

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador  
Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio  
Convocatoria 2017-2019

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

Una medición de sensibilidad de la red de comercio internacional en el período 1992-2015

Víctor Roberto Morales Oñate

Asesor: Wilson Pérez Oviedo

Lectores: Fernando Martín Mayoral y John Cajas-Guijarro

Quito, enero de 2020

## **Dedicatoria**

A Lupita y Bolívar, mis padres. A Stalin, Bolívar y Diego, mis hermanos. A mi familia, particularmente a CrisMa, que hoy brilla desde el infinito. De todos ellos recibí el obsequio de su existencia para levantar mi espíritu. Esta obra está impregnada con sus huellas.

El concepto fundamental en las ciencias sociales es el poder, en el mismo sentido en el que la energía es el concepto fundamental en la física... Las leyes de la dinámica social son leyes que solo pueden ser formuladas en términos de poder

Bertrand Russell

## Tabla de contenidos

<b>Resumen</b> .....	VIII
<b>Agradecimientos</b> .....	IX
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1</b> .....	3
Revisión de literatura .....	3
<b>Capítulo 2</b> .....	7
Metodología .....	7
1. Centralidad .....	7
1.1. Notación e indicadores de centralidad .....	7
2. Simulaciones en la red de comercio .....	9
2.1. La distribución empírica.....	9
2.2. Método de transformación inversa.....	9
2.3. Bootstrap .....	10
2.4. Bootstrap en la red de comercio .....	11
<b>Capítulo 3</b> .....	13
Resultados .....	13
1. Los datos .....	13
2. Aplicación: Centralidad en la Red de Comercio .....	15
2.1. Centralidad: Elasticidad $i$ .....	15
2.2. Centralidad: Eigen o Page Rank.....	18
2.3. Un visualizador global .....	19
<b>Capítulo 4</b> .....	21
Conclusiones .....	21
<b>Anexo 1</b> .....	23
1. Desde la web .....	23
2. Descarga de la aplicación, acceso sin conexión a internet.....	25
<b>Lista de referencias</b> .....	27

## Ilustraciones

### Figuras

Figura 1: Número de búsquedas. Palabras clave: international trade network y gravity trade.. 4 model.....	4
Figura 2: Número de búsquedas. Palabras clave: weighted directed graphs .....	6
Figura 3: Densidad empírica de las elasticidades país-país. Elasticidad observada (panel..... izquierdo) y transformación logarítmica (panel derecho) .....	13
Figura 4: Distribuciones de probabilidad de las elasticidades de Estados Unidos (USA) y... Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Indicador:..... elasticidad $e_{ij}$ .....	16
Figura 5 Serie de tiempo de la elasticidad $i$ de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU)... en el período 1992-2015. Indicador: elasticidad $i$ .....	17
Figura 6: Distribuciones de probabilidad de las elasticidades de Estados Unidos (USA) y... Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Indicador:..... elasticidad $e_{ij}$ .....	18
Figura 7 Serie de tiempo de la elasticidad $i$ de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU)... en los años 1992-2015. Indicador: centralidad eigen o page rank .....	19
Figura 8: salida de la aplicación “Centralidad de la red de comercio” .....	23
Figura 9: salida de la opción “Mostrar valores del gráfico” .....	25
Figura 10: Consola del software R.....	25

### Tablas

Tabla 1: Prueba de Kruskal-Wallis para el logaritmo de la elasticidad en el período..... 1992- 2015. Elaboración: autor.....	14
---	----

## **Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis**

Yo, Víctor Roberto Morales Oñate, autor de la tesis titulada “Una medición de sensibilidad de la red de comercio internacional en el período 1992-2015” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

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

Quito, diciembre de 2019



---

Víctor Roberto Morales Oñate

## Resumen

Este trabajo de investigación propone una metodología para construir distribuciones de probabilidad de una red ponderada y dirigida representada por una matriz. En particular, el análisis se centra en una matriz de elasticidades de la red de comercio internacional de 134 países en el período 1992-2015. Constituye un aporte a las herramientas metodológicas para la investigación económica de la red de comercio internacional. Se cambia la perspectiva de determinística a estocástica y así llegar a conclusiones más robustas en cuanto a los indicadores de centralidad derivados de las redes de comercio.

La metodología se sustenta en la técnica de remuestreo *bootstrap* y la transformación inversa para la generación de números pseudo aleatorios de modo que se pueda obtener réplicas de la matriz de elasticidades inicial. Se ha aplicado la propuesta metodológica sobre la matriz de elasticidades del comercio internacional en cada año y se ha construido exitosamente las distribuciones de probabilidad de cada país. Esto permite el análisis de sensibilidad de la red de comercio mediante la comparación estadística de las elasticidades entre países de la red de comercio para un año fijo. Asimismo, se calculan indicadores de centralidad sobre las réplicas de la matriz de elasticidades. Esto habilita el cálculo de intervalos de confianza de la serie de tiempo de los indicadores de centralidad y evaluar su volatilidad a través del tiempo.

Finalmente, como producto de este trabajo se pone disponible en la web una aplicación que recoge los resultados de todo el proyecto de investigación para que sea usada como una herramienta de análisis para investigadores interesados en este tema.

## **Agradecimientos**

La guía y colaboración de Wilson Pérez-Oviedo y John Cajas-Guijarro han sido invaluable en el desarrollo del presente trabajo. No imagino esta experiencia académica sin su apoyo, mi agradecimiento eterno.

Agradezco también al Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio y a la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales por el apoyo financiero y administrativo, por su excelencia académica y la oportunidad de ser parte de este prestigioso programa.



## Introducción

Las relaciones comerciales entre países o comunidades son tan antiguas como la humanidad misma. Su análisis ha sido de interés para autoridades en la economía como Ricardo o Smith. Hoy, con la ayuda de sistemas de recolección de datos avanzados, se admite tener acceso a información detallada de las transacciones internacionales. El Banco Mundial, por ejemplo, ha construido visores de información de comercio internacional y mantiene sus datos actualizados con su proyecto Solución Comercial Integrada - WITS por sus siglas en inglés (Manole 2005, 541-548). Pero ¿cuánto provecho se ha obtenido de esta gran cantidad de datos? o, como se preguntan Davis y Weinstein 2001, ¿cuál es el rol de la empírea en el comercio internacional? Estos autores invitan a un análisis empírico para descubrir este campo de estudio.

La teoría nítida y lúcida siempre jugará un papel central en el campo. Pero esto debe complementarse con un encuentro serio con los datos... Es hora de que cada economista de comercio internacional acepte el desafío de hacer del análisis empírico una característica central de nuestro trabajo y diálogo. Tenemos un mundo por descubrir. (David 2001, 30)

Pese a que la literatura sostiene que los indicadores macroeconómicos están plagados de supuestos y errores de medición (Chang 2018, 2), es común tomar estas mediciones como deterministas al momento de analizar su evolución. Una excepción notable es cuando se realizan predicciones del Producto Interno Bruto, que suelen estar acompañadas de intervalos de confianza de la predicción. Pero esta no es la regla, y los indicadores de comercio exterior también suelen tomarse como medidas determinísticas no sujetas a errores cuantificados y explícitos.

Este trabajo se alinea con la sugerencia de Davis y Weinstein 2001 y ofrece una herramienta que contribuye al análisis empírico de la red de comercio internacional desde una perspectiva de redes. Esto permite llegar a conclusiones más robustas de lo que se apreciaría si tan solo se supone como deterministas a los indicadores de comercio internacional. Por ejemplo, para el 2010, un indicador de centralidad para Ecuador es de -5.03, mientras que para Colombia es -5.25. Si se mira este resultado desde una perspectiva determinista, la conclusión sería que Ecuador es más central que Colombia en la red para este año. No obstante, usando la metodología propuesta, sus intervalos de confianza son (-5.20,-4.86) y (-5.42,-5.08)

respectivamente. Es decir, existe traslape en la cota inferior del intervalo de confianza de Ecuador. Al tomar en cuenta el traslape, la conclusión no es la misma, sino que la aparente mejor posición de centralidad de Ecuador no es concluyente y su posicionamiento puede deberse a otros factores económicos y/o no económicos.

Otro ejemplo que muestra las bondades de esta metodología es la comparación de Ecuador y Brasil para el año 2011. Aquí sus intervalos de confianza son (-5.46, -5.11) y (-5.82,-5.48) respectivamente. La ausencia de traslape permite concluir con más confianza que Ecuador es más central que Brasil en este año. Es en este sentido que se incorpora mayor robustez a las conclusiones de los indicadores de centralidad en la red de comercio internacional.

Este proyecto aporta evidencia para la confirmación de la siguiente hipótesis: la implementación de métodos aleatorios en la medición de la red de comercio internacional agrega robustez a las interpretaciones de sus indicadores de centralidad. Para lograr el objetivo propuesto, el capítulo 1 revisa literatura del análisis de redes de comercio internacional para mostrar el creciente interés en el campo. El capítulo 2 muestra la metodología para construir réplicas de la red de comercio basado en la técnica de remuestreo *bootstrap* y la transformación inversa para la generación de números pseudo aleatorios. El capítulo 3 realiza un análisis descriptivo de la red de comercio y presenta los resultados de la aplicación metodológica. Se centra en la comparación de dos países y dos años para ejemplificar la potencialidad de los análisis que pueden realizar investigadores a través de la herramienta que se ha puesto disponible en la web.

## Capítulo 1

### Revisión de literatura

Helpman y Krugman (1985, 247-255) desarrollan un trabajo seminal en el estudio del comercio internacional como un proceso dinámico. La red de contactos que se forma en la red de comercio se refleja en los flujos comerciales, sean estos flujos de exportaciones o de importaciones. Por un lado, los países buscan nuevos socios comerciales, pero, por otro lado, aprovechan sus contactos actuales para realizar nuevas transacciones.

Chaney (2014, 1-5) profundiza en este tipo de análisis y caracteriza la formación dinámica de la red de exportadores usando datos de las firmas exportadoras de Francia en el período 1986-1992. Basándose en el trabajo de Rauch (1999, 7-35), Baskaran (2011, 135-145) estudian si los diferenciales de producción (aquello en lo que los países son más especializados) tienen cambios en el período 1980-2000.

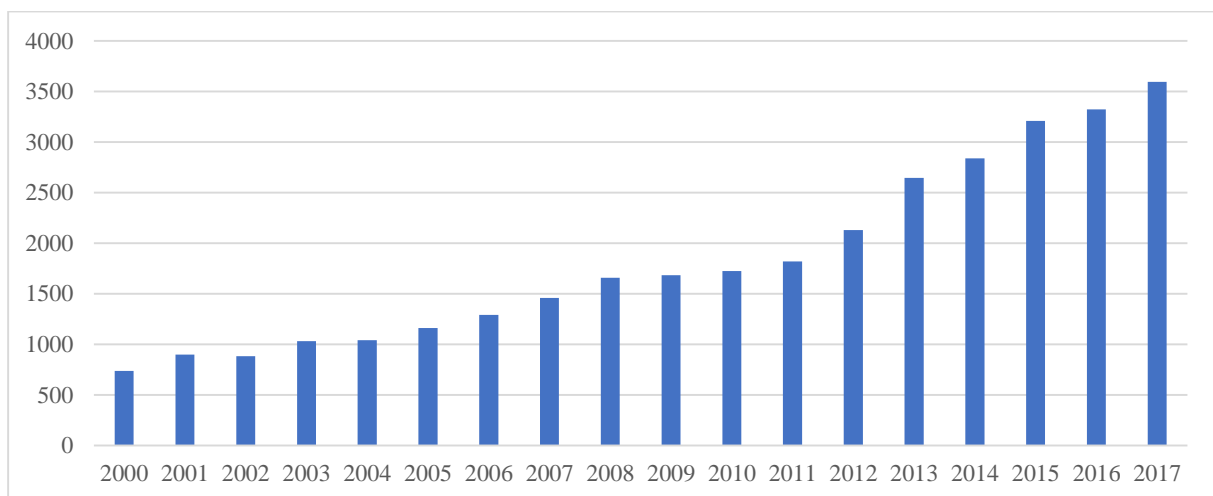
En cada uno de sus respectivos períodos de estudio, los trabajos citados toman los valores de los flujos como “datos”. Es decir, para establecer si el flujo comercial de un país ha cambiado en el tiempo, basta acudir a la cifra reportada en sus estadísticas comerciales. Sin embargo, las cifras macroeconómicas están llenas de ruido. Por lo tanto, cabe preguntarse si se puede establecer algún método para determinar si existen diferencias significativas (desde un punto de vista estadístico) tanto desde un corte transversal como en los cambios temporales del flujo. Dar respuesta a esta pregunta permite un estudio de los flujos comerciales más adecuado desde una perspectiva descriptiva e inferencial.

El comercio internacional puede ser analizado desde varias perspectivas que varían desde un enfoque de leyes y tratados que norman las relaciones bilaterales y multilaterales (Gervais 1998, 12-28), hasta propuestas de análisis a través de modelos. Por ejemplo, los modelos de gravitación han sido ampliamente utilizados en la literatura de comercio internacional. Estos modelos se utilizan para explicar los flujos bilaterales relacionados con los tamaños de los socios, una medida de la distancia entre ellos y otras influencias sobre los costos de interacción (Bergstrand 1985, 474-481; Mátyás 1997, 363-368; Van Bergeijk y Brakman 2010, 165-224). De hecho, este tipo de modelos pueden ser parte de la explicación del ruido que acompañan las cifras de comercio internacional. Los flujos comerciales podrían depender del ingreso de los países, y este depender de aspectos aleatorios como shocks tecnológicos o

de preferencias. El alcance de esta metodología no llega a determinar una causa última de la aleatoriedad de las cifras de comercio internacional, pero no tener en cuenta su presencia puede generar conclusiones engañosas.

El estudio de las redes de comercio no se detiene en su descripción o en la búsqueda de sus determinantes. Por ejemplo, De Lombaerde (2018, 499-510) usa las aplicaciones de redes en economía y en redes de comercio para estudiar la globalización como un fenómeno complejo de un sistema global. Los flujos de comercio entre los diferentes países constituyen en sí mismo una red, por lo que se puede encontrar en la literatura, además de las referencias comentadas, numerosos aportes que analizan la red de comercio mediante teoría de redes. Por ejemplo, usando las referencias *international trade network* y *gravity trade model*, la Figura 1 muestra el número de búsquedas anuales en la base de datos de *ScienceDirect*.

Figura 1: Número de búsquedas. Palabras clave: international trade network y gravity trade model



Fuente: ScienceDirect. Corte: 9 de julio de 2018.

Esto evidencia el creciente interés de la red de comercio internacional usando teoría de redes. El análisis de redes puede ser orientado, al menos, de tres diferentes formas: caracterización, modelización e inferencia y procesos estocásticos de redes. Asimismo, en cuanto a la caracterización, una red puede ser estudiada desde varias perspectivas. Por ejemplo, a través de la caracterización de nodos, links, subgrafos o particiones de la red (Kolaczyk y Csárdi 2014, 43-67).

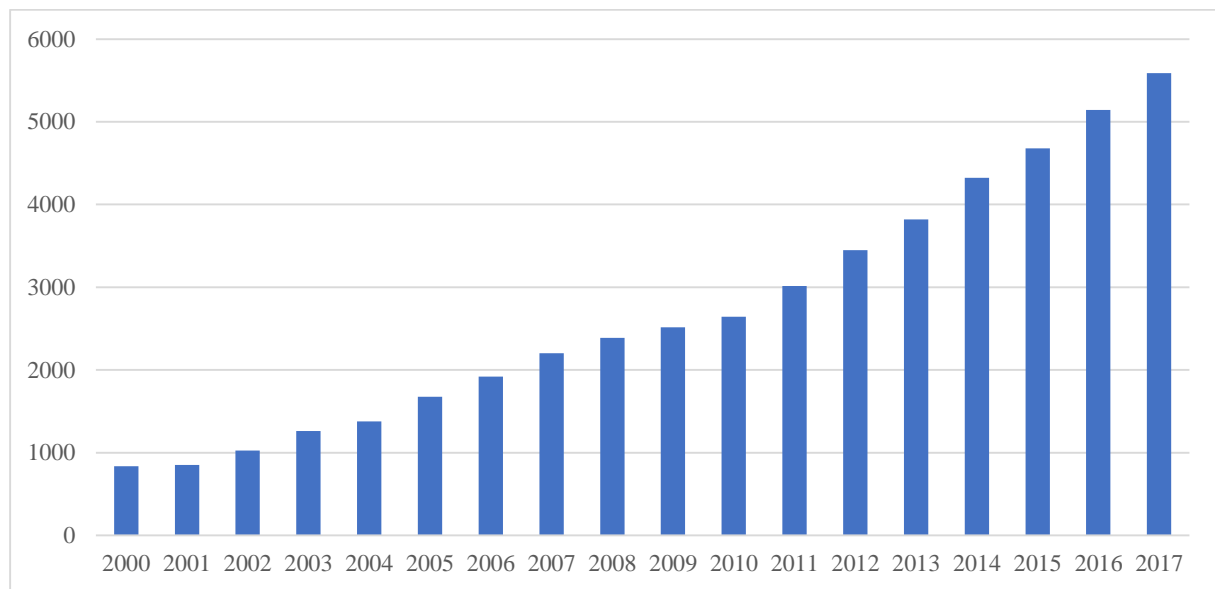
Trabajos como el de Muñiz, Salomé y Solís Arias (2014, 151-180) y Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174) realizan mediciones de centralidad de redes de comercio. En el

primer caso, se analiza las cadenas globales de comercio con énfasis en la dinámica centro-periferia basado en la teoría de redes. Las variables que permiten realizar la estimación de su modelo se basan en la centralidad de los países, así como de los flujos comerciales que sostienen. Ambas investigaciones usan indicadores tradicionales, así como propuestas propias que mejoran la apreciación económica de la centralidad.

En particular, la innovación que se presenta en Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174) y Pérez-Oviedo, Cajas-Guijarro y Vallejo (2017, 121-145) se relaciona al estudio de una red como un grafo dirigido y ponderado. En el primer caso, la metodología identifica los países más influyentes de la red, sugiere estructuras de centro-periferia y la concentración que mantienen pocos países de la red. En segundo trabajo, el enfoque económico de los autores sostiene que el aumento en las exportaciones genera un aumento en la demanda agregada de los países, lo que lleva a un aumento de las importaciones de un país y las exportaciones de otro, proceso que se puede apreciar como un efecto cadena.

Otra forma de tener en cuenta la aleatoriedad en la red de comercio es a través de la postulación de modelos multivariantes o de regresión múltiple (Starnini Michele y Boguñá 2019, 2-8). Los modelos planteados recogen un shock exógeno en los ruidos (generalmente asumidos gaussianos), pero no reflejan la aleatoriedad implícita en la medición misma de las variables que participan del modelo. El asumir las medidas de centralidad como variables aleatorias en la red de comercio visto como un grafo, abre nuevas perspectivas de análisis tanto desde el lado descriptivo como de modelización. En este sentido, para evidenciar el interés en el estudio de este tipo de grafos, la Figura 2 muestra la evolución del número de publicaciones con relación a los temas mencionados.

Figura 2. Número de búsquedas. Palabras clave: weighted directed graphs



Fuente: ScienceDirect. Corte: 21 de agosto de 2018.

Áreas como imágenes neuronales, investigación de operaciones, reconocimiento de patrones y matemáticas discretas han sido los campos de mayor desarrollo teórico y aplicado de los grafos ponderados y dirigidos. No obstante, el propósito de este trabajo es robustecer este tipo de iniciativas ofreciendo un marco que permita establecer si existe (o no) diferencias significativas en las medidas de centralidad.

Históricamente la centralidad de los países cambia en función de varios determinantes. No solo debido a su vinculación en la OMC o a firmas de tratados bilaterales sino a la incorporación de tecnologías o cambios estructurales de la economía. En particular, muchos le atribuyen buena parte del crecimiento de Estados Unidos al cambio en la frontera tecnológica o la “nueva economía” que tuvo lugar principalmente en este país (Pérez-Oviedo, Cajas-Guijarro y María 2017, 121-145). Es decir, al no tener una causalidad determinística en la estimación de la centralidad de los países, mirar sus cifras con un grado de confianza asociado resulta más adecuado.

## Capítulo 2

### Metodología

Antes de desplegar la metodología que guía el presente trabajo, es preciso revisar conceptos previos que pongan en contexto la aplicación.

#### 1. Centralidad

Según Freeman (1978, 217), “no hay unanimidad sobre qué es exactamente la centralidad o sobre sus fundamentos conceptuales, y hay poco acuerdo sobre el procedimiento adecuado para su medición”. No obstante, indicadores de centralidad como *degree*, *closeness* y *betweenness*, son considerados “tradicionales” en la literatura de análisis de redes. Son indicadores que miden la cercanía respecto a sus vecinos o algún tipo de variante en el mismo espíritu. Sin embargo, propuestas de centralidad para grafos dirigidos como la centralidad de vectores propios (*pagerank* en su versión para redes dirigidas) y la elasticidad país-país propuesta en Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174) son medidas de centralidad más apropiadas para el análisis de la red de comercio internacional por su cualidad de ser ponderadas y dirigidas.

##### 1.1. Notación e indicadores de centralidad

Una red de comercio puede ser considerada como un dígrafo (grafo dirigido)  $G = (V, E)$ , donde  $V$  es un conjunto de vértices o nodos y  $E$  un conjunto de aristas o *links*. Por ejemplo, cada uno de los países de la red de comercio corresponde a los nodos y los flujos de comercio a los *links*. Los elementos de  $E$  son parejas no ordenadas  $u, v$  de vértices distintos que pertenecen a  $V$ .  $|N_v| = |V|$  denota el número de nodos y representa el orden del grafo;  $|N_e| = |E|$  denota el número de links y es el tamaño del grafo. En la aplicación de este trabajo,  $|N_v| = 134$  y  $|N_e| = 134 \times 134 = 17956$ .

Una forma de caracterizar un grafo es a través de sus nodos, particularmente a través de la idea de centralidad. A continuación, se comenta brevemente los indicadores analizados en este trabajo (Kolaczyk y Csárdi 2014, 43-67):

- *Vector propio*: este tipo de medida se basa en la idea de que la centralidad de los vecinos le es *heredada* al nodo objetivo. Se muestra en seguida una propuesta de este tipo de medidas de centralidad (Bonacich 1972, 1170-1182):

$$c_{E_i}(v) = \alpha \sum_{\{u,v\} \in E} c_{E_i}(u_i)$$

donde el vector  $\mathbf{c}_{E_i} = (c_{E_i}(1), \dots, c_{E_i}(N_v))^T$  es la solución al problema de valores propios  $\mathbf{A}\mathbf{c}_{E_i} = \alpha^{-1}\mathbf{c}_{E_i}$ , donde  $\mathbf{A}$  es la matriz de adyacencia de la red  $G$ .

El indicador de centralidad *pagerank* es una extensión de la de vectores propios. Para su cálculo:

- Cuando un nodo  $i$  no tiene un link de salida, se añade un lazo a sí mismo tal que  $k_i^{in} = k_i^{out} = 1$ . Por lo tanto,  $A_{ii} = 1$  para estos nodos en la matriz de adyacencia.
  - Sea  $D$  una matriz diagonal del grado de salida del nodo donde cada elemento es  $D_{ii} = k_i$ .
  - Defina la matriz  $N = AD^{-1}$ . La centralidad es el vector propio que explique la mayor variabilidad de la matriz  $N$ .
- *Elasticidad país-país*: La propuesta en Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174) supone una propensión marginal a importar, así como una determinada estructura comercial dada por la red. En términos matriciales, el indicador denominado *elasticidad país-país* está dado por

$$E = YM(I - MA)^{-1}Y^{-1}$$

Donde  $E = [e_{ij}]_{i,j=1,\dots,N}$  es una matriz de elasticidades que estima el cambio porcentual que se da en el ingreso de un país  $j$  cuando se cambia en un punto porcentual el ingreso de un país  $i$ .  $Y$  es una matriz diagonal que contiene el *PIB* de cada país,  $M$  es una matriz diagonal que recoge la propensión marginal a importar de cada país y  $A$  es la matriz  $N \times N$  de flujos país-país. A partir de la matriz  $E$  es posible calcular la media de  $e_{ij}$  ponderada por la participación de cada país en la producción mundial:

$$e_i = \frac{\sum_{j \neq i} e_{ij} Y_j}{\sum_{j \neq i} Y_j}$$



donde  $e_i$  denota la centralidad de cada país. También es posible calcular el efecto del resto del mundo sobre el país  $j$ :

$$e_{.j} = \frac{\sum_{j \neq i} e_{ij} Y_i}{\sum_{j \neq i} Y_i}$$

donde  $e_{.j}$  estima la dependencia de un país frente a un shock del resto de países.

## 2. Simulaciones en la red de comercio

Esta sección muestra la metodología usada para la generación de la distribución de probabilidad de los indicadores de centralidad. Esta propuesta está dividida en tres etapas. i) estimación de la función de distribución acumulativa empírica (ECDF en por sus siglas en inglés). ii) generación de números aleatorios usando el método de transformación inversa. iii) estimación de 1000 réplicas de la matriz original de flujos para la estimación de la ECDF de cada país.

### 2.1. La distribución empírica

La función de distribución acumulativa empírica o ecdf denotada por  $\hat{F}(\cdot)$  de una muestra aleatoria asigna una probabilidad  $\frac{1}{n}$  a cada valor  $X_i$  con  $i = 1, \dots, n$ :

$$\hat{F}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mathbb{I}(X_i \leq x)$$

donde  $\mathbb{I}(\cdot)$  es la función indicatriz (Robert y Casella 2015, 85).

En el caso de la red de comercio, la ECDF es estimada a partir de la matriz de elasticidades de cada año del período analizado.

### 2.2. Método de transformación inversa

El método de transformación inversa es utilizado para generar pseudo-números aleatorios que se ajusten a una distribución de probabilidad definida a priori. Más formalmente, sea  $X$  una variable aleatoria con función de distribución acumulada  $F_X(x)$ .  $F_X(x)$  es no decreciente y su inversa  $F_X^{-1}(x)$  puede ser definida en cualquier valor entre 0 y 1. El algoritmo para generar números aleatorios con distribución  $X$  es (Rubinstein y Kroese 2016, 51-55):

- Generar números aleatorios  $U$  con distribución uniforme entre 0 y 1

- Calcular  $F_X^{-1}(U)$  que siguen una distribución  $X$

### 2.3. Bootstrap

La técnica de remuestreo *bootstrap* fue introducida por Efron (1979, 1-26), en su trabajo seminal *Bootstrap methods: Another look at the jackknife*. Es un método computacionalmente intensivo, sin supuestos estructurales estrictos en el proceso aleatorio subyacente que genera los datos. Se usa para obtener aproximaciones de la distribución de un estimador, del sesgo, la varianza, error estándar e intervalos de confianza. Se define a continuación el “principio” bootstrap: Recrear la relación entre la población y la muestra, considerando la muestra como un epítome de la población subyacente, y por remuestreo de ella (adecuadamente), generar la muestra bootstrap, que sirve como un análogo de la muestra dada (Efron 1979, 1-26).

Si el mecanismo de remuestreo se elige apropiadamente, entonces se espera que el remuestreo, junto con la muestra en cuestión, reflejen la relación original entre la población y la muestra. La ventaja es que ahora se puede evitar el problema de tener que lidiar con la población, y en su lugar, se utilice la muestra y los remuestreos, para abordar cuestiones de inferencia estadística con respecto a las cantidades desconocidas de la población. El principio de bootstrap aborda el problema de no tener un conocimiento completo de la población, para hacer inferencia acerca del estimador  $\hat{\theta}$ , esquemáticamente:

- El primer paso consiste en la construcción de un estimador de  $F(\hat{F})$  desde las observaciones disponibles  $X_1, \dots, X_n$ , el cual proporciona una imagen representativa de la población.
- El siguiente paso consiste en la generación de variables aleatorias  $X_1^*, \dots, X_n^*$  del estimador  $\hat{F}$  (condicionada a las observaciones  $\mathcal{X}_n$ ), el cual cumple el rol de la muestra para la versión bootstrap del problema original.

Por lo tanto, la versión bootstrap del estimador  $\hat{\theta}$  basado en la muestra original  $X_1, \dots, X_n$  está dada por  $\hat{\theta}^*$ , obtenido mediante la sustitución de  $X_1, \dots, X_n$  por  $X_1^*, \dots, X_n^*$ . A continuación se presentan los distintos tipos de bootstrap así como el método *plug-in*:

- **Bootstrap paramétrico:** Si se supone que  $F$  pertenece a un modelo paramétrico  $\{F_\theta: \theta \in \Theta\}$ , entonces,  $F = F_{\hat{\theta}}$ , donde  $\hat{\theta}$  es un estimador de  $\theta$ .
- **Bootstrap no paramétrico:** Si no se hace ninguna hipótesis sobre  $F$ , entonces,  $\hat{F} = \hat{F}_n$  donde  $\hat{F}_n$ , es la función de distribución empírica.
- **Bootstrap suavizado:** En lugar de estimar  $F$ , se supone que existe la función de densidad  $f$  y se estima esta densidad mediante un estimador no paramétrico  $\hat{f}$ .
- **Método plug-in:** Si se desea estimar una cantidad  $\theta = T(F)$ , que depende de la función de distribución  $F$  de los datos, el método *plug-in* (o sustitución),
 
$$\hat{\theta} = T(\hat{F}_n),$$
 donde  $F$  es sustituido por la función de distribución empírica  $\hat{F}_n$ .

Finalmente, se presentan los pasos del algoritmo:

1. Generar  $B$  muestras bootstrap independientes  $\mathbf{X}_1^{*1}, \dots, \mathbf{X}_n^{*B}$ ; cada una con  $n$  valores extraídos con reemplazo, de la muestra original  $\mathbf{X}_n$ .
2. Evaluar el estadístico deseado en cada muestra bootstrap,

$$\hat{\theta}(b) = T(\mathbf{X}^{*b}), b = 1, \dots, B.$$

Al tener  $B$  estimadores  $\hat{\theta}$ , el investigador puede proceder a analizarlo mediante técnicas estadísticas tradicionales.

#### 2.4. Bootstrap en la red de comercio

Esta sección describe la estrategia de simulación para obtener réplicas bootstrap a partir de una matriz aleatoria de entrada cualquiera. Específicamente, en este trabajo se toma la matriz de elasticidades obtenidas en Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174) como entrada. Sea  $Z$  una matriz de flujos representada por:

$$Z = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \cdots & \alpha_{nn} \end{pmatrix}$$

donde  $n$  es el número de países.  $Z$  es una matriz cuadrada no simétrica que describe los flujos  $\alpha_{ij}$  entre países. El término flujo denota un valor en genérico que puede ser considerado como, por ejemplo, flujos de dinero, volumen, elasticidades, entre otras. La matriz de flujos observada  $Z$  ofrece un insumo para el cálculo de indicadores de centralidad. El objetivo es obtener *réplicas* de  $\alpha_{ij}$  de tal modo que se pueda obtener varias estimaciones de indicadores de centralidad (ver sección 1.1) y así calcular sus distribuciones de probabilidad. Se considera el elemento  $\alpha_{ij}$  como una variable aleatoria que habilita la formulación de un modelo estocástico tal que  $\hat{\alpha}_{ij}$  pueda ser estimado. La ecuación ( 1 ) es la representación poblacional del problema y la ecuación ( 2 ) es su equivalente empírico muestral.

$$\alpha_{ij} \sim F(X) \quad ( 1 )$$

$$\hat{\alpha}_{ij} \sim \hat{F}(X) \quad ( 2 )$$

Es decir, con este procedimiento se ha establecido la ECDF de  $\hat{\alpha}_{ij}$  basado en los datos observados en  $Z$ . Ahora, usando el método de transformación inversa, es posible obtener réplicas de  $\hat{\alpha}_{ij}$  (notadas por  $\tilde{\alpha}_{ij}$ ) con lo que se puede reconstruir réplicas de  $Z$  (notadas por  $\tilde{Z}$ ).

De este modo, cada nueva realización de  $\hat{F}(\cdot)$  genera réplicas  $\tilde{\alpha}_{ij}$  a partir de las cuales se obtienen nuevas estimaciones de los indicadores de centralidad sobre cada matriz  $\tilde{Z}$ .

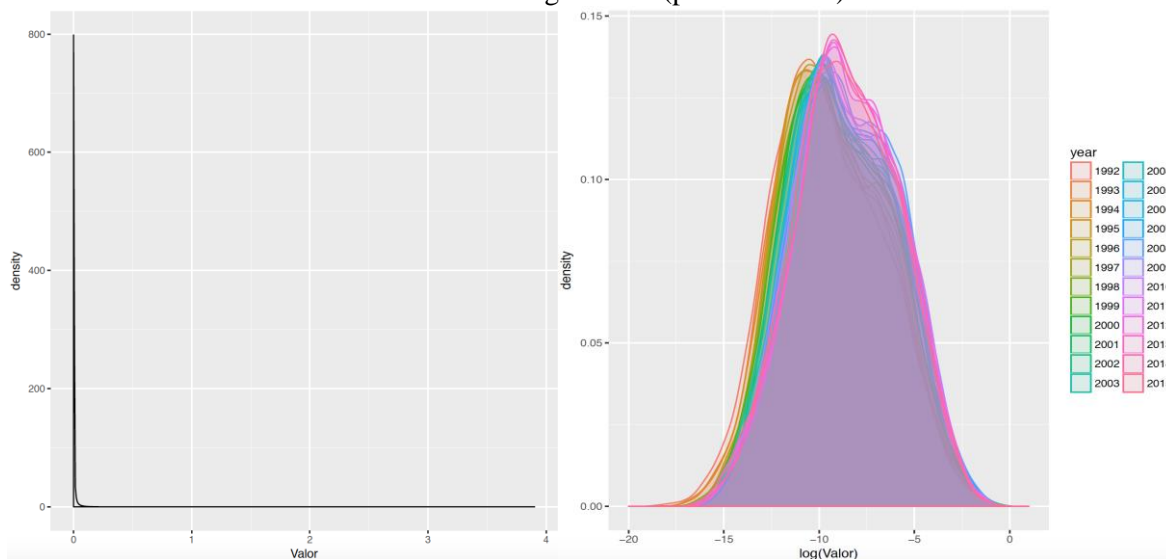
## Capítulo 3

### Resultados

#### 1. Los datos

El análisis parte de los resultados obtenidos en Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro (2018, 146-174), una matriz de elasticidades para cada año del período 1992-2015. La matriz tiene dimensión  $134 \times 134$ , que indica que se tiene información elasticidades 134 países. El rango de la elasticidad se encuentra en el intervalo de 0 a 3.9 para todo el período y, como se puede apreciar en la Figura 3 (panel izquierdo), su distribución es marcadamente asimétrica. Por lo tanto, se realiza un gráfico de la densidad empírica del logaritmo de la elasticidad para cada año (Figura 3, panel derecho).

Figura 3: Densidad empírica de las elasticidades país-país. Elasticidad observada (panel izquierdo) y transformación logarítmica (panel derecho)



Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Contrariamente al comportamiento de la variable en niveles o elasticidad observada, la figura 4 mejora la visualización de mediante la transformación logarítmica de la elasticidad. También aprecia que no se debe asumir una distribución normal si se desea analizar los datos desde un punto de vista paramétrico. De hecho, en vista de este comportamiento de las elasticidades, se usa la distribución de su logaritmo para aplicar el procedimiento descrito en la sección metodológica. Además, se tiene que la media de la distribución crece, siendo  $-9.5039$  en 1992 y  $-8.5904$  en el 2015.

Una forma de explorar dichas diferencias puede ser a través de diferentes ventanas de tiempo dentro del período analizado. Por ejemplo, el período 1992-1996 parece tener una media por debajo del período 2011-2015.

Con el objetivo de responder más apropiadamente a las anotaciones precedentes se han realizado pruebas de Kruskal-Wallis (KW) (Hollander, Wolfe y Chicken 2014, 115-135), para todo el período, indicando que si se rechaza la hipótesis nula se trataría de poblaciones diferentes y la variable analizada cambia durante el período analizado. Bajo este razonamiento, la Tabla 1 presenta los p-valores (en verde) de la prueba KW realizada para cada pareja de años donde no se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 1: Prueba de Kruskal-Wallis para el logaritmo de la elasticidad en el período 1992-2015.

Años	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1992																										
1993			0.17																							
1994		0.17																								
1995																										
1996																										
1997							0.44	0.97																		
1998						0.44		0.46																		
1999						0.97	0.46																			
2000									0.84	0.12	0.84															
2001									0.84	0.08	0.67															
2002									0.12	0.08		0.17														
2003									0.84	0.67	0.17															
2004																										
2005																	0.06	0.47	0.08						0.14	
2006																0.14										0.41
2007																										
2008																										
2009																						0.39	0.39	0.19		
2010											0.06	0.47	0.59													0.79
2011																										
2012																	0.39	0.39			0.09	0.09	0.65	0.25		
2013																	0.19				0.09	0.65	0.48			
2014																						0.25	0.48			
2015															0.14	0.41								0.79		

Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Por ejemplo, de la Tabla 1 se puede deducir que entre 1993 y 1994 no existen diferencias significativas entre la distribución del logaritmo de las elasticidades. Lo que en términos económicos puede implicar que la estructura de la red de elasticidades no se ha visto afectada. Otra forma de apreciar la tabla es a través de los años faltantes. Es decir, al no aparecer una comparación entre 2014 y 2015, nos muestra que entre ese par de años si existen diferencias significativas, lo cual es un indicativo de que la estructura de la red del logaritmo de las elasticidades pudo haber cambiado.

Se ha establecido que la elasticidad analizada es una variable asimétrica y que es apropiada una transformación logarítmica para acceder a su mejor entendimiento. Los valores, mínimo,

media, mediana y máximo de la elasticidad transformada para todo el periodo son:  $-19.14$ ,  $-8.78$ ,  $-8.92$  y  $1.36$ . Estos valores, y las densidades empíricas de la Figura 3, muestran que la transformación puede considerarse como aproximadamente simétrica. De hecho, esta simetría alcanzada debido a la transformación logarítmica se ve reflejada en las figuras de distribuciones de probabilidad y de series de tiempo para los distintos indicadores de centralidad calculados (ver figuras 4,5,6 y 7).

Claramente, la descripción hasta ahora presentada puede ser enriquecida si se estiman las distribuciones de probabilidad de las elasticidades de los países durante el período de estudio. Este procedimiento es parte de los resultados del presente trabajo y se presenta en la siguiente sección.

## **2. Aplicación: Centralidad en la Red de Comercio**

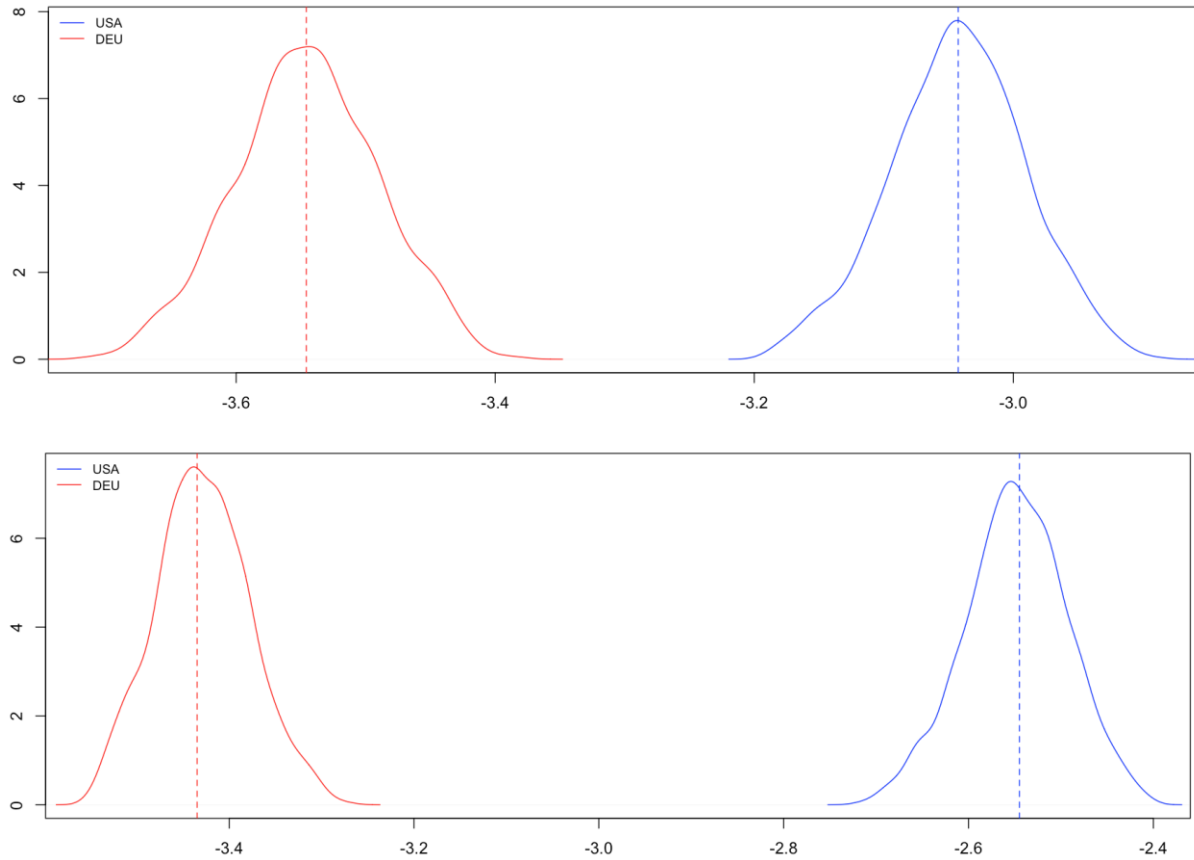
Como resultado de la metodología propuesta se han obtenido réplicas de cada entrada de la matriz de elasticidad país-país. Esto permite la construcción de distribuciones de probabilidad de cada elasticidad. Con estos resultados se procede a calcular los siguientes indicadores de centralidad:

- Eigen: centralidad de vector propio o *page rank*. Este tipo de medida se basa en la idea de que la centralidad de los vecinos le es heredada al nodo objetivo.
- Elasticidad: Supone una propensión marginal a importar, así como una determinada estructura comercial dada por la red.
  - Elasticidad  $i$ : Efecto promedio que tiene el incremento de 1% en el ingreso del país  $i$  sobre un país del resto del mundo.

### **2.1. Centralidad: Elasticidad $i$**

La Figura 4 muestra los resultados de la comparación distribucional para Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Se puede apreciar que no existe un traslape en las distribuciones de 1992 ni de 2015. No obstante, se tiene que la distancia de sus promedios se aleja en 2015. Además, el promedio de la elasticidad de Alemania es menor en el 2015 respecto a 1992. El caso opuesto sucede en Estados Unidos, pues su elasticidad es ligeramente mayor en el 2015 de lo que fue en 1992.

Figura 4: Distribuciones de probabilidad de las elasticidades de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Indicador: elasticidad  $e_{ij}$ .

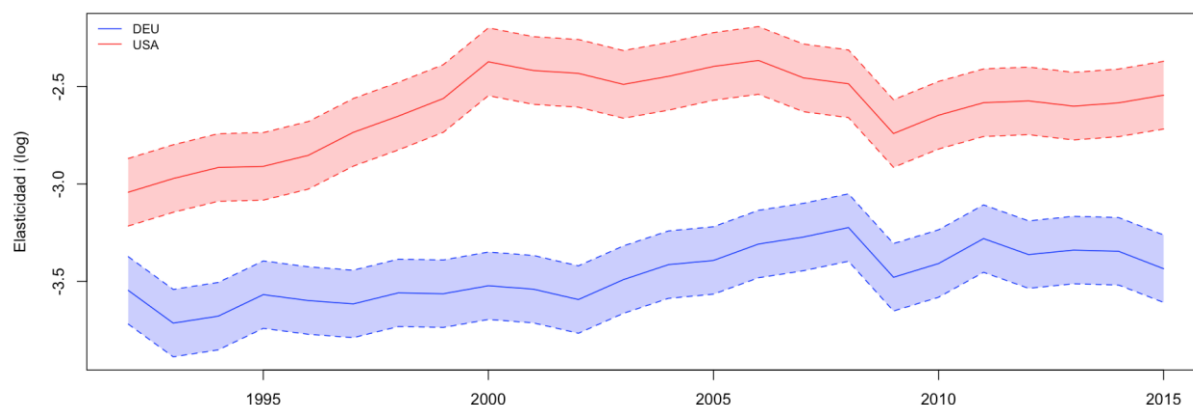


Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Otra forma de explotar analíticamente los resultados obtenidos es mediante una perspectiva temporal. Se puede obtener la centralidad de cada país incluyendo su desviación estándar para evaluar la volatilidad de la centralidad en el tiempo. Para esto se establecen intervalos de confianza de las estimaciones en cada instante temporal, la Figura 5 presenta este enfoque.



Figura 5 Serie de tiempo de la elasticidad  $i$  de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en el período 1992-2015. Indicador: elasticidad  $i$



Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Ambas centralidades tienen una tendencia positiva en términos generales. Cabe notar que los tamaños de las bandas lucen similares en todo el período. Esto se debe a que bajo la transformación logarítmica los cambios en el indicador original no son tan apreciables, pero siguen mostrando tendencias de la ventana de tiempo. Por ejemplo, entre 1992 y 1993 la banda superior para Estados Unidos es de -2.87 y -2.80 respectivamente en escala logarítmica. Esto corresponde a una tasa de crecimiento de 2 puntos en esa escala, y de 7 puntos en escala de la variable original. Este efecto también se puede apreciar en la figura 7.

Entre el año 1992 y el año 2000 el crecimiento de la centralidad de Estados Unidos es más pronunciado que la centralidad de Alemania. Entre el 2000 y el 2008 sucede un comportamiento contrario. Esto puede deberse a que en el 2000 el mundo enfrentó la crisis *dotcom* y en el 2008 la crisis *subprime* (Galariotis, Rong y Spyrou 2015, 589-598). Con este supuesto, puede apreciarse que las crisis financieras internacionales afectan la centralidad de los países analizados. Sin el uso de la metodología propuesta, la centralidad de la elasticidad- $i$  de Estados Unidos es 0.093 y 0.083 para los años 2000 y 2008 respectivamente.<sup>1</sup> Al usar la metodología, las cotas inferior y superior de las estimaciones para la centralidad elasticidad  $i$  son 0.078 y 0.111 en el 2000 y 0.070 0.099 en el 2008. Esto significa que, si tomamos en

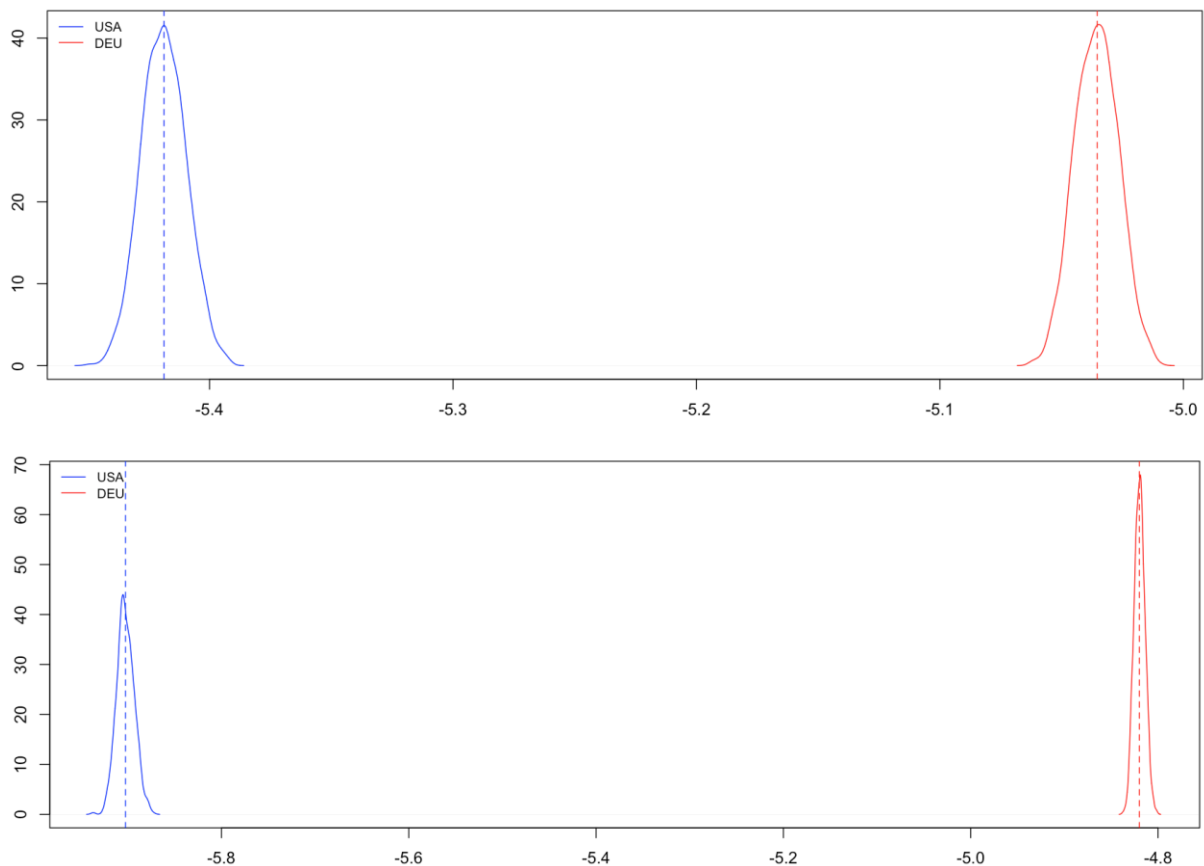
<sup>1</sup> Los valores 0.093 y 0.083 corresponden a la escala original, las estimaciones en escala logarítmica son respectivamente -2.37 y -2.49.

cuenta los intervalos de confianza, el aumento en la centralidad de Estados Unidos para el 2008 es cuestionable, podría ser espurio.

## 2.2. Centralidad: Eigen o Page Rank

La Figura 6 muestra los resultados de la comparación distribucional para Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Se puede apreciar que no existe un traslape en las distribuciones de 1992 ni de 2015. Como en el caso anterior, el promedio de la elasticidad de Alemania es menor en el 2015 respecto a 1992, y sucede lo opuesto en Estados Unidos, pues su elasticidad es ligeramente mayor en el 2015 de lo que fue en 1992. No obstante, en este caso no se puede decir que hubo un distanciamiento de las distribuciones, pero claramente la variabilidad de la elasticidad en el 2015 es mucho menor que en 1992.

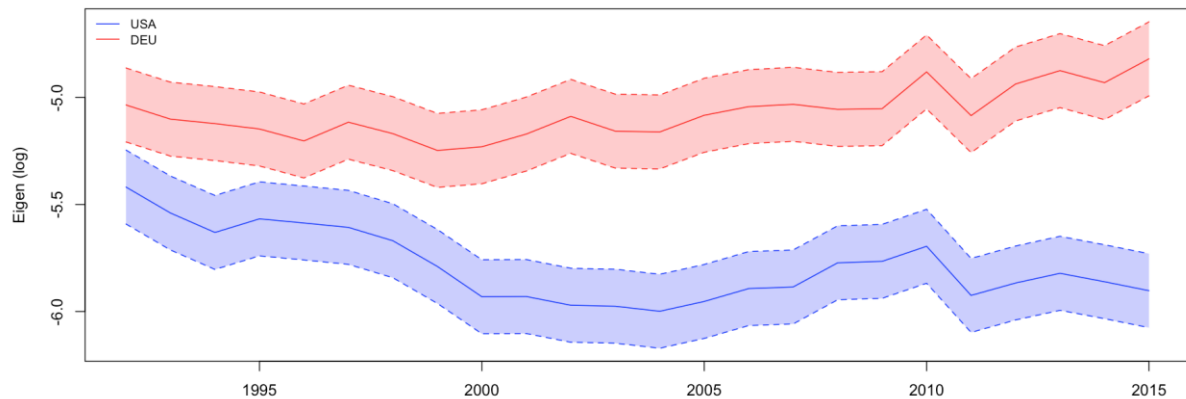
Figura 6: Distribuciones de probabilidad de las elasticidades de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en los años 1992 (panel superior) y 2015 (panel inferior). Indicador: elasticidad  $e_{ij}$ .



Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Ahora, desde la perspectiva temporal, se puede añadir los intervalos de confianza de cada instante del tiempo y mostrar una métrica de la volatilidad de la serie de las centralidades de los países. La Figura 7 presenta este enfoque para la centralidad *page rank*.

Figura 7. Serie de tiempo de la elasticidad  $i$  de Estados Unidos (USA) y Alemania (DEU) en los años 1992-2015. Indicador: centralidad eigen o page rank



Fuente: (Pérez-Oviedo y Cajas-Guijarro 2018).

Ambas centralidades tienen una tendencia no muy concluyente durante todo el período. Entre el año 1992 y el año 2000 el crecimiento de la centralidad de Estados Unidos es menos pronunciado que la centralidad de Alemania. Entre el 2000 y el 2008 sucede un comportamiento contrario y posteriormente ambos países parecen mantener una tendencia similar.

### 2.3. Un visualizador global

En las dos subsecciones anteriores se ha mostrado los resultados de las distribuciones de probabilidad de los indicadores de centralidad elasticidad  $i$  y *page rank* de forma independiente. Claramente, también es posible realizar comparaciones entre los indicadores de centralidad.

Si comparamos las figuras Figura 4 y Figura 6, se puede apreciar que el comportamiento de los promedios nos ofrece conclusiones equivalentes. También se observa que la dispersión es menor en el caso de la centralidad *page rank*. No obstante, la distancia que separa las distribuciones de la elasticidad  $i$  en el 2015 da cuenta de que esta centralidad podría ser usada pruebas de hipótesis de este tipo.

Ahora, comparando las figuras

Figura 5 y Figura 7, y si dividimos período de análisis en tres partes: 1992-2000, 2000-2008 y 2008 en adelante; hay resultados convergentes y divergentes. En la primera parte parece haber un comportamiento inverso, esto es, mientras la elasticidad  $i$  es creciente (decreciente), la centralidad *page rank* es decreciente (creciente). Algo similar ocurre en la segunda parte. Mientras que en el tercer período se tiene un comportamiento semejante para ambos indicadores de centralidad.

Es importante aclarar que las subsecciones de análisis de resultados han sido realizadas para un par de países de un total de 134. El lector/investigador debe tomar este análisis como un referencial de donde pueda obtener conclusiones similares o más profundas de cualquier par de países. Para este objetivo, se ha desarrollado una aplicación *shiny* (Winston, y otros 2017) del paquete estadístico R (Team 2014) que se puede desplegar en el sitio web <https://vmoprojs.shinyapps.io/NetCent/>. Más detalles de la aplicación y su uso son desarrollados en el anexo 1.

## Capítulo 4

### Conclusiones

Como se ha podido evidenciar a lo largo de este trabajo, el análisis de la red de comercio internacional puede desplegarse de diferentes maneras. La incorporación de aleatoriedad en el análisis es innovadora y permite que el investigador llegue a conclusiones con un cierto grado de probabilidad y no solamente desde el dato del registro del flujo de comercio.

La hipótesis de este trabajo ha sido confirmada. Se ha logrado establecer una medición más robusta de los indicadores de centralidad de la red de comercio. Por un lado, los indicadores de centralidad no están exentos de shocks exógenos como cambios tecnológicos y preferencias. Esto puede ser recogido mediante la aleatoriedad que se ha incorporado a la medición. Por otro lado, la evolución de las series de tiempo de un mismo país puede ser evaluada de cara a los intervalos de confianza de cada medición. Un ejemplo de esto fue comentado en la sección 2.1 donde se muestra la diferencia entre tomar o no en cuenta la aleatoriedad en la centralidad de Estados Unidos: o considerarla puede llevar a conclusiones espurias.

La sensibilidad en este trabajo a sido vista desde dos perspectivas. Una de ellas es la construcción de distribuciones de las elasticidades país-país para la comparación año a año de las diferencias estadísticamente significativas en la red de comercio. Evaluar si estas distribuciones se traslapan o no, da cuenta de la estructura de la red como un corte transversal sin perjuicio de una comparación temporal. Por ejemplo, se han comparado los años 1992 y 2015 de las distribuciones del logaritmo de las elasticidades de Estados Unidos y Alemania.

Otra forma de analizar la sensibilidad de la red de comercio ha sido abordada desde la construcción de intervalos de confianza en las series de tiempo de los indicadores de centralidad de los países analizados. La elección de uno u otro indicador de centralidad dependerá del objetivo de estudio del investigador.

Finalmente, se ha puesto a disposición de la comunidad científica todos los resultados de esta propuesta metodológica en la web para que puedan obtener sus propias conclusiones y puedan apoyarlas en un enfoque probabilístico. Particularmente, si se desea establecer diferencias significativas entre países o en diferentes puntos del tiempo. Esta forma de transparentar los

resultados obtenidos también contribuye a la línea de reproductibilidad científica, así como a la bienvenida crítica de los investigadores interesados en usar la herramienta desarrollada.

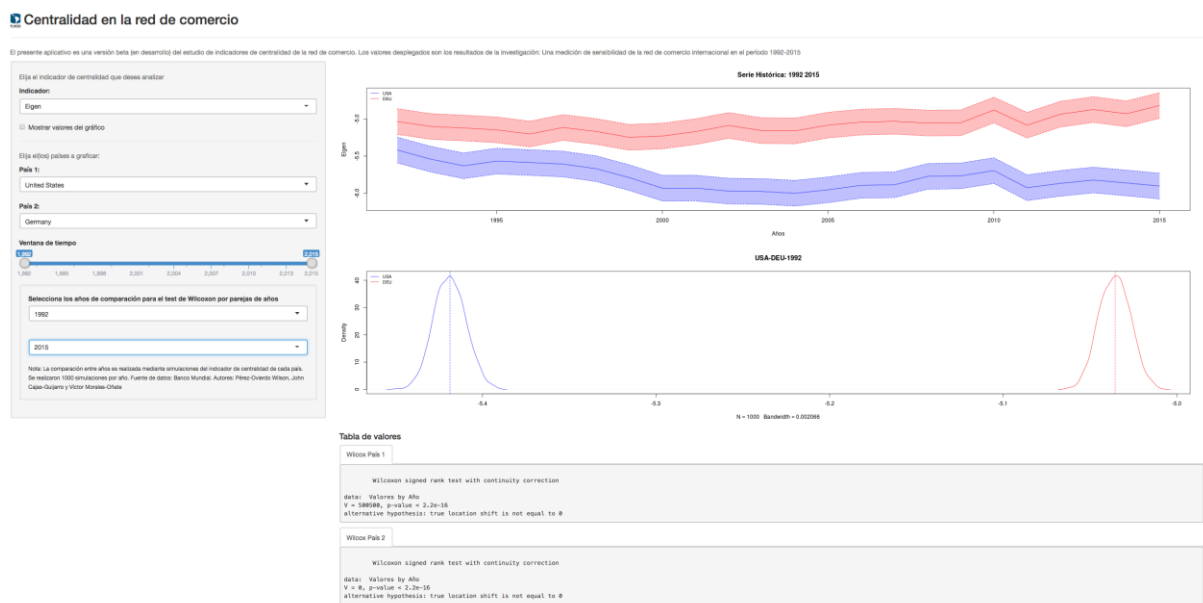
## Anexo 1

Este anexo tiene como propósito presentar una guía de uso de la aplicación `shiny` “Centralidad en la red de comercio” (CRC) realizada como producto de la presente investigación. La visualización de las aplicaciones en la web facilitada por <https://www.shinyapps.io/> podría estar limitada por el tiempo de uso de la aplicación o por el número de usuarios conectados. Por este motivo, también se presenta al final del anexo el código de programación que permite desplegar la aplicación y visualizarla desde el computador personal del usuario sin necesidad de conexión a internet una vez descargada.

### 1. Desde la web

El usuario puede acceder al sitio web de la aplicación <https://vmoprojs.shinyapps.io/NetCent/>. En este sitio se despliega la figura X.

Figura 8: salida de la aplicación “Centralidad de la red de comercio”



Como se puede observar, la aplicación ofrece varias opciones a elegir. Se detallan a continuación cada una de las opciones:

- **Indicador:** esta opción permite elegir el indicador de centralidad analizado. Note que debajo de la elección del indicador de centralidad se tiene la opción de desplegar los

valores del gráfico de la serie mostrada en la parte derecha (ver Figura 9). Las opciones son Eigen, Elasticidad i, y Elasticidad j:

- Eigen: centralidad de Vector propio o pagerank. Este tipo de medida se basa en la idea de que la centralidad de los vecinos le es heredada al nodo objetivo.
- Elasticidad: Supone una propensión marginal a importar, así como una determinada estructura comercial dada por la red.
  - Elasticidad i: Efecto promedio que tiene el incremento de 1% en el ingreso del país i sobre un país del resto del mundo.
  - Elasticidad j: Efecto promedio que tiene, sobre el país j, el incremento de 1% en el ingreso de un país del resto del mundo.
- **Elija el(los) países a graficar:** aquí se despliegan los nombres de los países que desea analizar. Note que puede elegir dos opciones. La elección del “país 1” y el “país 2” tiene se refleja en las dos gráficas de la parte derecha. En la parte superior se presenta la gráfica de la serie de tiempo del indicador de centralidad con sus intervalos de confianza. Debajo de esta se muestra el gráfico que permite comparar los países cuando se fija un año específico (ver “Selección de años”).
- **Ventana de tiempo:** esta opción permite elegir la ventana de tiempo que será desplegada en la gráfica superior de la parte derecha, no tiene incidencia en la segunda gráfica que se presente debajo de la primera.
- **Selección de años:** permite seleccionar dos años para su análisis. La selección del “año 1” y el “año 2”. Es importante indicar que la elección del “año 1” se relaciona con lo que se muestra en la segunda figura (donde se muestran las densidades). Es decir, la elección del el “año 1” y de los países 1 y 2 son la información necesaria para el despliegue de la segunda figura. Note también que debajo de la gráfica se muestra el test de Wilcoxon. Este test responde a la comparación por parejas de los años y países seleccionados. Por ejemplo, para la configuración presentada en la Figura 8, la tabla llamada “Wilcox País 1” muestra los resultados del test para Estados Unidos donde la hipótesis nula es si existen diferencias significativas entre los años 1992 y 2015. La tabla llamada “Wilcox País 2” se interpreta de manera análoga.



Figura 9: salida de la opción “Mostrar valores del gráfico”

Tabla de valores

InfP1	VaP1	SupP1	InfP2	VaP2	SupP2	Year
-5.42	-5.25	-5.08	-5.42	-5.25	-5.08	1992
-5.86	-5.69	-5.52	-5.86	-5.69	-5.52	1993
-6.19	-6.01	-5.84	-6.19	-6.01	-5.84	1994
-6.17	-6.00	-5.82	-6.17	-6.00	-5.82	1995
-6.13	-5.96	-5.79	-6.13	-5.96	-5.79	1996
-6.24	-6.06	-5.89	-6.24	-6.06	-5.89	1997
-6.33	-6.16	-5.98	-6.33	-6.16	-5.98	1998
-6.48	-6.31	-6.14	-6.48	-6.31	-6.14	1999
-6.49	-6.32	-6.15	-6.49	-6.32	-6.15	2000
-6.42	-6.24	-6.07	-6.42	-6.24	-6.07	2001
-6.46	-6.28	-6.11	-6.46	-6.28	-6.11	2002
-6.45	-6.27	-6.10	-6.45	-6.27	-6.10	2003

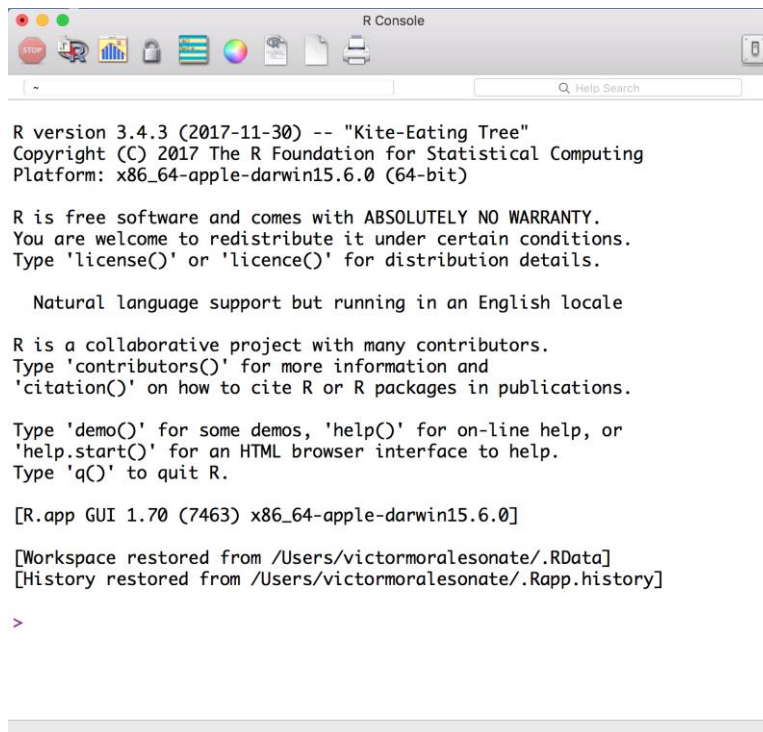
## 2. Descarga de la aplicación, acceso sin conexión a internet

También es posible descargar la aplicación para mostrar los resultados en su computador personal. Una vez descargada, no será necesaria conexión a internet.

Recuerde que debe tener instalado el software de código libre R. Puede ser instalado en cualquier sistema operativo: Windows, OSX o Linux. Puede ser descargado desde el siguiente enlace: <https://www.r-project.org/>.

Una vez instalado R, abra el programa y se encontrará con la consola como se muestra en la Figura 10.

Figura 10: Consola del software R



```
R version 3.4.3 (2017-11-30) -- "Kite-Eating Tree"
Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-apple-darwin15.6.0 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

  Natural language support but running in an English locale

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

[R.app GUI 1.70 (7463) x86_64-apple-darwin15.6.0]

[Workspace restored from /Users/victormoralesonate/.RData]
[History restored from /Users/victormoralesonate/.Rapp.history]

>
```

Notará que el cursor se pone intermitente en el signo “>” de la consola. Esto significa que el programa espera instrucciones de su parte. Para descargar y desplegar la aplicación de manera local debe copiar y pegar en la consola las siguientes instrucciones:

```
if (!require('shiny')) install.packages("shiny")
shiny::runGitHub("ShinyApps", "vmoprojs", subdir = "NetCent")
```

Listo, ahora puede desplegar, utilizar y analizar la centralidad de la red de comercio internacional.

## Listas de referencias

- Kolaczyk, Eric D, y Gábor Csárdi. 2014. *Statistical analysis of network data with R*. Nueva York: Springer.
- Efron, Bradley. 1979. «Bootstrap methods: another look at the jackknife.» *The Annals of Statistics* 1-26.
- Abidussi, Gert. 1966. «The centrality index of a graph.» *Psychometrika* 581-603.
- Freeman, Linton C. 1977. «A set of measures of centrality based on betweenness.» *Sociometry* 35-41.
- Pérez-Oviedo, Wilson, y John Cajas-Guijarro. 2018. «Midiendo la centralidad de los países y la integración comercial desde una perspectiva de red.» *XXX* 1-32.
- Bonacich, Phillip. 1972. «Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification.» *Journal of mathematical sociology* 2 (1): 113-120.
- Robert, Christian, y George Casella. 2015. *Monte Carlo statistical methods*. Estados Unidos: Springer Science.
- Rubinstein, Reuven Y, y Dirk P Kroese. 2016. *Simulation and the Monte Carlo method*. Vol. 10. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Gervais, Daniel J, y Daniel J Gervais. 1998. *The TRIPS Agreement: drafting history and analysis*. Vol. 2. Inglaterra: Sweet & Maxwell.
- Muñiz, García, Ana Salomé, y Valentín Solís Arias. 2014. «Comercio internacional: cadenas globales de valor. Una aproximación desde la teoría de redes.» *Revista de Economía Mundial* (37): 151-180.
- Bergstrand, Jeffrey H. 1985. «The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence.» *The review of economics and statistics* 67 (3): 474-481.
- Mátyás, László. 1997. «Proper econometric specification of the gravity model.» *World Economy* 20 (3): 363-368.
- Van Bergeijk, Peter AG, y Steven Brakman. 2010. *The gravity model in international trade: Advances and applications*. Inglaterra: Cambridge University Press.
- Freeman, Linton C. 1978. «Centrality in social networks conceptual clarification.» *Social networks* 1 (3): 215-239.
- Pérez-Oviedo, Wilson, John Cajas-Guijarro, y Vallejo María. 2017. «South America: Trade and Integration in the New Global Trade Network.» En *Regionalism, Development*

- and the Post-Commodities Boom in South America*, de Ernesto Vivares, 121-145. Estados Unidos: Springer.
- Chaney, Thomas. 2014. «The network structure of international trade.» *American Economic Review* 104 (11): 3600-3634.
- Baskaran, Thushyanthan, Florian Blöchl, Tilman Brück, y Fabian Theis. 2011. «The Heckscher–Ohlin model and the network structure of international trade.» *Review of Economics & Finance* 20 (2): 135-145.
- Rauch, James. 1999. «Networks versus markets in international trade.» *Journal of International Economics* 48 (1): 7-35.
- Helpman, Elhanan, y Paul R Krugman. 1985. *Market structure and foreign trade: Increasing returns, imperfect competition, and the international economy*. MIT press.
- Hollander, Myles, Douglas Wolfe, y Eric Chicken. 2014. *Nonparametric statistical methods*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Winston, Chang, Joe Cheng, JJ Allaire, Yihui Xie, y Jonathan McPherson. 2017. «shiny: Web Application Framework for R.»
- Team, R Core. 2014. «R: A Language and Environment for Statistical Computing.» Vienna.
- Manole, Vlad. 2005. «WITS--World Integrated Trade Solution.» En *Quantitative Methods For Assessing The Effects Of Non-Tariff Measures And Trade Facilitation*, 541-548. World Scientific.
- Davis, Donald R, y David E Weinstein. 2001. «What role for empirics in international trade?» *National bureau of economic research* (8543).
- Blecker, Robert. 2002. «Kaleckian macro models for open economies.» En *Foundations of International Economics*, de Maurice Obstfeld y Kenneth Rogoff, 126-160. Estados Unidos: Routledge.
- Chang, Andrew C and Li, Phillip. 2018. «Measurement Error in Macroeconomic Data and Economics Research: Data Revisions, Gross Domestic Product, and Gross Domestic Income.» *Economic Inquiry* (Wiley Online Library) 56 (3): 1846-1869.
- John, Pérez-Oviedo Wilson and Cajas-Guijarro. 2018. «Midiendo la centralidad de los países y la integración comercial desde una perspectiva de red.» *Revista de Metodos Cuantitativos para la Economia y la Empresa* (26).
- Starnini Michele and Boguñá, Marián y Serrano, M. 2019. «The interconnected wealth of nations: Shock propagation on global trade-investment multiplex networks.» *arXiv preprint arXiv:1901.01976*.

- De Lombaerde, Philippe and Iapadre, Lelio and McCranie, Ann and Tajoli, Lucia. 2018. «Using network analysis to study globalization, regionalization, and multi-polarity— Introduction to special section.» *Network Science* (Cambridge University Press) 6 (4): 494-516.
- Galariotis, Emiliós C, Wu Rong, y Spyros I Spyrou. 2015. «Herding on fundamental information: A comparative study.» *Journal of Banking and Finance* (Elsevier) 50: 589-598.