorías existentes hacen abstracción de la complejidad de los requerimientos propios de cada actividad, los autores analizan mediante redes, la relación entre los productos en que se especializan. En teoría, muchos posibles factores pueden causar la relación entre los productos, tales como la intensidad de los factores como el trabajo, la tierra y el capital, el nivel de tecnología, sofisticación, las entradas o salidas que intervienen en la cadena de valor de un producto y las instituciones. Los autores proponen un enfoque agnóstico basado en la idea de que si dos productos están relacionados, ya que requieren instituciones, infraestructura, factores físicos y tecnología similares, entonces tenderán a ser producidos en forma conjunta, mientras que los bienes altamente disímiles son menos propensos a ser producidos juntos.

Sostienen que si los países son capaces de extenderse exclusivamente a los productos cercanos, pero estos están suficientemente conectados con otros, entonces después de varias iteraciones, los países podrían alcanzar partes más ricas del espacio del producto. Por otro lado, si el espacio del producto está suficientemente desconectado, los países no podrán encontrar caminos para la parte más rica del espacio del producto, independientemente de cuántas iteraciones se hagan.

Luego, los autores introducen un nuevo factor en el debate: las dificultades involucradas en el movimiento a través del espacio del producto. La estructura detallada del espacio de producto sugiere firmemente que no todos los países se enfrentan a las mismas oportunidades en cuanto al desarrollo. Los países más pobres tienden a ubicarse en la periferia del espacio de producto en el que la evolución hacia nuevos productos es más difícil de lograr.

Más interesante aún, es que entre los países con niveles similares de desarrollo y aparentemente similares de producción y sofisticación de la exportación, hay una variación

significativa en el conjunto de opciones implícitas en su estructura productiva actual, con algunos de ellos en el camino hacia la transformación estructural y el crecimiento continuo, mientras que otros están atrapados en un callejón sin salida.

Estos resultados tienen consecuencias importantes para la política económica, ya que los incentivos para promover la transformación estructural en la presencia de oportunidades próximas son probablemente muy diferentes de la requerida cuando un país está en un callejón sin salida. Es muy difícil para los segundos que la producción se desplace hacia productos lejanos en el espacio, y por lo tanto las políticas de promoción con grandes saltos son más difíciles. Sin embargo, precisamente estos largos saltos son los que generan nuevas opciones para la transformación estructural posterior.

En una contribución adicional, Blochl y otros (2011), sostienen que las tablas insumo producto pueden ser interpretadas como redes dirigidas ponderadas, ya que describen los flujos de bienes y servicios entre los sectores de una economía. Analizan dos medidas de centralidad de nodo que se adaptan para este tipo de redes. Ambas se basan en el caminante aleatorio y tienen interpretaciones como la propagación de los shocks de oferta a través de la economía. La centralidad por caminante aleatorio revela los vértices más inmediatamente afectados por un shock, contando la intermediación e identificando los nodos en los que un choque perdura más tiempo. Las dos medidas difieren en la forma en que tratan los autoenlaces.

Según ellos, en la tabla insumo producto interpretada como una red, cada sector corresponde a un vértice, y el flujo de actividad económica de un sector a otro constituye un enlace dirigido ponderado. Por ello, en una red compleja, la identificación de sectores "clave" y la clasificación de los sectores de acuerdo a sus funciones en una economía, resulta de la aplicación de una adecuada medida de centralidad de nodo al grafo de insumo-producto.

En el trabajo se enumeran varias medidas de vértices de centralidad que han sido ampliamente estudiadas desde hace bastante tiempo. Citan la clásica noción de centralidad en un grafo, definiendo la centralidad de intermediación de un nodo como el número promedio de caminos más cortos entre pares de otros nodos que pasan a través de ella. La intermediación de flujo, en cambio, se basa en la capacidad máxima de los flujos entre nodos. También incluye contribuciones de algunos caminos no geodésicas. Otro enfoque de centralidad por proximidad, que enumeran los autores, se define como la inversa de la distancia geodésica

media de todos los nodos a uno dado. Todas estas medidas requieren de flujos en la red, a saber, una ruta ideal de cada fuente a cada objetivo ya sea con el fin de encontrar el camino más corto o maximizar el flujo.

Además, los autores sostienen que hay tres propiedades de los grafos de entrada y salida que hacen que sea difícil aplicar las actuales medidas de centralidad. En primer lugar, por el habitual nivel de agregación, ya que las redes son densas, por lo general y están casi completamente conectadas. Así, la aplicación de medidas sobre la base de los caminos más cortos no tiene mucho sentido. Por ende, hay que analizar pesos de las aristas.

En segundo término, que las relaciones no son simétricas en cuanto a la proporción de las compras/ventas de un sector respecto al otro. En tercer lugar, la consideración de los autobucles que juegan un papel central.

La circulación de mercancías entre los sectores de una economía se modela mejor como un paseo aleatorio (random walk). En la teoría de grafos, un caminante aleatorio comienza en una posición dada y escoge repetidamente un enlace desde la posición actual. Estas elecciones se realizan de acuerdo a una distribución de probabilidad, determinada por los pesos de las aristas. El proceso sigue por un tiempo arbitrariamente largo o hasta que se alcanza un objetivo prescrito.

Los autores diseñan una medida de centralidad para cuantificar la respuesta de los sectores a un choque, es decir, un cambio en una variable exógena que tiene repercusiones en las variables endógenas en análisis. En la MIP, los precios, las tecnologías, la distribución de beneficios, la política de gobierno, y el vector de demandas finales son exógenos y los flujos de mercancías y pagos correspondientes entre sectores son endógenos.

La hipótesis de Blochl es que el ciclo económico podría surgir a causa de la propagación de tales choques entre sectores de la economía. Se plantea un choque de oferta para ver como fluyen los insumos intermedios a través de los sectores de actividad de una economía. El shock de oferta se convierte en una entrada en algún sector en el cual se incrementará la actividad económica. La nueva salida se venderá a algún sector. Con el tiempo este proceso llegará a satisfacer la demanda final. Se calcula un promedio de todas las operaciones iniciadas por el shock o sobre todos los pares de los choques y los objetivos. Definen centralidad de un nodo a la rapidez o la frecuencia con que es visitado durante este proceso.

Entre los esfuerzos para incorporar las redes y sistemas complejos para medir sistemas económicos que utilizan la MIP de un país que se han hecho en la literatura, vale mencionar el de Schiavo y otros (2010) que analiza los caminos divergentes seguidos por diferentes economías emergentes mediante la aplicación del análisis de la red ponderada en la estructura del comercio internacional entre estas economías.

De Benedictis y otros (2013) construyen la red comercial del mundo con información sobre el comercio internacional y describen su estructura y las relaciones de tal red. También Cerina y otros (2014) trabajan con una MIP mundial bajo la hipótesis de una economía cada vez más integrada y por ende la MIP nacional ya no es suficiente para explicar la fuerza o debilidad de una economía individual ni las soluciones a crisis financieras ni cambios climáticos. Con estos cálculos demuestra que la mayor parte de las transacciones interindustriales se dan dentro de la frontera y que Alemania es el centro de las relaciones de entrada y salida en la MIP mundial y cómo las economías se resintieron luego de la crisis de 2008. Los autores creen que en otras regiones se puede hacer el mismo análisis que se hizo acá para la UE y dará como resultado la formación de MIP regionales. También se encuentra un sistema integrado en el NAFTA. No puede decir nada de los países de Asia.

Encontraron que, en general, los núcleos se concentran sobre todo en las industrias de la agricultura, la minería, la comida, metales, construcción y financiero, de negocios y servicios públicos. Con el tiempo, mientras que las industrias de servicios se han convertido en los núcleos de las economías cada vez más desarrolladas, las industrias primarias se han convertido en menos centrales en las economías desarrolladas y sólo se han mantenido como los núcleos en unas pocas economías emergentes, lo cual es consistente con los hechos de Kuznets.

El tema de las economías emergentes y su patrón de comercio dinámico es abordado por McNerney (2009) quienes revisan las propiedades de la red de redes de insumo-producto mediante el estudio de las tablas input-output utilizando análisis de redes para identificar patrones en varias economías emergentes y en el tiempo. El considera que no es tanto la topología lo que importa, sino el tamaño del flujo y las fortalezas del sector que son mucho más importantes. Observa que las redes de entrada y salida son muy asimétricas en cuanto al tamaño del flujo, que la distribución de la fuerza del sector parece ser exponencial y con aproximadamente la misma pendiente para todos los países de la OCDE. También destaca medidas de centralidad y de la estructura de la comunidad.

En relación a ello, Carvalho (2010) realiza una perspectiva de red para analizar los flujos de insumos intermedios en todos los sectores. Para ello se caracteriza la estructura comercial de entrada de EE.UU. y se construyó un modelo de red de vínculos intersectoriales que es capaz de incorporar la demanda de insumos escasos y homogéneos y el suministro de insumos en tecnologías muy heterogéneas. Él utiliza su modelo para proporcionar expresiones analíticas que vinculan la volatilidad agregada de la estructura de la red de comercio de entrada. Que los choques se propaguen a través vínculos de entrada y den lugar a cambios en los agregados depende de la estructura de la red de estos vínculos. Él encontró que, desde la perspectiva del vértice destino, los sectores son homogéneos. Por el contrario, desde el punto de vista de la alimentación de entrada hay heterogeneidad entre sectores.

Otro ejemplo de obras que utilizan la MIP para identificar los vínculos entre los sectores de la economía es el de Jones (2011), que destaca que la asignación de recursos entre empresas y sectores determina el nivel general de la producción de una economía. La mala distribución de los recursos se llevará a cabo a través de, con o en sectores o dentro de las plantas. El efecto de la mala distribución puede ser amplificado a través la estructura de insumo-producto de la economía. Además, construye un modelo que incluye los bienes intermedios para cuantificar los vínculos entre las empresas a través bienes intermedios asociados con un efecto multiplicativo, y complementariamente cuestiones a lo largo de la cadena de producción. Los vínculos y las fuerzas de la complementariedad amplifican las distorsiones a la asignación de recursos, y la presencia de los bienes intermedios hace que estas distorsiones que suceden a nivel micro afecten el nivel macro en la forma de diferencias en la productividad total de los factores. En la presencia de bienes intermedios hay un multiplicador adicional a través del cual conduce a una mayor producción de productos intermedios más lo que conduce a una mayor producción y así sucesivamente.

Otro ejemplo es la obra de Di Giovanni y Levchenko (2009), que identifican vínculos verticales en las relaciones comerciales entre los países. También podemos encontrar el trabajo de Alcalá y Ciccone (2001), donde se construye un modelo de industrialización basada en las cadenas intermedias de entrada y las interdependencias con la productividad y el valor agregado. Las cadenas de entrada reflejan el hecho de que la producción de un bien requiere el uso de los bienes intermedios que se produjeron con una entrada intermedia. Un aspecto importante del proceso de industrialización de relieve en este trabajo es el hecho de que las tecnologías industriales se adoptan a lo largo de las cadenas de intermediarios y qué

tecnologías industriales utilizan insumos intermedios intensamente en relación con las tecnologías que reemplazan. El proceso de industrialización tendrá grandes efectos en el ingreso agregado y en la productividad en las tecnologías industriales con una entrada intensiva de bienes intermedios. Esto ocurre debido a que pequeñas diferencias en la productividad de las tecnologías industriales, se traduce en grandes diferencias en los niveles de industrialización y la renta agregada. Los autores identifican un multiplicador de la industrialización a través de la cual las nuevas tecnologías industriales tienen un impacto en el ingreso agregado. El multiplicador captura el hecho de que el efecto de la industrialización sobre la renta agregada aumenta la demanda de bienes intermedios, las ganancias y los ingresos globales¹.

Otros casos de la literatura de la red y la incorporación de análisis de sistemas complejos son Harmon y otros (2010), que destacan la existencia de interdependencias entre los sectores de la economía. Lo destacable de sus obras es el hecho de que cuando los elementos de un sistema están conectados no pueden ser evaluados de forma independiente, los bucles de retroalimentación, y cómo los políticos no reconocen que el exceso en un sector puede ser perjudicial para el sistema en su conjunto. En todo caso, la estructura compleja red de la economía pone de relieve la fragilidad de algunos sectores de la economía cuando se expone a un sistema financiero desregulado, en la que una tensión local podría tener efectos en el conjunto sistema en forma de cascadas, tal como postula Keim (2010). El análisis de las relaciones entre las 500 empresas con el mayor volumen de comercio de acciones se realizó con el uso de herramientas de red de asignación.

En un camino intermedio y más conceptualmente abarcativo, Kirman (2010) sugiere que la economía debe considerarse como un complejo sistema adaptativo en el que los agentes constantemente reaccionan a, influyen y son influenciados por, los otros individuos en la economía. En tales sistemas, el comportamiento del agregado no puede ser deducido a partir del comportamiento de la media, o individuo "representante". Explica su enfoque al señalar que los modelos macroeconómicos estándar no han incorporado en el análisis la posibilidad de una crisis, como la que se observó en 2008. Esto se debe a que en la crisis del 2008 se

¹ El comercio exterior y su relación con el crecimiento económico son analizados también por Duernecker y otros (2014). Si bien no emplean MIPs para su análisis, realizan si un enfoque de red en términos de cómo la integración de una economía (medida por la densidad de sus enlaces de comercio exterior) afecta su performance de largo plazo.

presentan las propiedades financieras, como el contagio, las interdependencias, las interacciones y redes, no se incluyen en los modelos macroeconómicos. Se utiliza el análisis de red para capturar el hecho de que la economía es un sistema de agentes que interactúan. La estructura de las interacciones entre los agentes se lleva a cabo a través de una red, y la naturaleza de esta red gobierna los resultados agregados. Se analiza esta estructura de la aplicación de las medidas de complejos sistemas de redes.

El concepto de red de políticas está de acuerdo con el enfoque de la política industrial en Rodrik (2006). Su definición de una política industrial no se limita a un instrumento para corregir los fallos del mercado en el sector industrial, sino que consiste en un estratégico mecanismo de cooperación entre el sector público y el sector privado. Para él, el objetivo de la política industrial debe ser pensado en cómo conseguir el proceso político adecuado y no sólo llegar un determinado resultado. La política industrial afecta a toda la economía y se aplica para superar distorsiones en el sistema. Una característica importante del proceso de políticas es identificar las distorsiones relevantes que tienen lugar en el sistema industrial y de responder a ellas. Entonces, una política industrial adecuada es la que hace uso de las herramientas que el gobierno tiene que organizar, de manera efectiva, la colaboración entre los sectores público y privado. Este proceso implica la superación de las asimetrías de información a través de redes que se comunican las empresas con el sector público. La información se transmite, por lo que las empresas y el Gobierno pueden articular entre sí para canalizar los recursos a fin de aumentar y mejorar la producción. Una buena política industrial consiste en las disposiciones institucionales y las prácticas, que organizan la colaboración entre los sectores público y privado con eficacia.

Otra autora que aportó a la discusión es Alatraste Contreras y Fagiolo (2014). Su investigación se propone estudiar las propiedades de la red de entrada y salida de una economía, tomando como nodos los sectores y los enlaces como el flujo de recursos entre ellos que se describen en la MIP. Sostiene que la caracterización de la estructura y el comportamiento de la red proporcionan información importante para el diseño de una política industrial que conlleve un aumento en el PBI. La aplicación de esta idea a una compleja red mide la interacción y la interdependencia entre los sectores de la economía, y permite simular cómo esta red respondería a algunos cambios correspondientes a la aplicación de políticas industriales y la dinámica de la red.

La interacción entre algunos sectores de la economía genera externalidades que afectan a la estructura comprador - proveedor, en particular, la demanda de bienes intermedios. La corrección de las externalidades y la promoción de algunos sectores en particular, son algunos de los objetivos de la política industrial. Por lo tanto, las propiedades de la red de entrada y salida son elementos clave para el diseño de la política industrial. En particular, la estructura de la comunidad de la red proporciona información de que los sectores tienen una relación estrecha o nula. Nodos de alta centralidad (sectores) son puntos favorables para la aplicación de la política industrial, ya que pueden difundir los recursos a una mayor cantidad de sectores, como muestra cómo el flujo de recursos a través de los nodos.

Específicamente, el vector de centralidad propio, informa la probabilidad de que una unidad de recursos se mueva desde el sector i al sector j , lo que da información sobre el camino necesario para que los recursos lleguen a un determinado objetivo. Cada industria en un sector tiene en cuenta los insumos utilizados y la tecnología aplicada por otras industrias. Uno de los resultados de tales relaciones es la aparición de complementariedad y/o la posibilidad de sustitución de la economía. Las industrias y el gobierno coordinan e intercambian información y recursos, para mejorar el rendimiento de la industria a través de la aplicación de la política industrial.

En concreto, el modelo basado en agentes (ABM) es una herramienta para entender cómo los individuos se comportan y cómo la interacción de muchos individuos conduce a resultados a gran escala. Estos modelos son un método para el estudio de los sistemas que tienen las siguientes propiedades: 1) el sistema está compuesto de agentes que interactúan, y 2) el sistema exhibe propiedades emergentes derivadas de las interacciones de los agentes que no pueden deducirse simplemente mediante la agregación de las propiedades de los agentes. Los agentes pueden representar a las personas (consumidores, vendedores), y agrupaciones sociales como familias, empresas, organismos gubernamentales o incluso naciones. En la contribución de Alastriste Contreras, los individuos o agentes pueden ser empresas o las industrias que se relacionan entre sí e interactúan a través de la estructura de insumo-producto de la economía. Un modelo basado en agentes consistiría primero en una serie de supuestos acerca de los agentes y sus interacciones, y un conjunto de reglas que determinan cómo los agentes se comportan en el sistema.

Estos supuestos van a ser sobre la base de los resultados obtenidos de la red y el análisis de la red de entrada y salida. Entonces, ABM utiliza la simulación por ordenador para generar

diferentes escenarios que pueden revelar las consecuencias dinámicas de los supuestos y las reglas.

3. Teoría y econometría exploratoria de hechos estilizados

A continuación se realiza una investigación exploratoria sobre la relación entre las redes de producción (asociadas directamente a la información que brindan las MIP) y el crecimiento económico. El enfoque de esta sección será en primer lugar encaminar la intuición de cómo las interacciones en el tejido productivo pueden afectar la producción agregada.

3.1 Breve aproximación teórica a las redes y producción agregada

Dentro de los recientes desarrollos teóricos en el área de estudio de las redes de producción se puede mencionar a Oberfield (2014). Este autor desarrolla un esquema completo de interrelaciones entre proveedores y productores quienes optimizan las conexiones dependiendo de diferentes tecnologías. Las tecnologías de producción de un bien determinado requieren una combinación de recursos, la cual puede variar en el tiempo haciendo que surjan y desaparezcan relaciones (conexiones) entre proveedores y productores según la eficiencia de la combinación. De todos modos, para nuestro trabajo empírico seguiremos el modelo de Acemoglu y otros (2012). Aquí el agente representativo de cada economía es provisto con una unidad de trabajo, suministrada inelásticamente y tiene preferencias Cobb-Douglas sobre n bienes; esto es

$$u(c_1, c_2, \dots, c_n) = A \prod_{i=1}^n (c_i)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Donde c_i es el consumo del bien i y A es una constante de normalización.

Los productos en la economía son producidos por sectores productivos competitivos y pueden ser consumidos o usados por otros sectores como bienes intermedios. Los sectores usan tecnología Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala. Formalmente, el productor del sector i , anotado como x_{ij} , es

$$x_i = (z_i l_i)^{1-\alpha} \left(\prod_{j=1}^n x_{ij}^{\omega_{ij}} \right)^{\alpha} \quad (2)$$

Donde l_i es el monto de trabajo contratado por cada sector que opera también con rendimientos constantes a escala, $\alpha \in (0,1)$ es la participación del trabajo, x_{ij} es la cantidad del bien j usado en la producción del bien i , y z_i es un shock de productividad idiosincrático del sector i . Los shocks son independientes entre sectores y tienen una determinada distribución de probabilidad. Los exponentes $w_{ij} \geq 0$ designan el porcentaje del bien j en el total de bienes intermedios empleados por las firmas en el sector i . Los w_{ij} se corresponden con las columnas en las tablas de insumo-producto, midiendo el gasto en el insumo j por valor de producción del bien i .

La estructura de comercio intersectorial queda representada por la MIP W con las entradas w_{ij} . Las relaciones entre los diferentes sectores de la economía pueden ser equivalentemente representadas por un grafo dirigido ponderado con n vértices, denominado red intersectorial o red de producción. Cada vértice corresponde a un sector de la economía y un enlace dirigido (i,j) con ponderador $w_{ij} > 0$ existe desde el sector i al sector j si el sector i es un proveedor del sector j .

También se define el grado saliente ponderado (o simplemente el grado ponderado) del sector i como el porcentaje del producto del sector i en la oferta de insumo de la economía entera normalizada por la constante $(1-\alpha)$, sería una fila de la MIP, esto es: $d_i \equiv \sum_{j=1}^n w_{ji}$

Acemoglu y otros (2012) así como Carvalho (2014) establecen luego que el logaritmo del valor agregado está dado por:

$$y \equiv \log(PBI) = v' \varepsilon \quad (3)$$

donde $\varepsilon \equiv [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n]'$ y cada $\varepsilon_i = \log(z_i)$ y el vector de dimensión n , llamado el *vector de influencia*, es definido como: $v \equiv \frac{\alpha}{n} [I - (1-\alpha)W']^{-1} 1$ (4)

Entonces, el logaritmo del valor agregado, al cual por simplicidad nos referimos como producto agregado, es una combinación lineal del logaritmo de los shocks sectoriales con coeficientes determinados por los elementos del vector de influencia. (4) muestra que el

producto agregado depende de la red intersectorial² en donde los sectores en posiciones “más centrales” juegan un rol más importante. Esta pequeña formulación relaciona entonces, directamente a la estructura de la MIP con la conformación del PBI en cada período de tiempo.

El entramado, así presentado, puede ser caracterizado por métricas que definen ciertas propiedades internas de la red. Sobre el efecto de esas propiedades y el crecimiento económico es el tema que se trata a continuación.

3.2 Modelo econométrico y estimaciones empíricas

El objeto del siguiente ejercicio es extraer información de una muestra de MIP de economías de diverso perfil productivo y correlacionar algunas métricas (como proxies de propiedades intrínsecas) de las redes y la tasa de crecimiento de esos países. El instrumento del cual se pudo estimar las métricas de la red, es la MIP, la cual revela las relaciones intersectoriales, o sea, los eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás que se generan cuando aumenta la producción de un sector. Todas las MIP son grafos dirigidos, lo que significa que ningún enlace requiere que sea recíproco.

El caso de estudio es análisis de cross section de matrices estandarizadas de 47 sectores relevadas entre los años 1997 y 2001, de los siguientes 36 países: Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Corea, Dinamarca, Eslovaquia, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Grecia, Holanda, Hungría, India, Indonesia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Polonia, Portugal, Suiza, Suecia, República Checa, Sudáfrica y Turquía. Los datos fueron provistos por el trabajo de Blöchl y otros (2011).

Realizamos la estimación siguiendo la metodología habitualmente conocida como “a la Barro”, que surge a partir de una propuesta elaborada de Barro (Barro, 1991 y 1998; Barro y Lee, 1994 entre otros). Esta idea tomo como base el modelo neoclásico de crecimiento (Solow, 1956) y se centra en la siguiente relación.

² Este también puede interpretarse como un vector de ventas de la economía. Hulten (1978) y Gabaix (2011) crean la productividad total de los factores agregada a partir de la productividad sectorial de factores ponderado por las ventas de cada sector. Este enfoque no será ampliado en esta breve introducción.

$$D_y = f(y, y^*) \quad (5)$$

Donde D_y : Tasa de crecimiento del producto per cápita, y : Nivel actual de producto per cápita, y^* : Nivel del largo plazo (estado estacionario) del producto per cápita.

El supuesto principal es que la tasa de crecimiento D_y es decreciente en y para un y^* dado y creciente en y^* para un y dado. Barro supone que el valor de y^* depende de una serie de covariantes asociadas típicamente al crecimiento económico. En principio, siguiendo a Levine y Renelt (1992), se incluyen la proporción de inversión sobre el PBI, la proporción de gasto público sobre el PBI y el grado de apertura de la economía (medido como exportaciones más importaciones sobre PBI) como variables de control. Además, como habitualmente se realiza en la metodología propuesta, se incorporó al nivel de PBI. Por último, con el objetivo de captar el efecto de la inestabilidad económica se incluye la tasa de inflación (variación del IPC).

Además, siguiendo con el objetivo del trabajo, se agregaron como variables explicativas, las métricas que definen las propiedades de las redes:

- **Enlaces totales:** Es la suma de los enlaces únicos más los duplicados, o sea, el total de relaciones intersectoriales (**ET**).
- **Total de sectores relacionados consigo mismos:** Existen autoenlaces cuando una rama de actividad demanda o provee productos o servicios a sí misma. Es la diagonal de la MIP (**AE**).
- **Coefficiente de par de vértices recíprocos:** Indica el número de nodos adyacentes con enlaces en ambas direcciones como porcentaje del total de nodos adyacentes. Es un indicador del grado en que una rama de actividad exhibe interdependencia mutua con los sectores con quienes se haya relacionado. (**RRR**)
- **Coefficiente de enlaces recíprocos:** Un enlace del vértice A a B es recíproco si el grafo también tiene un enlace del vértice B al vértice A. Este indicador determina el grado de interdependencia mutua de las ramas de actividades de la MIP. (**RRE**)

- **Componentes conectados:** Un componente conectado de un grafo dirigido es un subgrafo en el que cualquiera de los dos vértices están conectados entre sí por caminos, y que no está conectado a ningún vértice adicional en el supergrafo. En las redes de MIP hay muy pocos componentes desconectados generalmente. **(CC)**
- **Componentes conectados de vértice único:** Sectores aislados, separados del resto de la red. Aparentemente, en el caso de las MIP analizadas, también se registran muy pocos casos. **(CVU)**
- **Número máximo de vértices en un componente conectados:** Indica cuántos nodos, o sea, ramas de actividad, tiene el grupo conectado más grande. **(MXVCU)**
- **Número máximo de enlaces en un componente conectados:** Indica cuántos enlaces (relaciones intersectoriales) tiene el grupo conectado más grande. **(MXECU)**
- **Máxima distancia geodésica (diámetro):** Es el número de pasos máximo que hay que realizar para salir de un nodo y llegar al más lejano. En el caso de las redes de MIP debido a la alta densidad, el diámetro es pequeño. **(MXDG)**
- **Distancia geodésica promedio:** Es la suma de las distancias entre todos los nodos (ramas de actividad) dividido el número de nodos. Es un indicador de grado de accesibilidad. En las redes MIP la distancia geodésica promedio es muy bajo. **(DGM)**
- **Densidad de la red:** Mide en qué grado es explotado el potencial de conexiones, o lo que es lo mismo, del total posible de conexiones cuántas realmente se realizan. En las redes MIP la densidad parece ser alta, o sea que hay muchas relaciones entre las ramas de actividad económica. **(DG).**

Como era de esperar varias métricas estructurales se encuentran altamente correlacionadas (tanto positiva como negativamente). Las redes con mayor cantidad de enlace totales (ET) están inversamente correlacionadas con las redes con mayor cantidad de componentes conectados (CC) y componentes con nodos único (mayor cantidad de enlaces asegura mayor conectividad en la red). Asimismo la cantidad de relaciones está marcadamente correlacionada con la máxima cantidad de nodos (MXVCU) y enlaces (MXECU) por componente conectado. La densidad (DG), por otro lado, está relacionada lógicamente

con mayor cantidad de enlaces presentes (ET) y autoenlaces (AE), entre otras características (Tabla 1):

Tabla 1. Matriz de correlaciones de las variables de red

| ET | AE | RRR | RRE | CC | CVU | MXVCU | MXECU | MDG | DGM | DG |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|----|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 0,97 | 1 | | | | | | | | | |
| -0,12 | -0,20 | 1 | | | | | | | | |
| -0,13 | -0,20 | 0,99 | 1 | | | | | | | |
| -0,96 | -0,97 | 0,36 | 0,36 | 1 | | | | | | |
| -0,96 | -0,97 | 0,36 | 0,36 | 0,99 | 1 | | | | | |
| 0,96 | 0,97 | -0,36 | -0,36 | -0,99 | -0,99 | 1 | | | | |
| 0,99 | 0,97 | -0,12 | -0,13 | -0,96 | -0,96 | 0,96 | 1 | | | |
| 0,03 | 0,10 | -0,76 | -0,74 | -0,24 | -0,24 | 0,24 | 0,03 | 1 | | |
| 0,33 | 0,38 | -0,52 | -0,52 | -0,50 | -0,50 | 0,50 | 0,33 | 0,70 | 1 | |
| 0,99 | 0,97 | -0,12 | -0,13 | -0,96 | -0,96 | 0,96 | 0,99 | 0,03 | 0,33 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

3.3 Estimación y hallazgos

Según lo explicado anteriormente, el modelo a estimar queda definido como:

$$CRECPBIPC_{it} = \alpha + \beta_1 IPBI_{it} + \beta_2 GPPBI_{it} + \beta_3 APER_{it} + \beta_4 INF_{it} + \beta_5 LPBIPC_{it} + \beta_6 VRED_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde *CRECPBIPC* representa la tasa de crecimiento del PBI per cápita, *IPBI* representa la participación de la inversión en el producto, *GPPBI* representa la participación del gasto público en el producto, *APER* es el indicador del grado de apertura de la economía, *LPBIPC* es el logaritmo del *PBI* para cada país. *INF* mide la inflación y *VRED* son las métricas de las MIP. De los diversos indicadores de red postulados anteriormente sólo dos resultaron estadísticamente significativos al correlacionarse con la tasa de crecimiento. Ellos son el coeficiente de enlaces recíprocos (RRR) y máxima distancia geométrica (MXDG), las que por la Tabla 1 están altamente y negativamente correlacionadas entre sí (coeficiente de

correlación cercano a 0.80), por lo que se presentan las estimaciones considerando una a la vez. Una restricción adicional que se nos presenta es que por las características de las muestra (las variables de red están definidas para un momento del tiempo) no es posible la estimación mediante efectos fijos. La tabla 2 muestra los resultados de la estimación incorporando como variable de red a RRR, mientras que la tabla 3 considera la variable MDG. La primera columna se refiere a un modelo de datos agrupados, mientras que la segunda hace referencia a un modelo de efectos aleatorios. Ante la presencia de heteroscedasticidad, se realizó la estimación con 180 observaciones, también mediante la técnica de Errores Estándar de Panel Corregidos (PCSE), que permite subsanar este inconveniente.

Tabla 2. Resultados de la estimación (variable de red: RRR)

| Variable | Modelo Pool | Efectos Aleatorios | PCSE |
|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | 0.139* | 0.139* | 0.139* |
| | (0.000) | (0.000) | (0.004) |
| GPPBI | -0.118* | -0.120* | -0.118* |
| | (0.012) | (0.010) | (0.008) |
| APER | 0.003 | 0.003 | 0.003 |
| | (0.420) | (0.417) | (0.427) |
| INF | -0.003* | -0.003* | -0.003** |
| | (0.009) | (0.008) | (0.057) |
| LPBIPC | -0.320** | -0.319** | -0.320** |
| | (0.085) | (0.087) | (0.095) |
| RRR | -8.411** | -8.397** | -8.418** |
| | (0.072) | (0.074) | (0.101) |
| Constante | 12.140** | 12.144** | 12.144** |
| | (0.013) | (0.013) | (0.030) |

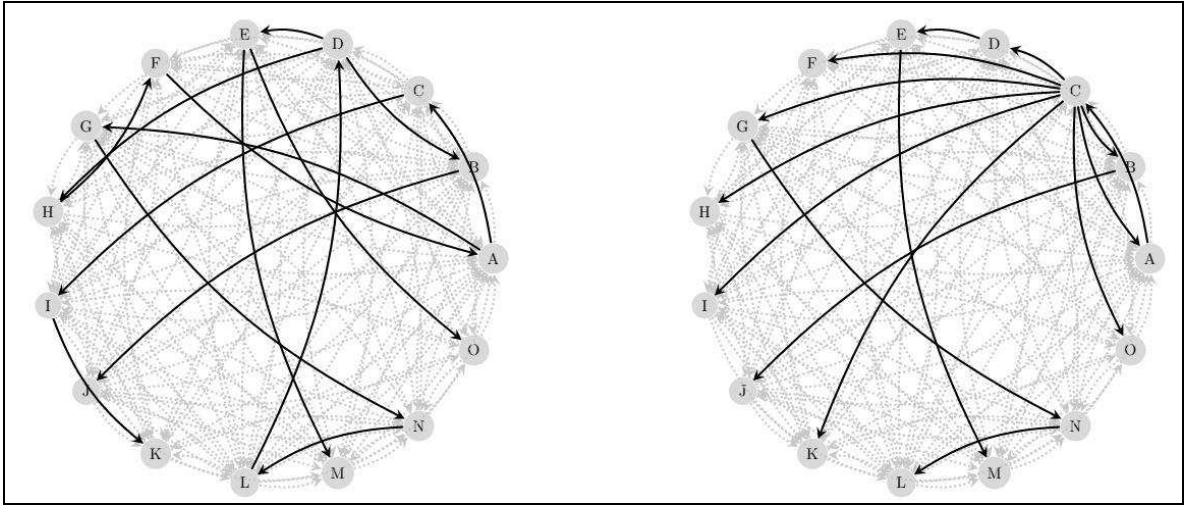
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que, con excepción del grado de apertura, el resto de las variables de control muestran el signo esperado: mientras que la inversión es un motor del crecimiento, el gasto público y la inflación resultan perjudiciales para el mismo, siendo estos resultados consistentes con la literatura (Levine y Renelt, 1992, Barro, 1998 entre muchos otros).

Se halló que las MIP con menor RRR están asociadas a mayor crecimiento económico. Es el caso en el que algunos sectores realizan muchas conexiones con otros sectores pero estas conexiones no son recíprocas. La Figura 2 muestra a la izquierda un ejemplo de una MIP con un RRR alto, mientras que la de la derecha es una estructura de MIP asociada a un RRR bajo.

Esta información da un pequeño fundamento empírico a la modelización establecida por Oberfield (2014). El autor plantea que en una economía, los agentes (sectores) van estableciendo conexiones con otros sectores proveedores hasta encontrar la arquitectura (estructura de conexiones) que minimiza el costo de producir una unidad de bien final. La búsqueda de mejores alternativas (conectando/comprando y desconectando/dejando de comprar) cambia la configuración dinámicamente de la red hasta que emerge un proveedor de más bajo costo el cual queda como único proveedor de muchos otros sectores. En nodo C (a la derecha) representaría el caso de un proveedor especializado.

Figura 2. Redes con proveedores menos centralizados (izquierda) y más centralizados (derecha)



Fuente: Oberfield (2014: 25)

Finalmente, la Tabla 3 muestra la estimación que detecta una asociación positiva entre la máxima distancia geodésica (MXDG), es decir el diámetro de la MIP, y el crecimiento económico.

Tabla 3. Resultados de la estimación (variable de red: MDG)

| Variable | Modelo | Efectos Aleatorios | PCSE |
|----------|--------|--------------------|------|
|----------|--------|--------------------|------|

| | Pool | | |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| IPBI | 0.138* | 0.138* | 0.138* |
| | (0.001) | (0.000) | (0.003) |
| GPPBI | -0.122* | -0.123* | -0.122* |
| | (0.009) | (0.008) | (0.008) |
| APER | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| | (0.715) | (0.709) | (0.738) |
| INF | -0.003* | -0.003* | -0.003** |
| | (0.011) | (0.009) | (0.063) |
| LPBIPC | -0.307** | -0.306** | -0.307 |
| | (0.101) | (0.103) | (0.120) |
| MXDG | 0.653** | 0.650** | 0.653 |
| | (0.095) | (0.098) | (0.136) |
| Constante | 12.140** | 3.166 | 3.140 |
| | (0.013) | (0.187) | (0.207) |

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, la relación positiva se puede interpretar como un grado de acceso a recursos más diversos a través de la red de producción. Que una MIP tenga mayor diámetro que otra, implica que una posee sectores más alejados (y diversos en insumos) en su función de producción. Estructuras de producción que accedan a recursos productivos (proveedores) más diversos pueden dar sustento a procesos de crecimiento más acelerados.

4. Conclusiones

Tradicionalmente, las MIP quedaron supeditadas a un análisis matricial y contable, aportando información a la planificación de la actividad económica. Más modernamente, el surgimiento del análisis de redes sociales en el campo de la Sociología y su exitosa aplicación a diversos otros campos de la ciencia convirtió a las MIP en objeto de análisis que convocan a nuevos interrogantes. El aporte de este trabajo consiste en un compendio del estado del arte en esta nueva área de la teoría económica. Sin dudas, el trabajo de Acemoglu y otros (2012) ha sido el más destacado, sentando las raíces de los fundamentos microeconómicos y basados en redes de los ciclos económicos agregados. Entender cómo las redes de producción se asocian con la conducta a largo plazo de la economía: la interacción estructura de red y crecimiento económico surge como un campo de investigación fértil y prometedor. En este sentido, las conclusiones a las que se arribó en este trabajo, sientan precedentes a favor de la interpretación de Oberfield (2014) respecto al surgimiento de sectores intermedios altamente conectados (grandes proveedores multisectoriales, visualizados como una red en forma de estrella con centro en el proveedor y con enlaces no recíprocos) en los entramados productivos como un factor clave para el crecimiento económico. El segundo hecho estilizado, muestra que las redes con diámetro mayor están también asociadas al crecimiento

económico. Mayor diámetro en una red de producción implica una red que relaciona más diversos sectores productivos.

Referencias

- Acemoglu, D., V.M. Carvalho, A. Ozdaglar y A. Tahbaz-Salehi (2012). “The Network Origins of Aggregate Fluctuations”. *Econometrica* 80 (5): 1977-2016.
- Acemoglu, D., A. Ozdaglar y A. Tahbaz-Salehi (2013).”The Network Origins of Large Economic Downturns”. NBER Working Paper 19230.
- Alatraste Contreras, M. y G. Fagiolo (2014).”Propagation of Economic Shocks in Input-Output Networks: A Cross-Country Analysis”. ArXiv Papers [http://arxiv.org/abs/1401.4704]
- Alcalá, F. y A. Ciccone (2001). “Trade and productivity”. Working paper. Universitat Pompeu Fabra.
- Alfaro L. y M. Chen (2009), “The global agglomeration of multinational firms”, NBER Working Paper No. 15576.
- Bak, P., K. Chen, J. Scheinkman, y M. Woodford (1993). “Aggregate fluctuations from independent sectoral shocks: self-organized criticality in a model of production and inventory dynamics.” *Ricerche Economiche*, 47, 3–30.
- Bala, V. y S. Goyal (2000). “A Noncooperative Model of Network Formation,” *Econometrica* 68 (5): 1181-1230.
- Bernanke, B.S., M. Gertler y S. Gilchrist (1996). “The Financial Accelerator and the Flight to Quality.” *Review of Economics and Statistics* 78: 1–15.
- Blöchl, F., J. Theis, F. Vega Redondo y E. Fisher (2010),”Which sectors of a modern economy are most central? CESifo Working Paper Series No. 3175
- Blöchl F., J. Theis, F. Vega Redondo y E. Fisher (2011),”Vertex centralities in Input-Output Networks Reveal the Structure of Modern Economies” *Physical Review E* 83, 046127 –28 April 2011
- Burlon, L. (2012). “How Do Aggregate Fluctuations Depend on the Network Structure of the Economy?” Center for Research on Welfare Economics (CREB) Working Paper, University of Barcelona.
- Cerina F. , Z. Zhu, A. Chessa y M. Riccaboni (2014), World Input-Output Network, IMT Lucca EIC Working Paper Series #06/2014.
- Conley, T.G. y B. Dupor (2003) "A spatial analysis of sectoral complementarity". *Journal of Political Economy* 111:311–352.

- Carvalho, V.M. (2012). "Input-output networks. A survey". Complexity Research Initiative for Systemic Instabilities. FP7-ICT-2011-7-288501-CRISIS.
- Carvalho, V.M. y N. Voigtländer (2014), "Input Diffusion and the Evolution of Production Networks", NBER Working Paper 20025
- Carvalho, V.M. (2014), "From Micro to Macro via Production Networks", *The Journal of Economic Perspectives* 28 (4): 23-48.
- De Benedictis, L., S. Nenci, G. Santoni, L. Tajoli y C. Vicarelli (2013). "Network Analysis of World Trade using the BACI-CEPII dataset," Working papers 471, Banque de France.
- di Giovanni, J. y A.A. Levchenko (2009). "Trade Openness and Volatility". *The Review of Economic and Statistics* 91 (3): 558-585.
- Duernecker, G., M. Meyer y F. Vega-Redondo (2014). "The Network Origins of Economic Growth". Working Paper 14-06, University of Mannheim.
- Foerster, A.T., P-D.G. Sarte, y M.W. Watson (2008), "Sectoral vs. Aggregate Shocks: A Structural Factor Analysis of Industrial Production" NBER Working Paper No. 14389.
- Gabaix, X. (2011). "The granular origins of aggregate fluctuations". *Econometrica* 79: 733-772.
- Javorcik, B.S. (2004). "Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages", *American Economic Review* 94: 605–627.
- Jones, C.I. (2011). "Misallocation, Economic Growth, and Input-Output Economics". NBER Working Paper No. 16742
- Jorgenson, D.W. (2001). "Information Technology and the U.S. Economy", *American Economic Review* 91 (1), 1–32.
- Jorgenson, D.W. y K. J. Stiroh (2000), "U.S. Economic Growth in the New Millennium", *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 125–211.
- Jorgenson, D.W., Ho, M. S. y K. J. Stiroh (2002). "Projecting Productivity Growth: Lessons from the U.S. Growth Resurgence", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta, 1-13.
- Hanson, G.H., R.J. Mataloni y M.J. Slaughter (2005), "Vertical production networks in multinational firms", *Review of Economic Statistics* 87:664–678.
- Harmon, D., B. Stacey, Y. Bar-Yam y Y. Bar-Yam (2009). "Networks of Economic Market Interdependence and Systemic Risk". NECSI Report 2009-03-01 [<http://arxiv.org/abs/1011.3707>]

- Hausmann, R. and C.A. Hidalgo (2011), “The network structure of economic output”, *Journal of Economic Growth* 16 (4): 309-342.
- Hidalgo C.A., B. Klinger, A.-L. Barabási, y R. Hausmann (2007), “The product space conditions the development of nations”, *Science* 317 (5837): 482-487.
- Hulten, C.R. (1978). “Growth Accounting with Intermediate Inputs”. *The Review of Economic Studies* 45 (3): 511-518.
- Huremović, K. (2014), *Essays in networks and applied microeconomic theory*, PhD Thesis, European University Institute, Florence, Italy. [DOI: 10.2870/22994]
- Kirman, A. (2010). “The economic crisis is a crisis for economic theory”. *CESifo Economic Studies*, 56(4), 498-535.
- Leoncini R. and Montresor S. (1998), “Classifying technological systems: an empirical application to eight OECD countries”, *Quaderni Dinamici*, n. 2/98, IDSE-CNR, Milan
- Leoncini R., Maggioni M. y Montresor S. (1996) “Intersectoral innovation flows and national technological systems: network analysis for comparing Italy and Germany”, *Research Policy* 25: 415-430.
- Levine, R. y Renelt, D. (1992), “A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions”, *American Economic Review*, 82 (4): 942-963.
- Lucas, R.E. (1977). “Understanding business cycles.” Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 5: 7-29.
- McNerney, J. (2009). “Network properties of economic-input output networks”. International Institute for Applied Systems Analysis Interim Report IR-09-003.
- Montresor S. y G. Marzetti (2008). “Applying Social Network Analysis to Input–Output Based Innovation Matrices: An Illustrative Application to Six OECD Technological Systems for the middle 1990s”. *Economic Systems Research* 21 (2): 129-149.
- Oberfield, E. (2013). “Business Networks, Production Chains, and Productivity: A Theory of Input-Output Architecture”. Working Paper 2011-12, Federal Reserve Bank of Chicago.
- Rodrik, D. (2005) “Growth Strategies”. Incluido en P. Aghion y S.N. Durlauf (editores) *Handbook of Economic Growth* 1, Part A : 967-1014
- Schiavo, S., J. Reyes y G. Fagiolo (2010). “International trade and financial integration: a weighted network analysis” *Quantitative Finance* 10 (4): 389-399.
- Shih, H.S-Y. y P.-L. Chan (2010). “The application of networks analysis to exploring intersectoral innovations flows: the unit value approach”, *International Journal of Business and Information* Vol 5, No 2.

Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, Pp. 618-631.

Tedesco, L. (2008). "La contribución de la agroindustria a la estrategia de desarrollo económico. Un Análisis de sus eslabonamientos y multiplicadores". *Estudios Económicos* 50 (XXV): 75-114.

Tedesco, L. (2012). *Clusters agroindustriales en Argentina: un análisis de sus eslabonamientos productivos*. Editorial Académica Española, España, 2012.

Wasserman, S. y K. Faust (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. New York and Cambridge, ENG: Cambridge University Press.