

ARQUITECTURA DE REDES DE PRODUCCION

Y CRECIMIENTO ECONOMICO

Lorena Tedesco (UNS-IIESS) – Juan M.C. Larrosa (UNS-IIESS) – Pablo
Monterubbianesi (IIESS) – Fernando Delbianco (UNS)

ltedesco@criba.edu.ar

Resumen

En este trabajo se aporta evidencia empírica para comprobar si la arquitectura de la red de producción que conforma la Matriz Insumo Producto (MIP) de un país influye en el crecimiento económico. Se comienza con una breve revisión teórica de los principales autores que utilizan ese instrumento para explicar cuestiones relacionadas al crecimiento. Luego, en la parte empírica se construye un modelo a lo Barro (1991) para treinta y cinco economías de ingreso medio y alto incluyendo como explicativas las habituales de control y ciertas variables (métricas) que capturan las propiedades de estas redes.

Además, se realiza un análisis de clusters a una muestra ampliada de cien países, con el objeto de determinar si las métricas de dichas redes afectan la tasa de crecimiento de esas economías.

Los resultados del primer análisis indican que la Máxima Distancia Geodésica y el Par de Vértices Recíprocos resultaron significativos. Y en el segundo caso se halló que el Par de Enlaces Recíprocos y la Densidad de la Red tienen un patrón de comportamiento asociado al crecimiento económico

JEL: C67, R15, O47

I. Introducción

La Matriz Insumo Producto (MIP) brinda un diagnóstico de las relaciones intersectoriales de compra y venta de insumos productivos de una región, país o del mundo mismo. Todos los países la estiman con regularidad, lo que permite hacer trabajos de corte transversal y de serie de tiempo para analizar un sinnúmero de cuestiones relacionadas a la producción, la innovación y el comercio, entre otros.

En este trabajo se utilizan datos de panel con la información de las MIP de varios países a las que se les aplica un software utilizado en la Teoría de Redes Sociales, el cual permite caracterizar la red de relaciones de insumo producto que conforman esa matrices. Sin embargo, se reconoce que en el primero de los análisis se está combinando datos de series de tiempo (como variables de control) con otros que corresponden a un único momento (los de las MIP). Esto constituye una limitación para el estudio, por lo que en la segunda parte del desarrollo empírico se hace para una muestra ampliada de más países y se utilizaron como variables explicativas las MIP de esos países pero medidas también en forma de serie temporal.

En ambos análisis se encontró que sólo dos variables asociadas a las características de la MIP están relacionadas con el crecimiento económico y que. A su vez, las mismas están correlacionadas.

II. Breves Antecedentes Teóricos

Tal como se anticipara, el modelo clásico de la MIP ha sido el instrumento de análisis utilizado en este trabajo, más precisamente una parte de la MIP, la que corresponde a las transacciones intermedias entre cada par de sectores como porcentaje de la demanda intermedia de cada sector (sumatoria de la columna).

El empleo de la MIP como marco teórico e instrumento aplicado en una economía de mercado se remonta a Wassily Leontief, quien elaboró los primeros cuadros para la economía de Estados Unidos en 1919 y en 1929. Sin embargo, hay antecedentes tales como la obra “Las Tablas Económicas” (1758) de François Quesnay, quien vio

la necesidad de contar con un sistema integrado de cuentas nacionales que sirviera como herramienta para revelar el reparto y uso del excedente de una economía.

En la tabla N° 1 se representa la estructura de la MIP, en donde el cuadrante izquierdo superior, referido a las relaciones intersectoriales, constituye el objeto de estudio de este trabajo.

Tabla N° 1: Esquema de la matriz insumo producto

		VENTAS INTERINDUSTRIALES			Demanda intermedia	Demanda final	Ventas Totales
		Sector 1	Sector 2	Sector n			
C O M P R A S	Sector 1	Transacciones intersectoriales Bienes y servicios vendidos (Insumos Intermedios)			Sumatoria por filas de las transacciones intersectoriales	Consumo de los hogares, del gobierno, del resto del mundo, formación bruta de capital y variación de existencias	Valor de las ventas totales a los diferentes agentes económicos
	Sector 2						
	Sector n						
Consumo Intermedio		Sumatoria por columnas de las transacciones intersectoriales					
Valor Agregado		Salarios, beneficios, impuestos, depreciación, alquileres, etc.					
Importación							
Producción Total		Total de los gastos incurridos en el proceso productivo					

Fuente: Noé Arón y Sarah Martínez (2003)

Esta matriz se puede entender sobre la base de dos ecuaciones de ingreso nacional que representan las dos dimensiones (o entradas) de la tabla:

- (1) Producción = Insumos + Valor Agregado
- (2) Producción = Ventas intermedias + Ventas finales

Un sector económico compra insumos y servicios de factores productivos para obtener su producción. A su vez, la producción es vendida para dos fines: a otras

empresas, para que éstas la incorporen en sus productos (ventas intermedias) y a los consumidores finales (ventas finales). La primera ecuación corresponde a las imputaciones consignadas en las columnas, en donde puede verse cuánto demanda cada sector a sí mismo y al resto, la importación de insumos, el valor que agrega a su producción y los impuestos que paga, lo que totaliza el valor bruto de producción de ese sector. La segunda ecuación corresponde a la lectura por filas, donde se registra lo que cada sector se vende a sí mismo y a los restantes sectores (total de demanda intermedia), lo que vende para demanda final (ya sea mercado doméstico como externo, la formación bruta de capital y las ventas al sector público), lo que suma las ventas totales, que es igual al valor bruto de producción.

La Matriz Insumo Producto concebida como una red en donde los nodos son los sectores productivos, está siendo cada vez más utilizada como instrumento en una variedad de trabajos que van desde:

- i) El análisis del comercio internacional a nivel país o mundial en donde se destacan los papers de Hanson y otros (2005), Hidalgo y otros (2007), Schiavo y otros (2010), Simpson y Tsukui (1965), Cerina y otros (2014), McNerney y Kryazhimskiy (2009) y De Benedictis y otros (2013);
- ii) el estudio de los spillovers con trabajos como los de Javorcik (2004), Montresor y Marzetti (2008), Aroche (2009), Oberfield (2014), Mohnen (1997) y Johnson (2015);
- iii) el entendimiento de los flujos financieros a partir de investigaciones de Bigio y La'O (2015), Harmon y otros (2009) y Kirman (2010), entre otros;
- iv) el diseño de políticas cuyo principales exponentes son Rodrik (2005), Alatraste Contreras y Fagiolo (2014), Mattila (1999) y Albino y otros (2001),
- v) la observación de su impacto en los ciclos económicos y el crecimiento. Respecto a este último grupo se destacan los trabajos de Bak y otros (1993), Conley y Dupor (2003), Burlon (2012), Carvalho (2012), Acemoglu

y otros (2012), Acemoglu y otros (2014), Gabaix (2011), Blöchl y otros (2011), Alcalá y Ciccone (2001) y Acemoglu y otros (2015). Ellos sostienen que la arquitectura de la MIP afecta el crecimiento económico ya que los sectores productivos no tienen igual rol dentro de la economía de un país, por lo que los shocks productivos a nivel micro tienen efecto sobre la tasa de crecimiento del PBI y/o sobre su volatilidad.

Como puede apreciarse, el uso de la MIP como instrumento de análisis ha reverdecido en los últimos años, a pesar de las limitaciones que tiene tales como suponer la homogeneidad y la aditividad de las producciones de un mismo sector productivo, la no variación de los precios relativos y el mencionado acerca de los coeficientes fijos de producción.

A continuación se buscará evidencia empírica para apoyar la hipótesis que relaciona la arquitectura de la MIP con el crecimiento económico, a través de la construcción de un modelo econométrico.

III. Evidencia Empírica

III.1. Modelo econométrico

En el caso de estudio se consideraron matrices estandarizadas de cuarenta y siete sectores relevadas entre los años 1997 y 2001, de los siguientes treinta y cinco 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).

El resto de las variables de control se midieron entre los años 1988 y 2012 en promedios de 5 años. Se reconoce que se están vinculando variables que están medidas en un momento del tiempo, como son las métricas de la red derivada de la

MIP con series de tiempo derivadas de las variables macro incluidas en el análisis. Este supuesto no es del todo restrictivo ya que, como se verá más adelante, se ha probado que las métricas no cambian en el corto plazo, lo que verifica en cierto modo el supuesto que sostiene la MIP acerca de los coeficientes fijos de producción.

El análisis se llevó a cabo mediante tres técnicas econométricas: Datos Agrupados, Efectos Variables y Errores Estándar Corregidos para Panel (PCSE, que corrige por heteroscedasticidad, es decir la violación del supuesto de igual varianza de los errores de las observaciones).

La variable dependiente es la tasa de crecimiento del PBI per cápita y las variables independientes son las que se usan en la mayor parte de los modelos de crecimiento: Inversión (como porcentaje del PBI), Gasto Público en bienes finales (como porcentaje del PBI), Inflación (medida por la variación del IPC), Grado de Apertura de la Economía (exportaciones más importaciones, como porcentaje del PBI).

Por su parte, las redes poseen propiedades globales en sus interconexiones que pueden ser mensuradas. Distintas propiedades fueron medidas a fin de intentar capturar alguna dimensión relevante que se asocie con el crecimiento económico. Las variables explicativas que se agregan son las siguientes métricas que se derivan de las MIP y que, aunque fueron presentadas en la parte metodológica de esta tesis, conviene recordarlas en este apartado. Las mismas se obtienen con el programa NODE XL:

- **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 **(PVR)**.

- **Coeficiente 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 **(RER)**.
- **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 **(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 conectado:** Indica cuántos nodos, o sea, ramas de actividad, tiene el grupo conectado más grande. **(MXVCC)**
- **Número máximo de enlaces en un componente conectado:** Indica cuántos enlaces (relaciones intersectoriales) tiene el grupo conectado más grande. **(MXECC)**
- **Máxima distancia geodésica (diámetro):** Es el número de pasos máximo que hay que realizar para salir de un nodo y llegar al más lejano. **(MDG)**
- **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. **(GD)**

Antes de realizar las regresiones con el fin de determinar la incidencia de cada variable, se presentan en la Tabla N°2 los coeficientes de correlación entre las mismas.

Tabla N° 2: Matriz de correlaciones de las variables de red

	ET	AE	PVR	RER	CC	CVU	MXVCC	MXECC	MDG	DGM	GD
ET	1										
AE	0,97	1									
PVR	-0,12	-0,20	1								
RER	-0,13	-0,20	0,99	1							
CC	-0,96	-0,97	0,36	0,36	1						
CVU	-0,96	-0,97	0,36	0,36	0,99	1					
MXVCC	0,96	0,97	-0,36	-0,36	-0,99	-0,99	1				
MXECC	0,99	0,97	-0,12	-0,13	-0,96	-0,96	0,96	1			
MDG	0,03	0,10	-0,76	-0,74	-0,24	-0,24	0,24	0,03	1		
DGM	0,33	0,38	-0,52	-0,52	-0,50	-0,50	0,50	0,33	0,70	1	
GD	0,99	0,97	-0,12	-0,13	-0,96	-0,96	0,96	0,99	0,03	0,33	1

Queda claro que 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 único nodo (mayor cantidad de enlaces asegura mayor conectividad en la red). Asimismo, la cantidad de relaciones está marcadamente correlacionada con la máxima cantidad de nodos (MXVCC) y enlaces (MXECC) por componente conectado. La densidad (GD), por otro lado, está relacionada lógicamente con mayor cantidad de enlaces presentes (ET) y autoenlaces (AE), entre otras características.

Volviendo al modelo, la estimación se hizo siguiendo la metodología habitualmente conocida como “a la Barro”, que surge a partir de una propuesta elaborada de este

autor (Barro, 1991 y 1998; Barro y Lee, 1994 entre otros). Esta idea tomó como base el modelo neoclásico de crecimiento (Solow, 1956) y se centra en la siguiente relación.

$$D_y = f(y, y^*)$$

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 que incluye cuestiones como el nivel de inversión, el gasto público, el grado de apertura de la economía y el grado de estabilidad macroeconómica. Como ya se anticipara, estas variables son las utilizadas como variables de control.

En resumen, esta técnica consiste en regresar, para un grupo amplio de países, la tasa de crecimiento respecto a un conjunto de variables de interés de forma tal de analizar el efecto de cada una de ellas sobre el crecimiento económico.

Como se enunciara anteriormente, siguiendo a Levine y Renelt (1992), se incluirá 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, incorporamos al nivel de PBI. Por último, con el objetivo de captar el efecto de la inestabilidad económica se incorporó la tasa de inflación.

De esta forma el modelo a estimar queda definido como:

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

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 y *VRED* son indicadores de las métricas de la MIP.

De estos últimos sólo dos resultaron estadísticamente significativos al correlacionarse con la tasa de crecimiento. Ellos son el Par de Vértices Recíprocos (PVR) y Máxima Distancia Geodésica (MXDG), las que se observó en la Tabla N° 2 están negativamente correlacionadas entre sí (coeficiente de correlación de 0,76), por lo que se presentan las estimaciones considerando una a la vez. Es decir $VRED = \{PVR, MXDG\}$.

Además, los resultados obtenidos indican 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).

La Tabla N° 3 muestra los resultados de la estimación incorporando como variable de red a PVR, mientras que la Tabla N° 4 presenta los resultados considerando la variable **MDG**.

La primera columna, en ambos casos, se refiere a un modelo de datos agrupados, mientras que la segunda remite a un modelo de efectos aleatorios. Ante la presencia de heteroscedasticidad, se realizó la estimación también mediante la técnica de Errores Estándar de Panel Corregidos (PCSE), que permite subsanar este inconveniente.

Tabla N° 3: Resultados de la estimación (variable de red: PVR)

Variable	Modelo Pool	Efectos Aleatorios	PCSE
IPBI	0.139* (0.000)	0.139* (0.000)	0.139* (0.004)
GPPBI	-0.118* (0.012)	-0.120* (0.010)	-0.118* (0.008)
APER	0.003 (0.420)	0.003 (0.417)	0.003 (0.427)
INF	-0.003* (0.000)	-0.003* (0.000)	-0.003** (0.000)

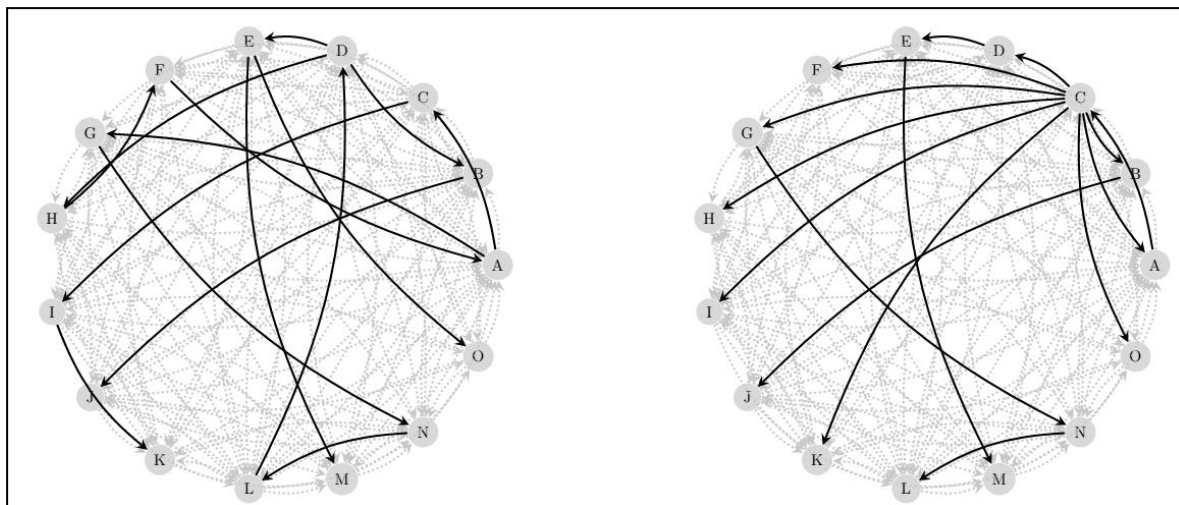
	(0.009)	(0.008)	(0.057)
LPBIPC	-0.320** (0.085)	-0.319** (0.087)	-0.320** (0.095)
PVR	-8.411** (0.072)	-8.397** (0.074)	-8.418** (0.101)
CONSTANTE	12.140** (0.013)	12.144** (0.013)	12.144** (0.030)

Nota: *significativo al 10%, ** significativo al 5%

La tabla anterior muestra la estimación que correlaciona negativa y significativamente al coeficiente de par de vértices recíprocos (**PVR**). Ello indica que las MIP con menor **PVR** están asociadas a mayor crecimiento económico. Esto se explica porque un bajo **PVR** está relacionado con una MIP en la que algunos sectores realizan muchas conexiones con otros sectores, pero las mismas no son recíprocas. Es decir, prevalecen sectores que abastecen a muchos otros pero que a su vez, los primeros no son compradores insumos a los segundos.

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. El nodo C (a la derecha de la Figura N°1) representaría el caso de un proveedor especializado.

Figura N°1: Redes con proveedores menos centrales (izquierda) y más centrales (derecha)



Fuente: Oberfield (2014)

Finalmente, se muestra en la tabla N°5 la estimación que detecta una asociación positiva entre la Máxima Distancia Geodésica (**MDG**), es decir el diámetro de la MIP y el crecimiento económico.

Tabla N° 4: Resultados de la estimación (variable de red: MDG)

Variable	Modelo Pool	Efectos Aleatorios	PCSE
IPBI	0.138* (0.001)	0.138* (0.000)	0.138* (0.003)
GPPBI	-0.122* (0.009)	-0.123* (0.008)	-0.122* (0.008)
APER	0.001 (0.715)	0.001 (0.709)	0.001 (0.738)
INF	-0.003* (0.011)	-0.003* (0.009)	-0.003** (0.063)
LPBIPC	-0.307** (0.101)	-0.306** (0.103)	-0.307 (0.120)
MDG	0.653** (0.095)	0.650** (0.098)	0.653 (0.136)

CONSTANTE	12.140** (0.013)	3.166 (0.187)	3.140 (0.207)
-----------	---------------------	------------------	------------------

Nota: *significativo al 10%, ** significativo al 5%

En este sentido, la relación positiva entre **MDG** y el crecimiento económico 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 la primera posee sectores más alejados (y diversos en insumos) en su tecnología de producción. Estructuras de producción que accedan a recursos productivos (proveedores) más diversos pueden dar sustento a procesos de crecimiento con mayor efecto derrame.

III.2. Análisis de clusters

En esta parte del trabajo se realizó un análisis de clusters de medianas a una muestra ampliada respecto a la anterior, ya que abarca las MIP de cien economías con diferente grado de desarrollo, a partir de datos de una organización ambientalista llamada EORA.

Vale aclarar que se tomaron los trescientos enlaces más importantes en cuanto a magnitud, entre los veintiséis sectores productivos que componen las MIP de esos países. Esto se debe a que si se tomaba la totalidad de enlaces ($26 \times 26 = 676$) muchos parámetros permanecían constantes durante el período considerado (1970-2012). Ello corrobora el supuesto implícito en la MIP, acerca de que los coeficientes técnicos se mantienen fijos. Es decir, se analizó, aproximadamente la mitad más productiva de la red de cada economía.

Se reconoce que un estudio de clusters o conglomerados es de tipo taxonómico con fines exploratorios o confirmatorios. Se trata de una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos buscando lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia respecto a los otros grupos, pero que no permite establecer causalidad.

El algoritmo de formación de cluster, utilizado en este caso, es de tipo jerárquico disociativo, es decir, se partió del conglomerado formado por la información de los cien países y en sucesivos pasos se fue dividiendo el grupo hasta que cada observación quedó en un conglomerado distinto.

Se trata de un análisis no paramétrico, ya que los predictores no tienen una forma predeterminada, sino que se construye de acuerdo a la información derivada de los datos. El método utilizado para el ajuste en las figuras siguientes es el de suavizamiento de Kernel (o "*kernel smoothing*"), que consiste en estimar la variable dependiente (en este caso, la tasa de crecimiento del PBI per cápita) a partir de un conjunto limitado de puntos de datos (en este caso las métricas de las redes que conforman las MIP) con una función Kernel la que especifica la influencia de los puntos de datos de modo que esos valores pueden ser usados para predecir el valor de las localidades cercanas.

Como se dijo anteriormente, se construyó una subred con los trescientos enlaces más importantes dentro de la red que conforma la MIP de cada uno de los cien países, que resultaron agrupados como se detalla en la Tabla N°5.

Tabla N°5: Grupos de países considerados en el análisis de clusters

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Armenia	Afganistán	Argentina
Bangladesh	Albania	Australia
Belice	Angola	Austria
Bolivia	Azerbaijan	Bélgica
Etiopía	Benín	Brasil
Jordán	Bután	Chile
Nigeria	Bosnia y Herzegovina	China
Senegal	Bulgaria	Colombia
Somalia	Burkina Faso	República Checa
Sri Lanka	Burundi	Dinamarca
Trinidad y Tobago	Camboya	Ecuador
	Camerún	Estonia
	Canadá	Finlandia
	República de África Central	Francia
	Chad	Grecia
	República Dem. De Congo	Hong Kong
	Croacia	Hungría
	Djibouti	Israel
	República Dominicana	Italia
	Egipto	Japón
	Gabón	Kenya
	Gambia	México
	Alemania	Noruega
	Ghana	Paraguay
	Guatemala	Perú
	Guinea	Portugal
	Guyana	Sudáfrica
	Haití	España
	Honduras	Turquía
	Iraq	Reino Unido
	Irlanda	Estados Unidos
	Liberia	Uruguay
	Madagascar	Venezuela
	Mónaco	Vietnam
	Mongolia	
	Montenegro	
	Moroco	
	Nepal	
	Nicaragua	
	Pakistán	
	Federación Rusa	
	Ruanda	
	Santo Thomé y Príncipe	
	Serbia	
	Sierra Leona	
	Suriname	
	Suecia	
	Suiza	
	República Siria	
	Tayikistán	
	Tanzania	
	Togo	
	Uganda	
	Yemen	
	Zambia	

Por otra parte, las variables analizadas son las métricas de las subredes, también calculadas a partir del software NODE XL, las cuales fueron definidas anteriormente cuando se realizó la regresión. A ellas se sumaron:

Cantidad de vértices: corresponde a la cantidad de sectores considerados **(VER)**

Enlaces únicos: mide la cantidad de enlaces únicos que hay entre los nodos **(UE)**

Enlaces duplicados: es la cantidad de enlaces duplicados que se dan entre los nodos **(ED)**

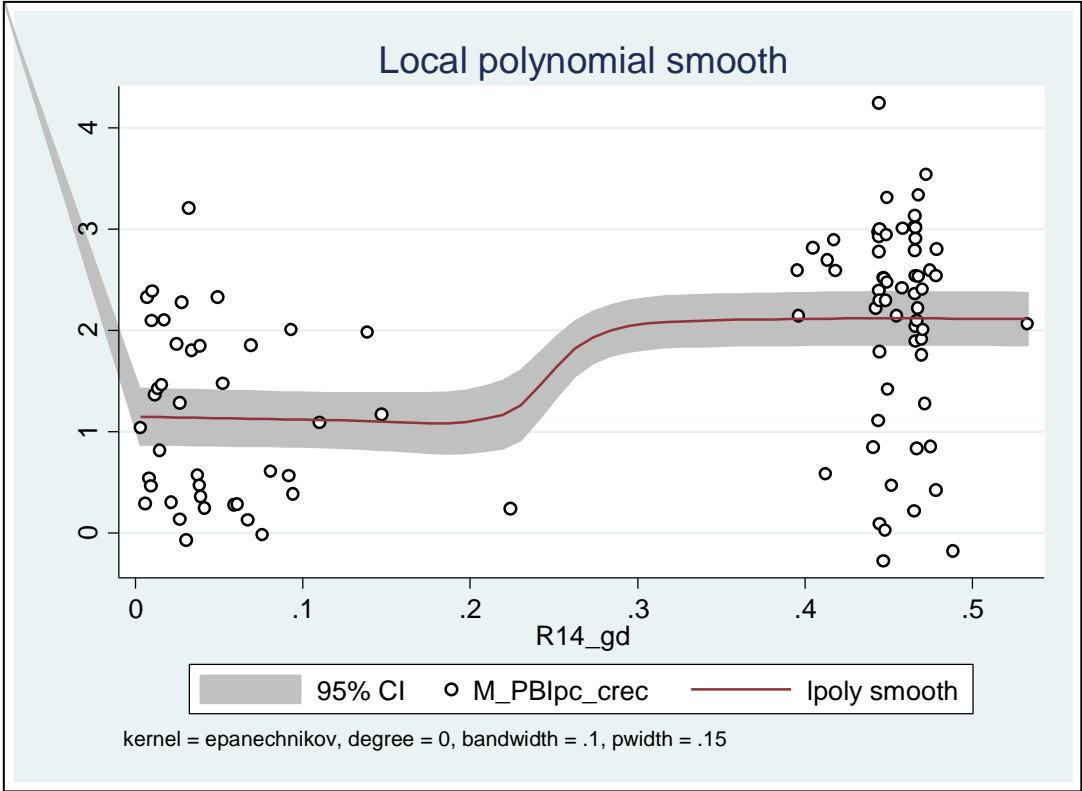
Los resultados del análisis pueden verse en la Tabla N°6, de donde resulta que sólo las variables Par de Enlaces Recíprocos **(RER)** y Densidad de la Red **(GD)** se relacionan positivamente con la tasa de crecimiento del PBI per cápita.

Tabla N°6: Resultados del análisis de clusters

Grupo 1					
Variable	Obs	Media	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
R01_ver	11	27.97727	6.830954	24.875	47
R02_ue	11	299.875	.25	299.375	300
R03_ed	11	0	0	0	0
R04_et	11	299.875	.25	299.375	300
R05_ae	11	12.06818	4.811888	0	16
R06_pvr	11	.4217857	.1076891	.1815066	.5138721
R07_rer	11	.5675791	.1522824	.2468055	.6788168
R08_cc	11	1.227273	.3202449	1	1.75
R09_cuv	11	.2045455	.3075748	0	.75
R10_mxvcc	11	27.71591	6.832846	24.875	47
R11_mxecc	11	299.8409	.2567277	299.375	300
R12_mdg	11	2.909091	.1379641	2.625	3
R13_dgm	11	1.361657	.1598566	1.2648	1.834607
R14_gd	11	.4326073	.0997535	.1387604	.47875
M_PBIPc_crec	11	2.133299	.9219005	.471415	3.538175
M_POP_crec	11	1.568978	1.580447	-1.268203	3.708213
Grupo 2					
Variable	Obs	Media	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
R01_per	55	29.65227	11.42687	23.5	78.25
R02_ue	55	299.9409	.1556322	299.125	300
R03_ed	55	0	0	0	0
R04_et	55	299.9432	.1555646	299.125	300
R05_ae	55	19.75227	9.146774	2.5	81.125
R06_pvr	55	217.5536	1610.015	.0553877	11940.65
R07_rer	55	.6122126	.1269451	.1041235	.7075537
R08_cc	55	1.579545	1.467701	1	11.625
R09_cuv	55	.3068182	.3425954	0	1.375
R10_mxvcc	55	28.60682	9.783253	23.5	72.25
R11_mxecc	55	299.3886	2.801565	279.5	300
R12_mgd	55	3.109091	.4494432	2.125	5.25
R13_dgm	55	1.419433	.2191087	1.256312	2.378968
R14_gd	55	.4233636	.0980199	.0670808	.5327816
M_PBIPc_crec	55	1.9786	1.076273	-.276698	4.248786
M_POP_crec	55	120.7737	806.3841	-2.746017	5962.081
Grupo 3					
Variable	Obs	Media	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
R01_ver	34	128.1728	62.7019	67	328.75
R02_ue	34	299.9081	.1608124	299.375	300
R03_ed	34	0	0	0	0
R04_et	34	299.9154	.159071	299.375	300
R05_ae	34	3.393382	9.130428	0	37.75
R06_pvr	34	.0795383	.0526844	.0138101	.2382229
R07_rer	34	.1357442	.083562	.0267363	.3761009
R08_cc	34	10.36397	16.96778	1	71.125
R09_cuv	34	.4448529	1.705659	0	9.75
R10_mxvcc	34	105.5699	30.86111	67	173.75
R11_mxecc	34	284.4228	33.84224	123.375	300
R12_mdg	34	7.834559	2.521446	3	13.875
R13_dgm	34	3.197914	.7575446	2.010247	5.301794
R14_gdr	34	.0344264	.0253782	.0029296	.0928815
M_PBIPc_crec	34	1.177584	.8765037	-.0679309	3.21166
M_POP_crec	34	9.45634	41.70229	-.0031367	245.3245

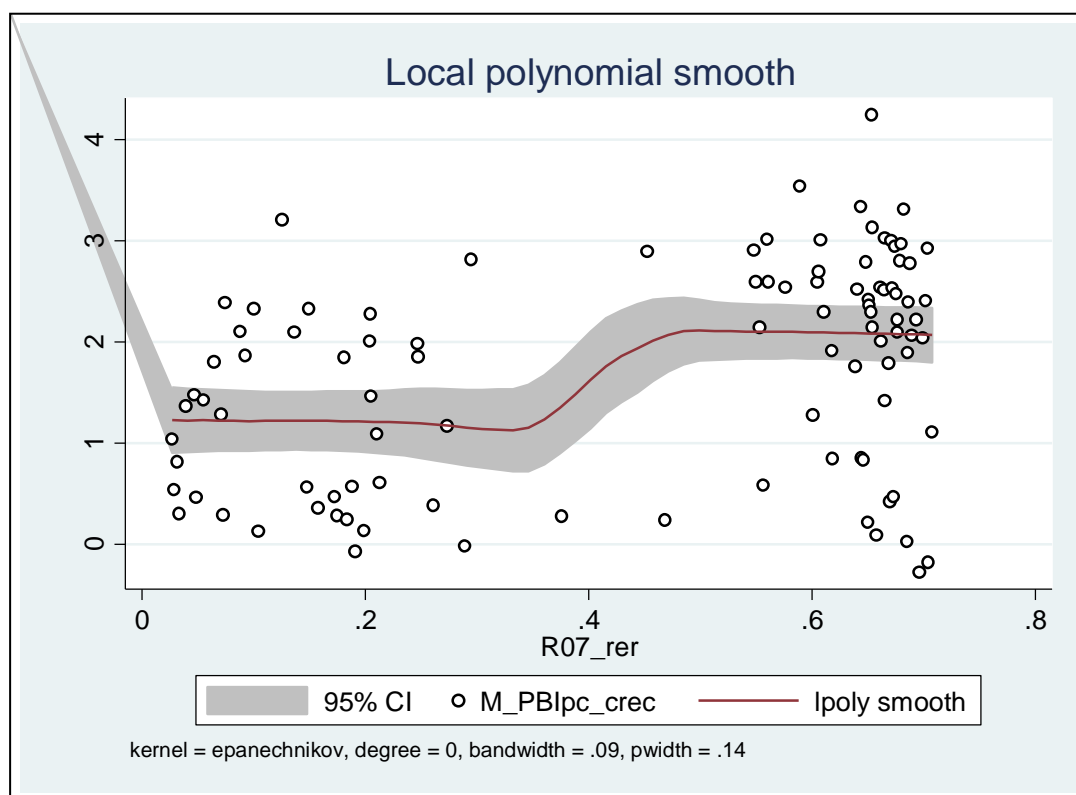
Del análisis de la Figura N°2 puede apreciarse la relación entre la densidad de la red (GD) y la tasa de crecimiento del PBI per cápita, ya que los países de los grupos 1 y 2 tienen redes más densas y crecen a una mayor tasa, mientras que los países del grupo 3 tienen redes menos densas y una menor tasa de crecimiento del PBI per cápita.

Figura N°2: Ajuste local de GD y la tasa de crecimiento del PBI per cápita



En tanto, la misma relación directamente proporcional puede verse en la Figura N°3, en donde los grupos de países 1 y 2 son los que tienen mayor coeficiente de enlaces recíprocos y mayor tasa de crecimiento del PBI per cápita, mientras que los del grupo 3 son los que presentan, en relación a los otros conglomerados, menores valores de RER y de tasa de crecimiento.

Figura N° 3: Ajuste local de RER y la tasa de crecimiento del PBI per cápita



A su vez, se probó si la relación de estas dos métricas con la tasa de crecimiento de los países se mantenía si se dividían a los países en 5 grupos en lugar de 3 y se obtuvo el mismo patrón.

Correlación entre las métricas de la red

Dado que se disponía de información de los cien países con diferente grado de desarrollo, se hizo el ejercicio de calcular la matriz de correlación entre las métricas de las subredes que conforman casi la mitad de sus MIP (Tabla N° 6). Los resultados para 1970 y 2012 son idénticos, lo que confirma, como se aseguró en el apartado anterior, que se cumple el supuesto de coeficientes fijos en el tiempo.

Tabla N°6: Matriz de correlaciones entre las métricas

	VT	EU	ET	AE	PVR	RER	CC	CVU	MXVCC	MXECC	MXDG	DGM	GD
VT	1												
EU	0,16	1											
ET	0,16	1	1										
AE	-0,23	0,02	0,02	1									
PVR	-0,75	-0,02	-0,02	0,19	1								
RER	-0,76	-0,04	-0,04	0,19	0,98	1							
CC	0,81	0,23	0,23	-0,11	-0,35	-0,36	1						
CVU	0,04	0,04	0,04	0,16	-0,07	-0,11	0,01	1					
MXVCC	0,79	-0,09	-0,08	-0,25	-0,85	-0,87	0,32	0,09	1				
MXECC	-0,73	-0,42	-0,42	0,11	0,34	0,35	-0,80	0,025	-0,24	1			
MXDG	0,86	0,06	0,06	-0,29	-0,76	-0,77	0,49	0,02	0,89	-0,46	1		
DGM	0,89	-0,02	-0,02	-0,27	-0,84	-0,85	0,50	0,05	0,97	-0,40	0,95	1	
GD	-0,77	0,01	0,01	0,27	0,93	0,93	-0,35	-0,09	-0,89	0,33	-0,81	-0,89	1

Los valores indican que a mayor cantidad de VT, menos probable es que se den PVR y RER entre los mismos, pero mayor es la posibilidad que conformen un CC y que además que tenga mayor MXVCC, pero con menor MXECC.

Además, a mayor VT, también es menor la DR y mayor la MXDG y la DGM. Y a mayor PVR mayor RER, menor MXVCC, menor MXDG y DGM y mayor GD. Por otra parte, a menor PER hay mayor MXVCC, mayor MXDG y DGM y menor DR. También se da que a mayor cantidad de CC, es menor la cantidad de MXECC. Y a mayor MXVCC, mayor MXDG y DGM y menor DR, porque menos se verifican menos relaciones entre los sectores respecto al total posible, ya que éstos conforman subgrafos aislados entre sí.

Por último, MXDG está relacionada positivamente con DGM porque ambas miden casi la misma característica de la red, y negativamente con DR y estas dos últimas variables están correlacionadas negativamente entre sí ya que, si la densidad es alta es pequeño el número de pasos promedio que debe hacerse para llegar de un nodo a otro.

III. CONCLUSION

Como conclusión puede decirse que el uso de la MIP como proxy de una red que refleje las relaciones intersectoriales (de compra y venta de insumos) entre los nodos (sectores productivos) es muy útil para investigaciones como la aquí presentada, que tuvo como objetivo sumar evidencia empírica al siempre relevante análisis del crecimiento económico.

Se encontró que los resultados de la aplicación de ambas técnicas están relacionados ya que en la regresión resultó negativamente significativa la variable Par de Vértices Recíprocos (**PVR**), la que se encuentra íntimamente asociada al Coeficiente de Enlaces Recíprocos (**RER**), que fue la que se detectó que tiene un patrón directamente proporcional de comportamiento en el mismo sentido, respecto a la tasa de crecimiento del PBI per cápita. Esto se traduce en que la mayor reciprocidad en las relaciones favorecería el crecimiento, en tanto se midan como proporción del total de enlaces.

Por otra parte, en la regresión en la que se usaron las redes completas de las MIP también resultó positivamente significativa la variable Máxima Distancia Geodésica (**MDG**) que es el diámetro de la red ya que indica el número de pasos máximo que hay que realizar para salir de un nodo y llegar al más lejano. Ello implicaría que economías que conectan a sectores más alejados, favorecerían el crecimiento. En tanto, en el segundo trabajo empírico, en el cual se trabajó con una muestra de MIP más heterogénea y recortada de los sectores más productivos, la Densidad de la Red (**DR**) resultó mostrar un patrón de comportamiento positivo en relación a la tasa de crecimiento del PBI per cápita. En ese sentido, si los sectores de más alta producción se encuentran fuerte y recíprocamente conectados podría ser una precondition que también favorecería el crecimiento, pero la misma no puede afirmarse rotundamente, ya que vale recordar que este tipo de análisis de clusters no establece causalidad.

Restaría indagar, en futuros trabajos, por qué el análisis de clusters agrupó los países en tres conjuntos dado que dentro de cada uno de ellos hay tanta heterogeneidad en sus características socio-económicas.

BIBLIOGRAFIA

Acemoglu, D., Ozdaglar, A. y A. Tahbaz-Salehi (2010), "Cascades in Networks and Aggregate Volatility". En: *NBER Working Paper* N° 16516.

- Acemoglu, D., Ozdaglar, A. y A. Tahbaz-Salehi (2012), "The Network Origins of Aggregate Fluctuations". En: *Econometrica* 80: pp. 1977–2016.
- Acemoglu, D., Ozdaglar, A. y A. Tahbaz-Salehi (2013), "The Network Origins of Large Economic Downturns". En: *NBER Working Paper* N° 19230.
- Acemoglu, D., Akcigit, U. y W. Kerr (2015), "Networks and the Macroeconomy: an empirical exploration". En: *NBER Working Paper* N° 21344.
- Aroche, F. (2009), "El análisis de la innovación tecnológica, el análisis de redes y el modelo Insumo-Producto", Disponible en: <http://www.uclm.es/actividades0809/jornadas/io/topico%25201/Innovaci%25C3%25B3n%2520y%2520redes.doc>.
- Bak, P., Kan C., Scheinkman, J. y M. Woodford (1993), "Aggregate fluctuations from independent sectoral shocks: self-organized criticality in a model of production and inventory dynamics." En: *Ricerche Economiche* N°47, pp. 3–30.
- Barro, R. (1991), "Economic Growth in a Cross Section of Countries". En: *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 106, pp. 407-443.
- Barro, R. (1998), "Determinants of Economics Growth: A cross-country Empirical Study", En: *NBER Working Paper* N° 9490.
- Barro, R. y Jong-Wha Lee (1994), "Sources of economic growth". En: *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* N° 40, North-Holland, pp. 1-46.
- Bigio, S. y La'O, J. (2015), "Financial frictions in production networks". Disponible en: http://faculty.chicagobooth.edu/EmpiricalAssetPricing/pdf/FFPN_FinalDraft_f.pdf
- Blöchl, F., J. Theis, F. Vega Redondo y E. Fisher (2010), "Which sectors of a modern economy are most central?" En: *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". En *Physical Review* N° 83, pp. 046127 –28.
- Burlon, L. (2012), "How Do Aggregate Fluctuations Depend on the Network Structure of the Economy?" En: *Center for Research on Welfare Economics (CREB) Working Paper*, University of Barcelona.

- Carvalho, V. (2012), "Input-output networks. A survey". Disponible en: <http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/1/288501/080/deliverables/001-CRISISD31InputOutput.pdf>
- Cerina F. , Z. Zhu, A. Chessa y M. Riccaboni (2014), "World Input-Output Network". En: *IMT Lucca EIC Working Paper Series* N° 06.
- Conley, T.G. y B. Dupor (2003) "A spatial analysis of sectoral complementarity". En: *Journal of Political Economy* 111:311–352.
- Duernecker, G., M. Meyer y F. Vega-Redondo (2014), "The Network Origins of Economic Growth". En: Working Paper N° 14-06, University of Mannheim.
- Fuentes N. y S. Martinez Pellegrini (2003), "Identificación de clusters y fomento a la cooperación empresarial: el caso de Baja California". En: *Revista Momento Económico* N°25, México, pp. 39-57.
- Gabaix, X. (2011), "The granular origins of aggregate fluctuations". En: *Econometrica* N° 79, pp. 733-772.
- Javorcik, B.S. (2004), "Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages". En: *American Economic Review* N° 94, pp. 605–627.
- Hanson, G.H., R.J. Mataloni y M.J. Slaughter (2005), "Vertical production networks in multinational firms". En: *Review of Economic Statistics* N° 87, pp. 664–678.
- Harmon, D., B. Stacey, Y. Bar-Yam y Y. Bar-Yam (2009), "Networks of Economic Market Interdependence and Systemic Risk". Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1011.3707>.
- Hidalgo, C.A, B. Klinger, A.L. Barabási y R. Hausmann (2007), "The Product Space Conditions the Development of nations". En: *Science* N° 317, pp. 482-490.
- Kirman, A. (2010), "The economic crisis is a crisis for economic theory". En: *CESifo Economic Studies* N° 56, pp. 498-535.
- Levine, R. y Renelt, D. (1992), "A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions", En: *American Economic Review* Vol. 82, pp. 942-963.
- Mattila (2009), "The structure of policy networks: an analysis of political decision making network in Finland". Disponible en: <http://www.valt.helsinki.fi/staff/mmattila/workpape.htm>.

- McNerney, J., y A. Kryazhimskiy (2009), "Network properties of economic-input output networks". En: *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". En: *Economic Systems Research* N° 21, pp.129-149.
- Oberfield, E. (2014), "Business Networks, Production Chains, and Productivity: A Theory of Input-Output Architecture". En: *Working Paper 2011-12, Federal Reserve Bank of Chicago*.
- Rodrik, D. (2005), "Growth Strategies". En: Aghion, P. y S.N. Durlauf (Eds.) *Handbook of Economic Growth* N° 1, Part A , Escuela de Negocios de la Universidad de Örebro, Suecia. pp. 967-1014.
- Schiavo, S., J. Reyes y G. Fagiolo (2010), "International trade and financial integration: a weighted network analysis". En: *Quantitative Finance* N° 10, pp. 389-399.
- Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", En: *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, pp. 618-631.