



Universidad de Buenos Aires

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Ingeniería

La IED entre 2003 y 2012: un análisis de grafos

Trabajo final de la Especialización en Explotación de Datos y el
Descubrimiento del Conocimiento.

Leonardo Ignacio Córdoba

Supervisor: Marcelo Soria

Buenos Aires, Mayo 2018

La IED entre 2003 y 2012: un análisis de grafos

Leonardo Ignacio Córdoba

Abstract

En este trabajo se hace un análisis del comportamiento de la Inversión Extranjera Directa entre los años 2003 y 2012, para todos los países. Se analizan las características más descriptivas que hacen a la estructura internacional de flujos de IED partiendo de considerar a la misma como un grafo dirigido, en la que los países son los nodos y el flujo entre cada par de países se hace transformando la información original de la OECD.

Posteriormente se usan distintas métricas para analizar el grafo y se presenta una serie de interpretaciones al respecto.

Por último, se enriquece la información propia de IED con características generales de las economías de estos países para realizar un análisis no supervisado, encontrando así clusters que presentan características bien definidas, y que facilitan la interpretación de la estructura económica internacional.

Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo el estudio de la inversión extranjera directa (IED de ahora en adelante), a partir del grafo que se genera con las relaciones de inversión entre los distintos países. Para ello, a lo largo del trabajo estudiamos distintas métricas del grafo de cada año y analizamos su evolución.¹

Si bien en economía no abundan los trabajos que emplean redes complejas o grafos al análisis de los datos de las interacciones entre países, sí encontramos algunos casos relacionados al estudio de la IED (Koskinen, Caimo & Lomi, 2015; Koskinen & Lomi, 2013) y también con el comercio internacional (Chow, 2013; Bhattacharya, Mukherjee, Saramaki, Kaski & Manna, 2008; De Benedictis, Nenci, Santoni, Tajoli & Vicarelli, 2013)

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la primera sección se hace mención a la metodología de la OECD para calcular la IED, las principales definiciones y la información que contiene el conjunto de datos. En la segunda sección se explica el preprocesamiento realizado para convertir la información en el grafo que finalmente se emplea y cómo cambia

¹ El trabajo fue realizado empleando Python 3.6 y las librerías: networkx, numpy, pandas, matplotlib y seaborn, entre otras. Además, para realizar el análisis de comunidades se empleó R con las librerías Tidyverse y Igraph.

el significado de las definiciones originales. En la tercera sección se hace un análisis descriptivo de la información, sin entrar en las métricas propias del grafo. En la cuarta sección se emplean distintas métricas del grafo y se estudia su comportamiento según el punto de corte que se considere para convertir el grafo pesado en no pesado. A su vez, se hace un análisis de las comunidades del mismo. En la quinta sección se toman otras variables en consideración para realizar un análisis no supervisado, empleando clustering y PCA. Finalmente, en la última sección se exponen las principales conclusiones.

Metodología

La información empleada está disponible en la página oficial de la OECD². Además, de la metodología que esta organización publica se tomaron las definiciones presentes en esta sección (OECD, 2008).

La IED consiste en la inversión de un residente de un país (el *inversor* o *madre*) en una compañía en otro país, con la intención de establecer una relación económica duradera. La motivación para el inversor es establecer una relación estratégica de *largo plazo* manteniendo un poder de influencia significativo en la compañía en que invierte, en contraposición a una inversión de portafolio o especulativa, en la que el inversor no suele detentar un gran poder de influencia en las decisiones de la empresa.

Se considera como IED a aquellas inversiones que un residente hace en otro país y le permiten tener un poder de votación del 10% o más en la compañía extranjera.

Las empresas en las que se invierte se clasifican según el poder de voto del inversor:

- *Asociadas*: si el poder de voto está entre el 10% y el 50%.
- *Subsidiarias*: si el poder de voto es de más del 50%
- *Cuasi-corporaciones*: si el 100% de la empresa es propiedad de la empresa madre.

La información estadística computada por la OECD incluye:

1- Stocks de inversión directa:

- Patrimonio neto
- Deudas (créditos entre compañías)

El patrimonio neto incluye acciones, reservas, contribuciones de capital y reinversión de ingresos.

2- Flujos de ingresos de inversión directa:

- Dividendos y ganancias distribuidas
- Ingresos reinvertidos
- Intereses de deuda: es decir, ingresos provenientes de haberle otorgado un crédito a la empresa receptora

3- Flujos financieros de inversión directa:

² <https://data.oecd.org/>

- Patrimonio neto
- Reinversión de ingresos
- Deudas como bonos o créditos

Los resultados de IED pueden ser *negativos* si:

- Hay desinversión de activos
- La empresa madre recibe un crédito de la subsidiaria o si la subsidiaria paga un crédito.
- Los ingresos reinvertidos son negativos, es decir, si los dividendos que recibe el inversor son mayores que los ingresos de la subsidiaria en el período.

La información se presenta considerando el par de países *reportante* y *socio*. El país *reportante* es aquel del que se consideran los inversores allí *residentes*. De esta forma, en el conjunto de datos utilizado se exponen los flujos de ingresos y de egresos de IED de *residentes* en el país *reportante* desde y hacia el país *socio*. Dicho ésto, si un residente invierte en el mismo país en que reside esto no se registra como IED.

Un último comentario a destacar es que la información del país socio no es información de residentes en ese país, es decir que pueden ser empresas allí instaladas pero propiedad de una tercer empresa residente en otro país.

Preprocesamiento

La información originalmente se presenta como en el recorte a continuación. Vemos que para cada año se cuenta con información de flujos de ingresos y de egresos, para el par de países Chile - Estados Unidos y Estados Unidos - Chile, para el año 2010. Es decir, que existe información de flujos de ingresos o *inflows* y de egresos o *outflows*, para cada año y par de países. La información en la base además está duplicada porque se presenta en dólares y en la moneda del país reportante.

| Year | Type of FDI | Reporting Country | Partner Country | Value |
|------|----------------|-------------------|-----------------|----------|
| 2010 | <i>Inward</i> | United States | Chile | 88 |
| 2010 | <i>Outward</i> | United States | Chile | 4611 |
| 2010 | <i>Inward</i> | Chile | United States | 3238.115 |
| 2010 | <i>Outward</i> | Chile | United States | -734.15 |

Estrictamente hablando podemos considerar que el conjunto de datos original son dos grafos dirigidos, uno de *inflows* y otro de *outflows*. Por lo tanto, esto requiere de un preprocesamiento para llevar la información original a un solo grafo.

En primer lugar, se mantuvo sólo la información en *dólares*, para poder comparar los resultados entre países y a lo largo de los años.

En segundo lugar, se eliminaron las regiones de interés económico que vienen dadas como observaciones en la tabla original, tales como MERCOSUR, Unión Europea, etc.

En tercer lugar se procesó la información como se explica a continuación:

1 - Para cada año se generó un dataframe vacío que incluye cada combinación posible de países.

2- Para cada par de países A, B, donde A es el país reportante y B el país socio, se completó la información intentando representar el flujo de IED desde A hacia B, sin importar el concepto de *residencia*. Para ello, se completa la información del par de países A→B con la siguiente información:

- a. Los *outflows* reportados por A hacia B si el valor es mayor a 0, ya que implica que los residentes del país A efectivamente están aumentando el *stock* de inversiones en B.
- b. Los *inflows* reportados por B desde A si el valor es mayor a 0, ya que implica que los residentes en B están recibiendo IED desde el país A.
- c. Los *outflows* reportados por B hacia A si el valor es menor a 0. En este caso generalmente se representa una desinversión de residentes de B de sus activos en el país A, con lo cual se genera un flujo desde el país A hacia el país B.
- d. Los *inflows* reportados por A desde B si el valor es menor a 0. Esto representa casos en los que las empresas residentes del país A sufren una salida de capitales del país B.

El resultado final de la relación A→B surge de sumar el valor absoluto de los cuatro componentes. Valga una aclaración, en los casos en que se suma el valor absoluto de los valores negativos (es decir, puntos c y d), estamos suponiendo que esos capitales retornan al país del residente debido a que suelen ser casos de desinversión. Sin embargo, bien podría no ser así.

A continuación se explica lo dicho con un ejemplo. Imagínese que se considera la relación entre Argentina y Japón. El valor asignado a la relación Argentina → Japón es calculado sumando:

- a. Los *outflows* de IED reportados por residentes argentinos hacia Japón, si es mayor a 0. Por ejemplo, supóngase que una empresa argentina instala una subsidiaria en Japón.
- b. Los *inflows* de IED reportados por residentes japoneses, desde Argentina, si es mayor a 0. Por ejemplo, se computa que una empresa no residente en Argentina, como un fondo de inversión, compra acciones de una empresa japonesa, desde Argentina.

- c. Los *outflows* de IED reportados por residentes japoneses hacia Argentina, si es menor a 0. Este sería el caso en que hay desinversión, por ejemplo, una empresa japonesa vende una planta que posee en Argentina.
- d. Los *inflows* de IED reportados por residentes argentinos, desde Japón, si es menor a 0. Hipotéticamente hablando estaríamos computando casos tales como que una empresa japonesa con participación en una empresa de residencia argentina decide vender su participación en la misma.

De esta forma, se pasa del conjunto de datos original a uno como el que se muestra a continuación.

| Year | Reporting Country | Partner Country | Value |
|------|-------------------|-----------------|----------|
| 2010 | Chile | United States | 88 |
| 2010 | United States | Chile | 8583.265 |

En este caso, los flujos de Chile hacia Estados Unidos surgen de sólo considerar los ingresos declarados por residentes estadounidenses desde Chile.

Por otra parte, los flujos desde Estados Unidos hacia Chile surgen de sumar el valor absoluto de:

- Los flujos de salida declarados por residentes de Estados Unidos hacia Chile.
- Los flujos de entrada declarados por residentes chilenos desde Estados Unidos.
- El valor absoluto (nótese que es un valor negativo) de la declaración de flujos de salida de residentes chilenos con respecto a Estados Unidos. En este caso, suponemos que vuelven a Chile, ya que la empresa es residente de este país.

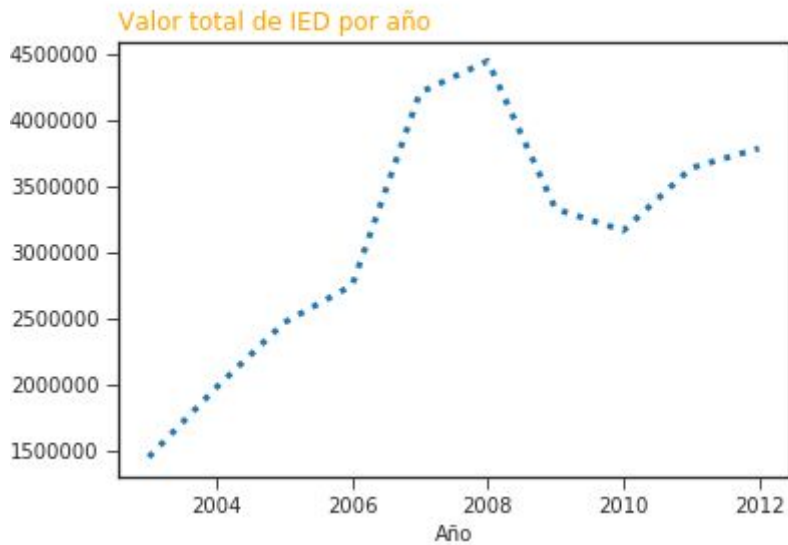
Como se puede apreciar el nuevo conjunto de datos tiene una sola fila por año y par de países A→B.

Desde el punto de vista del análisis económico esto significa que, por un lado, los flujos dejan de ser analizados en función del concepto de residente y pasa a analizarse el flujo de capitales entre países, con fines productivos. De esta manera, se logra captar una mejor imagen de lo que sucede a nivel internacional con estos flujos y del impacto geográfico de dónde se invierten.

Análisis descriptivo

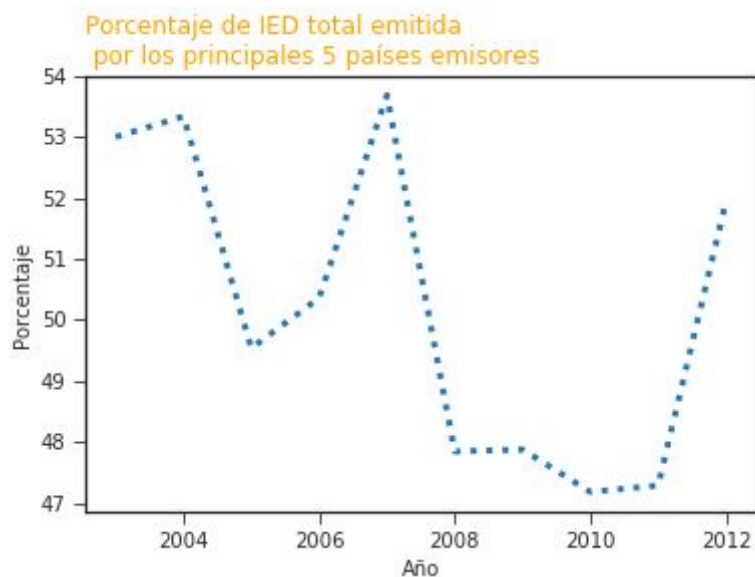
En el conjunto de datos existe información de un total de 240 países, entre 2003 y 2012. Por lo tanto, existen 57.600 relaciones posibles para cada año.

A lo largo del período la IED comienza creciendo ininterrumpidamente desde 2003 hasta 2008, a partir de lo cual cae hasta 2010, producto de la crisis internacional. Posteriormente sube levemente. Obsérvese ésto en el gráfico que se presenta a continuación.

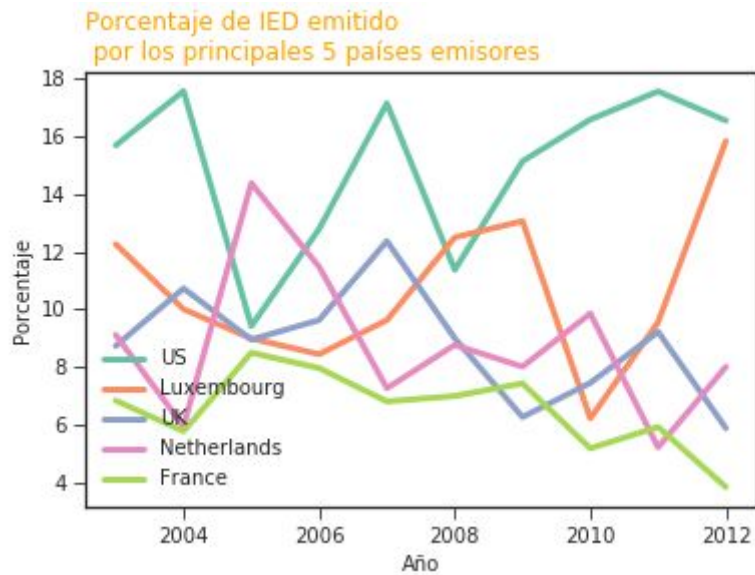


Si analizamos los montos recibidos y emitidos por país vemos que los principales emisores de IED en este período son Estados Unidos, Luxemburgo, Reino Unido, Holanda y Francia, mientras que los principales receptores son Estados Unidos, Luxemburgo, Reino Unido, Holanda y Bélgica.

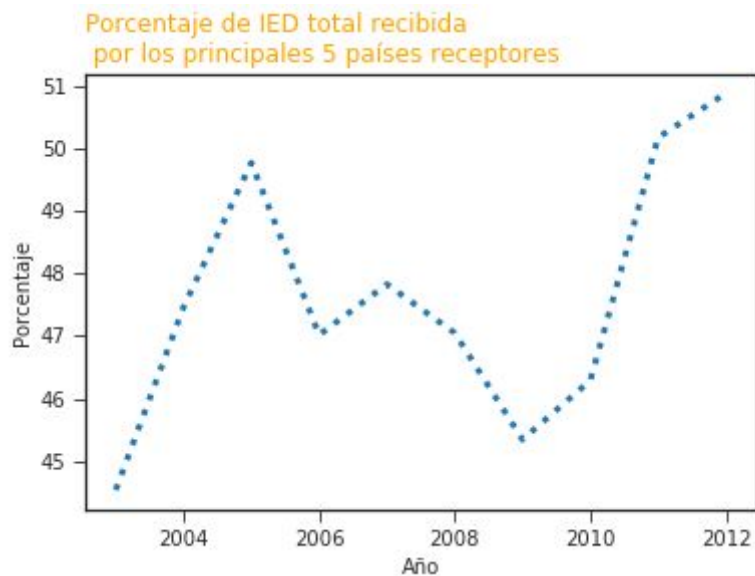
La participación de estos países en el total de la recepción de IED en el mundo oscila entre 47% y 54% en el período.



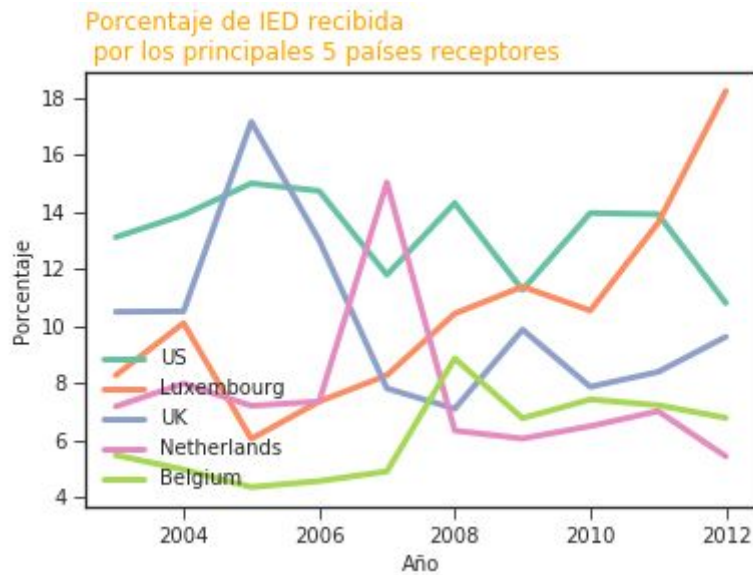
Si abrimos este gráfico en la participación de cada uno de esos 5 países, vemos que existe una gran oscilación año a año. Se puede apreciar una caída persistente en la participación de Francia como país emisor. Además, podemos mencionar que el principal país emisor varía según cada año pero en la mayoría de los casos es Estados Unidos.



Por su parte, en lo que respecta a la IED recibida por los principales países se aprecia un mínimo en 2009, año en que más fuertemente impactó la crisis internacional.



Al observar el comportamiento individual de los países vemos que Luxemburgo crece hasta alcanzar el primer lugar como país receptor en 2012. Por otra parte, desde 2008 en adelante Bélgica, Holanda y Reino Unido se encuentran cercanos entre sí, y cada vez más lejos de la participación de Luxemburgo que toma un lugar más central como plaza financiera.

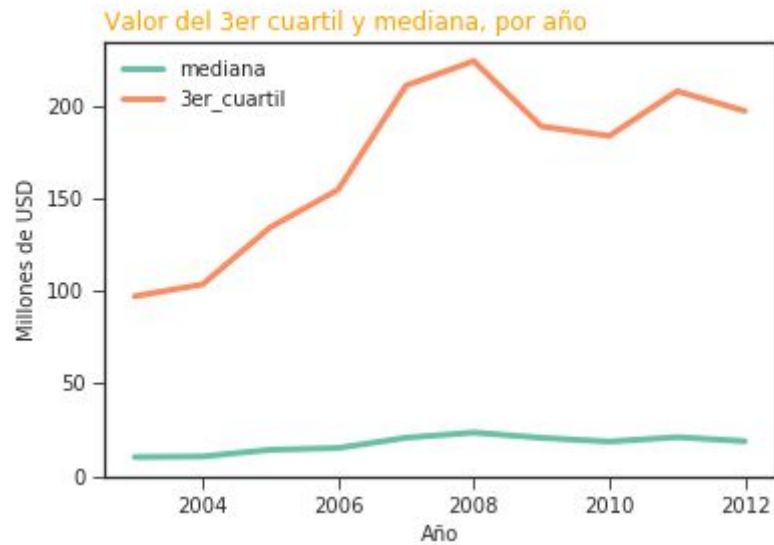


Análisis del grafo

Generalidades

Como se explicó previamente, se preprocesó la información y se obtuvo así un grafo dirigido, con 240 nodos, cada uno representando un país. Este es un grafo pesado según el valor de la IED.

Sin embargo, se decidió convertirlo en no pesado, para lo cual se probaron distintos puntos de corte a lo largo de un rango de IED. Para formar este rango se toma como cota inferior el valor mínimo de la mediana de monto de IED, para que al menos el 50% de los casos correspondan a IED en el grafo pesado. Como cota superior se toma el valor máximo del 3er cuartil de IED para cualquier año en el período considerado, no un valor más alto porque esto nos deja con demasiado pocos casos como IED en el grafo no pesado. Por este motivo, se probaron 39 puntos entre 10 y 240 millones de USD para determinar si existe una relación. En este sentido, siempre que haya una relación de más de 240 millones de USD va a ser considerada como IED en el grafo no pesado. Además, por ejemplo, para el corte de aproximadamente 100 millones de USD, sólo las relaciones de más de ese monto van a ser consideradas como IED en el grafo no pesado. Se puede observar la evolución de estos valores en el gráfico a continuación:



Para cada uno de los años se calcularon las siguientes métricas:

- diámetro
- centralidad de intermediación mediano
- centralidad de cercanía mediano
- máximo grado de entrada
- grado de entrada mediano
- máximo grado de salida
- grado de salida mediano
- cantidad de nodos fuertemente conectados
- índice de clustering, considerando al grafo como no dirigido

El diámetro siempre permanece constante e igual a 4, para todos los años y rangos.

Algunas de las métricas que se muestran a continuación se calcularon obteniendo el valor de la métrica en sí para cada valor del rango considerado, y luego tomando la mediana de ese valor.

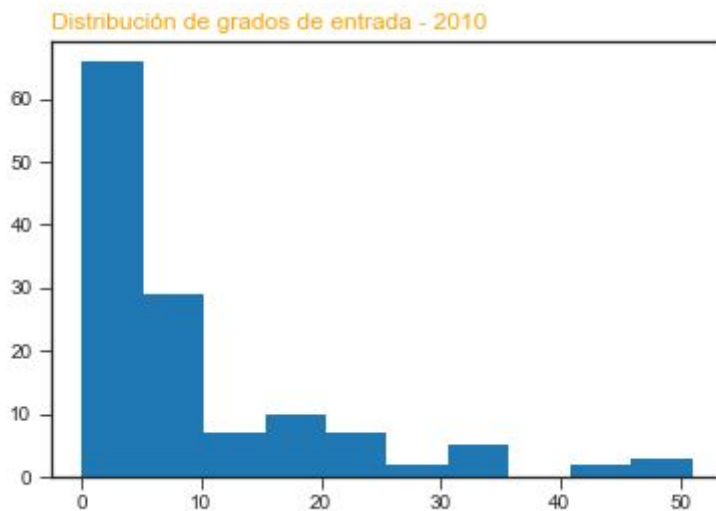
Centralidad

Grados

Los grados de un nodo en un grafo no pesado son la cantidad de conexiones que éste tiene con otros nodos. En el caso de un grafo dirigido estos grados pueden ser de conexiones que entran o que salen.

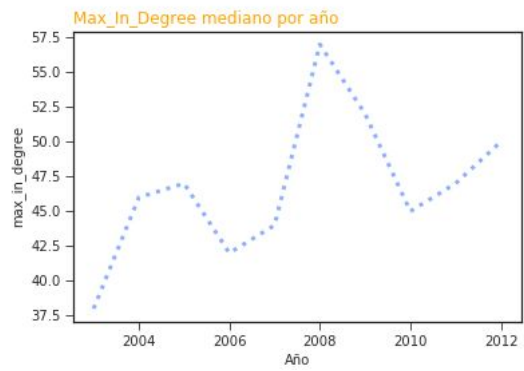
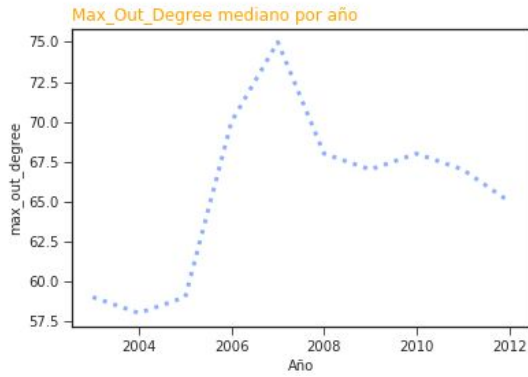
Se observa que la mayoría de los países tienen cinco o menos grados de entrada y salida. Además, se observa que la distribución de los grados de salida tiene una caída más pronunciada que la distribución de grados de entrada, lo cual indica que la emisión de IED está más concentrada que la recepción de IED.

La distribución de grados de entrada y salida es la siguiente:

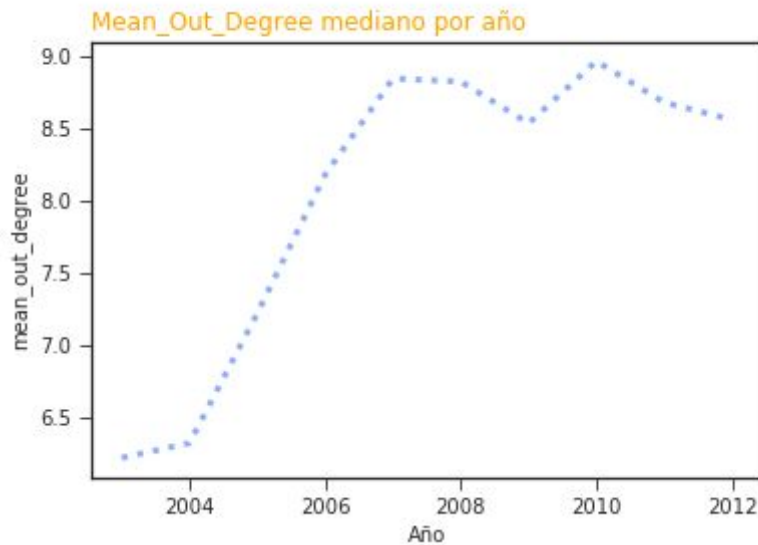


Se muestran a continuación el máximo grado de entrada y de salida. Para ello comenzamos calculando cada una de estas métricas para todos los valores del rango y luego tomando la mediana.

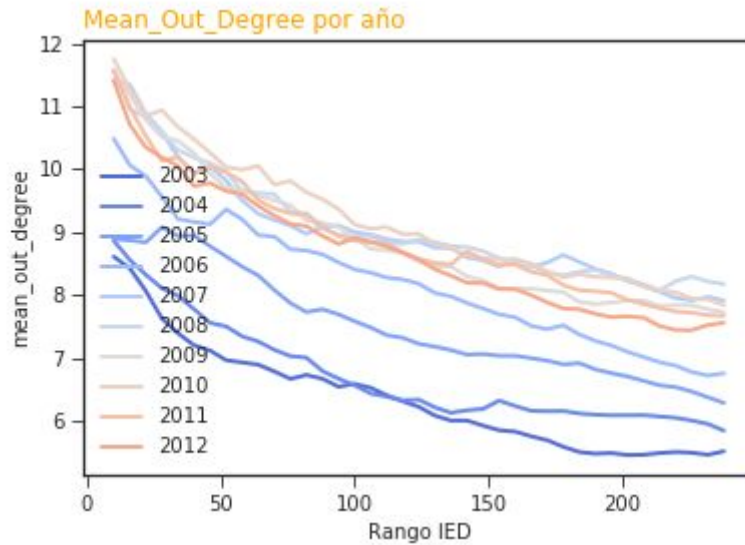
Vemos que el máximo grado de salida se alcanza en 2007 para Estados Unidos con 79 salidas y el máximo grado de entrada para 2008 también para Estados Unidos que recibió inversiones de 59 países distintos. Para calcular ésto se tomó como punto de corte de la IED a 90 (millones de USD, ya que a lo largo del análisis se consideró que es el punto más estable).



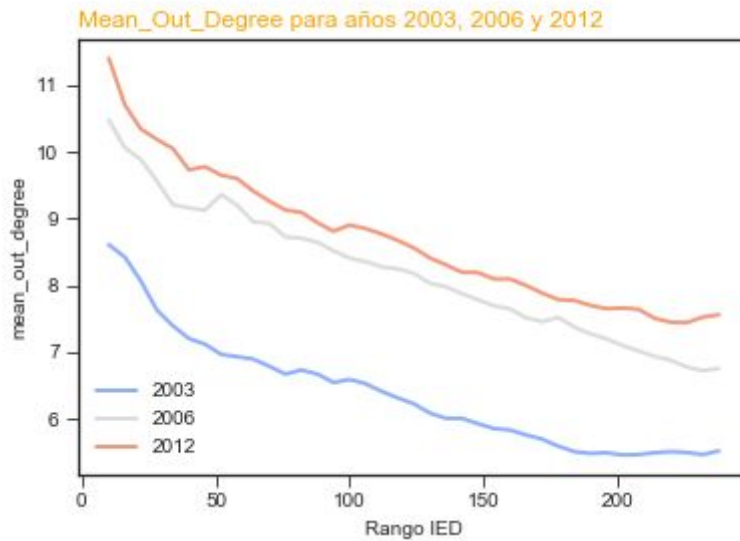
Si observamos el comportamiento de la mediana del grado promedio de entrada o de salida vemos un comportamiento similar. Es interesante ver que la mayoría de los países tiene entre 6 y 9 conexiones en promedio a lo largo del período, mientras que los principales países llegan a muchas más. Además, se puede apreciar que desde 2004 vemos un fuerte crecimiento en el grado de salida promedio.



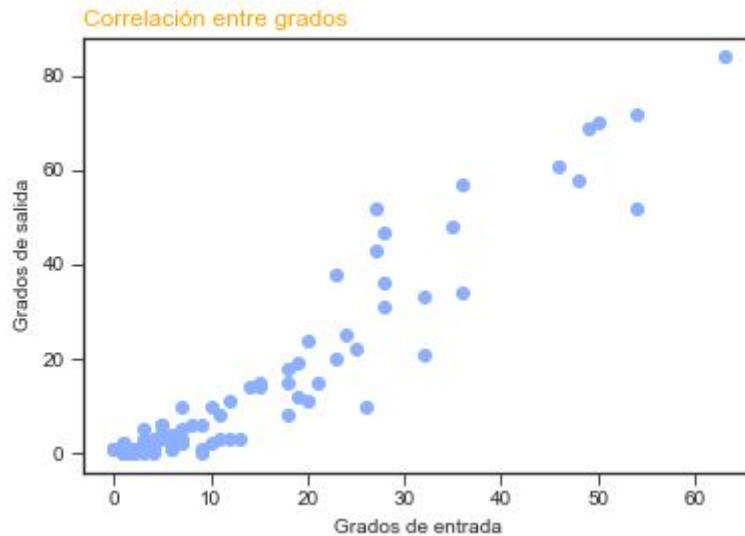
Si observamos el comportamiento de los grados de salida en función del rango de IED para cortar y del año vemos que los resultados no varían sustancialmente. Esto se puede ver en el gráfico a continuación, donde el color indica el año evaluado. Como se aprecia, las curvas prácticamente no se cruzan, lo cual indica que el orden de los resultados no se ve afectado por el rango.



A continuación sólo consideramos los años 2003, 2006 y 2012, para apreciar mejor los resultados. Vemos que de 2003 a 2006 hay un aumento en los nodos de salida promedio y de 2006 a 2012 vuelve a crecer este valor, lo que nos indica que la red se volvió más densa. Además, según el punto de corte considerado la cantidad de relaciones varía entre 6 y 11.



Por último, se analizó la correlación existente entre los grados de entrada y los grados de salida. El siguiente gráfico nos indica que existe una relación aproximadamente lineal entre ambas pero se observa un grupo concentrado contra el eje de las x, lo cual indica que son países que tienen entradas de capitales pero casi no tienen salidas de IED.



Relacionado a ésto podemos identificar a aquellos países que tienen una mayor diferencia en términos absolutos entre grados de entrada y grados de salida.

A continuación se presenta una tabla donde podemos ver los países que tienen un mayor valor absoluto de diferencia entre los grados. Se observa que de los 15 primeros, 11 tienen más grados de salida que grados de entrada, lo cual es una manera aproximada de ver los países “emisores netos” de inversión. Entre éstos, los primeros países son Suiza, Estados Unidos, Italia, Reino Unido y Francia. Por otra parte, podemos destacar los 4 países que son “receptores netos”: Chile, Turquía, India y China. Estos cuatro países se caracterizan por haber tenido una tasa de crecimiento del PBI relativamente muy alta en el período considerado.

| Diferencia (grados de entrada - grados de salida) | País |
|---|----------------|
| -25 | Switzerland |
| -21 | United States |
| -21 | Italy |
| -20 | United Kingdom |
| -20 | France |
| -19 | Japan |
| -18 | Germany |
| 16 | Turkey |

| | |
|-----|-------------|
| -16 | Sweden |
| -15 | Austria |
| -15 | Netherlands |
| -13 | Spain |
| 11 | Chile |
| 10 | China |
| 10 | India |

Intermediación

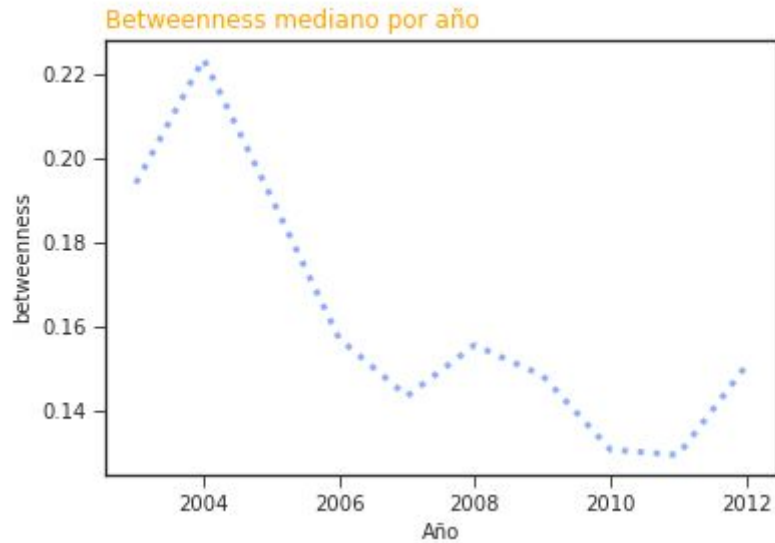
La intermediación se define como:

$$g(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

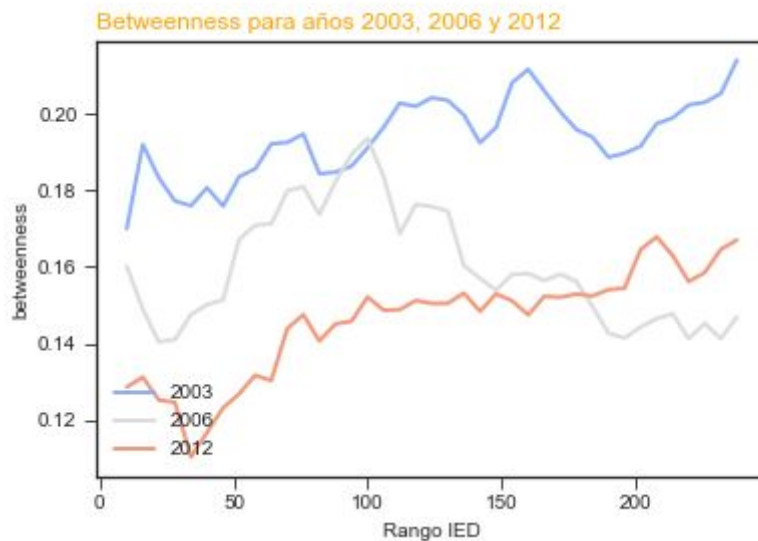
donde σ_{st} es el número total de caminos más cortos entre s y t , y $\sigma_{st}(v)$ es el número de esos caminos que pasan por v .

La intermediación de un nodo se puede interpretar como una medida de cuánta información pasa por este nodo, y por lo tanto es una medida de la influencia de este nodo en la red (Hernández, & Mieghem, 2011).

La mediana de la intermediación para el rango considerado cae entre 2005 y 2011, para subir en el último año de la serie. Esto se puede interpretar en el siguiente sentido: durante este período la IED global no para de crecer, en este proceso de expansión de la IED ésta llega a países nuevos, con lo cual se incorporan jugadores que, por ser nuevos, tienen menos influencia en la red en su conjunto, es decir, son países no centrales en la red.



Observemos la intermediación según el rango para tres años seleccionados. Podemos ver que hasta una IED de 150 se mantiene el orden reflejado en el gráfico anterior, a saber, que la intermediación del año 2003 es mayor a la de 2006 y, a su vez, es mayor a la de 2012 (salvo para la IED igual a 100 que apenas se cruzan los años 2003 y 2006).



Cercanía

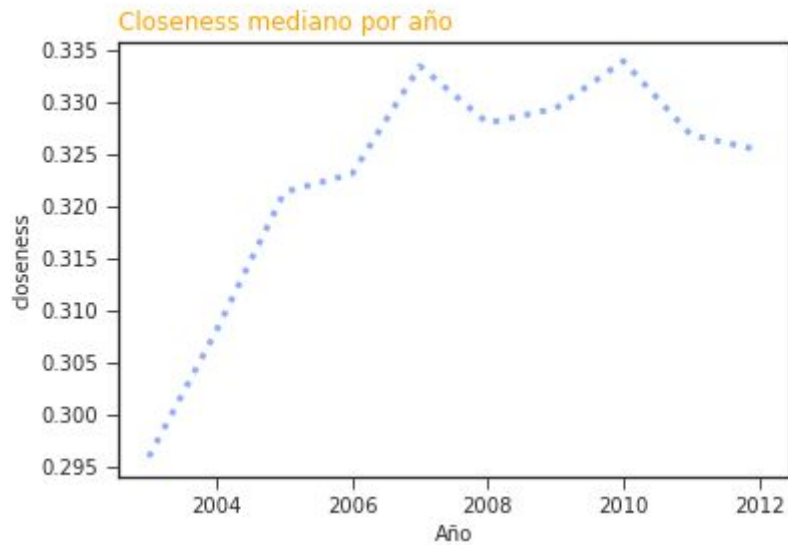
Se puede definir la cercanía de x como la inversa de la distancia promedio de los caminos más cortos entre x y cada otro nodo:

$$C(x) = \frac{N}{\sum_y d(y, x)}$$

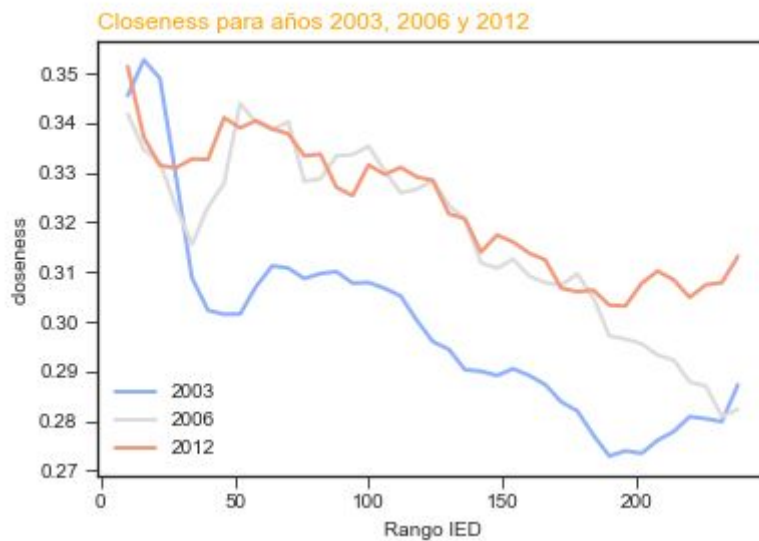
En este sentido, cuanto mayor es la cercanía, más cercanos son los nodos entre sí, es decir que están mejor conectados.

La cercanía mediana para los rangos analizados tiende a crecer hasta 2007 y luego se mantiene estable hasta 2012. Sigue un comportamiento semejante al grado medio de los nodos. Este comportamiento lo que nos indica es que en el período en que crece la IED global la red tiende a volverse más densa, generando nuevos caminos entre los nodos existentes.

Obsérvese la evolución en el siguiente gráfico:



Al analizar los años 2003, 2006 y 2012 por rango vemos que si bien el año 2003 se encuentra por debajo de los otros dos en la mayor parte del rango, los años 2006 y 2012 están muy cercanos entre sí y dependiendo en qué punto de corte cuál toma un mayor valor.

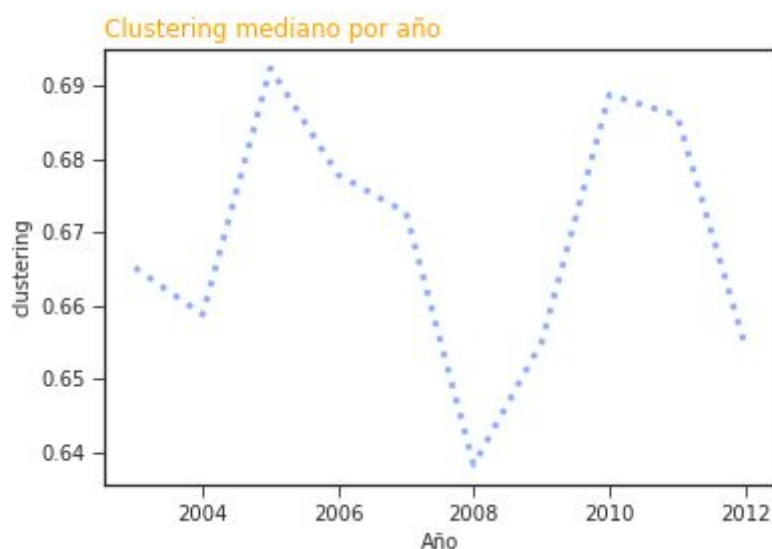


Clustering local medio

Transformando el grafo en un grafo no dirigido podemos construir el coeficiente de clustering. Este coeficiente permite medir qué tan probable es que dos países relacionados con un tercero estén relacionados entre sí. De esta manera, se obtiene una métrica que permite medir qué tan agrupados están los nodos.

Decimos que un *triángulo* está compuesto por tres nodos conectados entre sí. Dado i se define el coeficiente de clustering local para i como la proporción de triángulos existentes sobre todos los triángulos posibles entre los nodos conectados a i .

Como se puede ver la mediana del coeficiente de clustering local medio para el rango analizado, cae en el año 2008 y luego comienza a recuperarse, lo que nos indica que hay una caída en las conexiones de IED entre países antes conectados entre sí.



Número de componentes fuertemente conectados

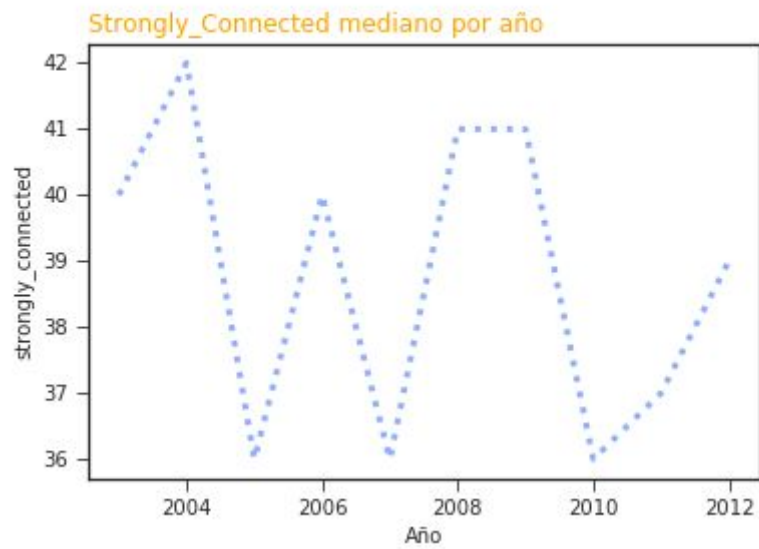
Se dice que un grafo está fuertemente conectado si cada nodo es alcanzable desde cualquier otro nodo. En un grafo, se pueden encontrar componentes fuertemente conectados si entre los nodos que lo componen cada uno es alcanzable desde otro nodo en ese mismo componente.

Si tomamos el rango de valores considerados para pasar el grafo a un grafo no pesado, y nos quedamos con la mediana del número de componentes, vemos que existe un gran fluctuación de año a año de este valor. Esto nos indica que existen numerosas relaciones nuevas de un año a otro, generando o deshaciendo algunos de los componentes.

Sin embargo, siempre existen 36 o más} componentes fuertemente conectados. Esto nos habla del carácter de los resultados en el siguiente sentido: como antes dijimos al preprocesar la información, el resultado que tenemos es de la IED que pasa de un país a otro, pero la residencia de esa inversión queda indeterminada. Al ver en los resultados la existencia de una gran cantidad de componentes bien podría suceder que, por ejemplo, cierta empresa internacional con sede en tres países: A, B y C, primero envíe fondos de A

hacia B, al mismo tiempo de B hacia C y, finalmente, también de C hacia A. Con lo cual, en los resultados pueden estar “ocultas” triangulaciones de este tipo.

Dicho de otro modo, este grupo estable de países fuertemente conectados puede ocurrir tanto porque existe una conexión “genuina” de inversores entre estos países o porque existe un circuito financiero que propicia la triangulación de fondos.



Análisis de comunidades

A fines de concentrarnos en los principales nodos del grafo se incorporan dos tipos de gráficos de la red, uno disponiendo los nodos en círculo y otro disponiendo los nodos en estrella.

El primero permite entender los cambios ocurridos en el grafo poniendo el acento en los nodos de mayor centralidad, mientras el segundo permite destacar los que tienen menor centralidad.

Para hacer estos gráficos se tomaron sólo los países que, sumados sus aportes en el período, representan conjuntamente el 95% de la IED enviada o recibida, ya que éste permite una mejor lectura del grafo. Se muestran los años 2003 y 2012, para representar algunos de los cambios ocurridos en el período.

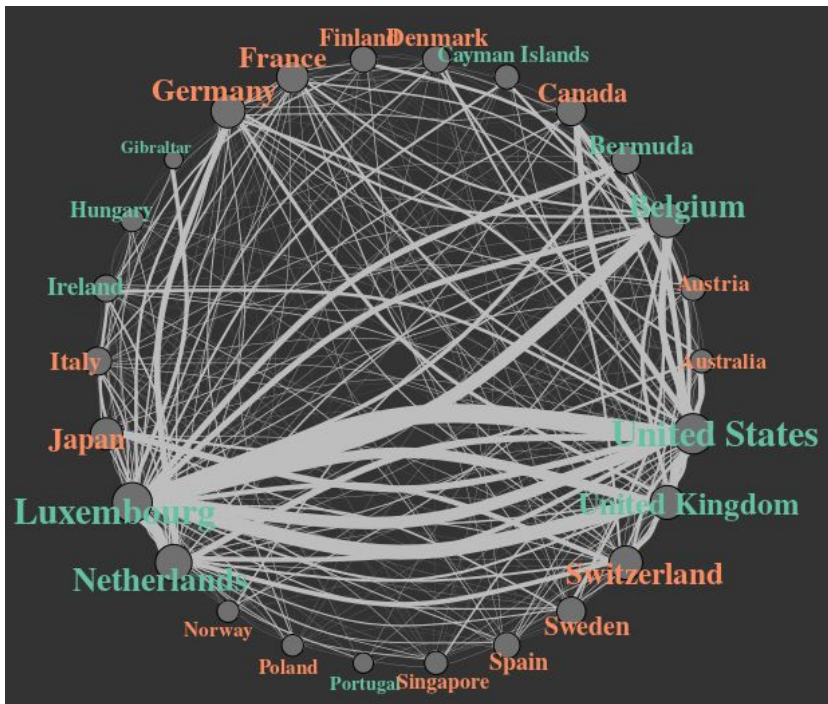
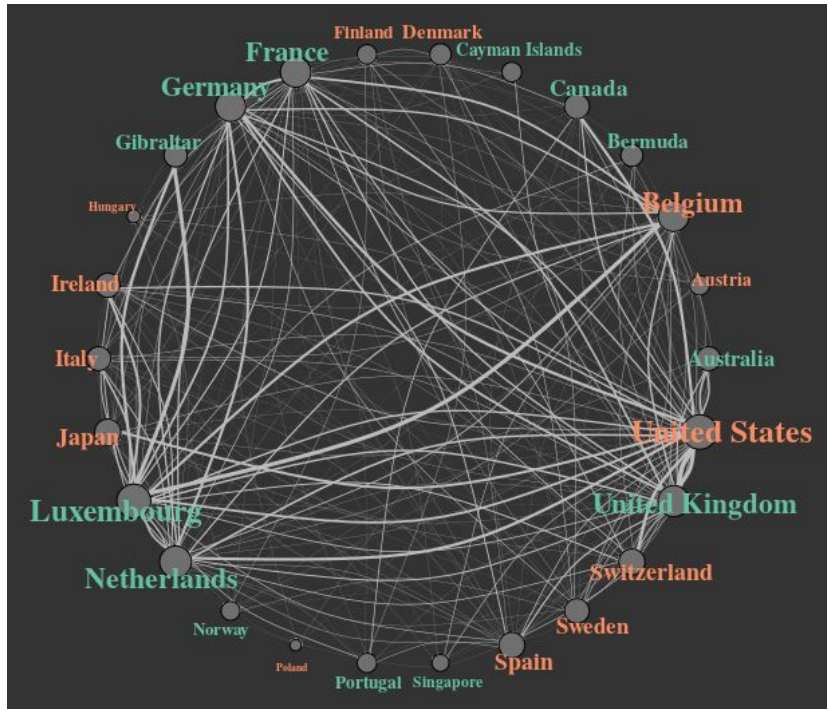
Además, se hizo un análisis de comunidades sobre sólo estos países empleando el algoritmo *spin-glass*³. Se emplea este algoritmo luego de distintos intentos empleando otros, y se encontró que, para este grafo en particular, permite encontrar menos comunidades, lo cual es útil a nuestro análisis.

Grafos dispuesto en círculo

A continuación se presentan dos gráficos, el primero de 2003 y el segundo de 2012. Estos gráficos muestran que desde 2003 a 2012 no sólo creció el monto de IED enviada y recibida por los países (lo que se ve en que el ancho de las líneas es mayor) sino que también cambió la importancia de los principales flujos. El principal cambio consiste en el rol central que pasa a tener la relación Luxemburgo - Estados Unidos en 2012, mientras que en 2003 esta relación estaba relegada en buena medida frente a otras relaciones importantes, como Luxemburgo - Bélgica. En segundo lugar, se puede apreciar que crece también la relación entre Luxemburgo y Gran Bretaña. Por último, podemos decir que la relación entre Estados Unidos y Bélgica también crece entre los dos años más que proporcionalmente. Estos cambios nos indican que los principales nodos del mundo, es decir, los de mayor centralidad, pasan a estar relativamente más conectados entre sí.

Esto mismo se puede apreciar en el cambio en la composición de las comunidades encontradas por el algoritmo *spin-glass*. Nótese que a la comunidad verde se suman Bélgica y Estados Unidos, que anteriormente pertenecían a la comunidad naranja. En 2012 la comunidad verde es la comunidad que incluye a los países con mayor centralidad de todos, mientras que la naranja sólo incluye una “segunda línea” de países, salvando la excepción de Francia.

³ Se pueden encontrar las referencias en http://igraph.org/r/doc/cluster_spinglass.html



Grafo dispuesto en estrella

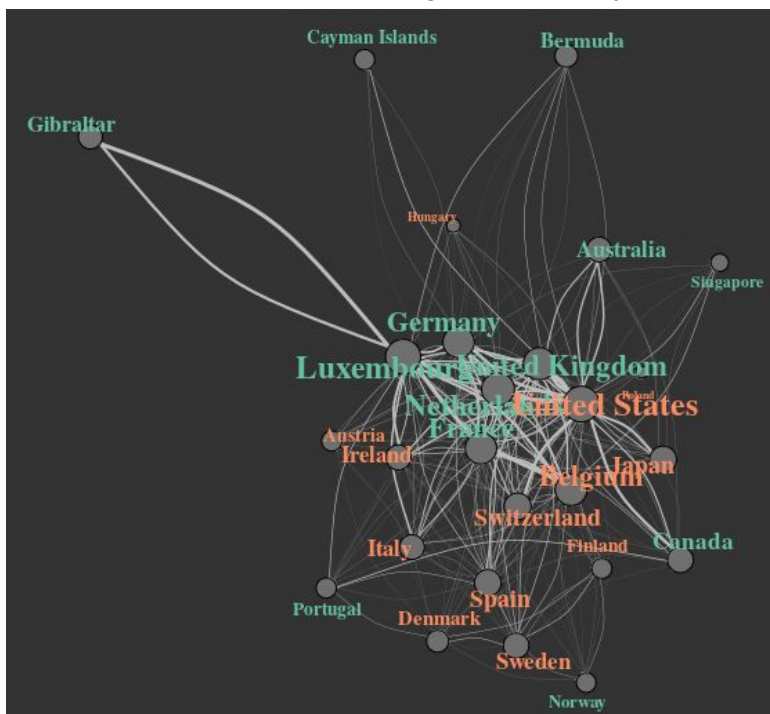
A continuación presentamos los grafos de 2003 y 2012 en una disposición de estrella modificada. Estos gráficos no están orientados a analizar los países de mayor centralidad sino algunos casos periféricos muy importantes.

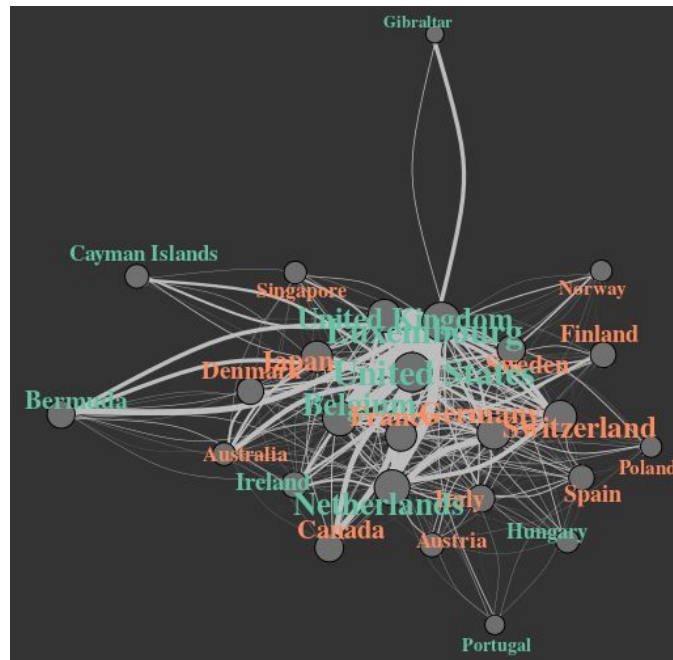
En particular, interesa analizar el caso de los siguientes países:

- Gibraltar
- Las Islas Caimán
- Bermudas
- Suiza
- Luxemburgo

Estos cinco países están entre los principales receptores y emisores de IED en el mundo pero son, en sí, economías relativamente chicas. Esto se debe a sus regímenes legales laxos en lo que respecta a materia impositiva y al secreto que ampara a las cuentas allí establecidas, a lo largo de su historia o en la actualidad.

Exceptuando Suiza, prácticamente la mayor parte de la actividad económica de los demás países gira en torno a los servicios financieros, seguros y, en algunos casos, turismo. Por su parte, si bien Suiza cuenta con una economía que ha desarrollado una gran cantidad de empresas de primer orden en el mundo, también es uno de los principales centros financieros del mundo. Vemos a continuación el grafo en 2003 y en 2012, respectivamente.





Ahora bien, Suiza y Luxemburgo se destacan tanto por el monto de IED enviada y recibida, como por su centralidad en el grafo. Estos países son los principales centros financieros de Europa (junto, también, a Gran Bretaña y Holanda), lo que se observa en su rol central en el grafo.

Por otra parte, Gibraltar prácticamente sólo tiene lazos relevantes con Luxemburgo, en este sentido, Luxemburgo aparece como un intermediario entre ciertos países y Gibraltar.

Las Islas Cayman al comienzo de la serie tienen una gran importancia con Reino Unido y con Alemania y sobre el final dejan de tener relación con Alemania, pierde peso su relación con Reino Unido y gana fuerza la conexión con Estados Unidos y con Luxemburgo. En todos los casos, Islas Cayman es un país que tiene pocas conexiones pero muy fuertes.

En el caso de Bermudas ocurre algo similar, este país cuenta con varias relaciones pero tanto al comienzo como al final la mayor parte se concentra en flujos con Luxemburgo.

Por último, tanto Suiza como Luxemburgo son centros financieros que intermedian entre los mencionados previamente y los principales países. Por este motivo, son éstos países de muy alta centralidad y cuentan con una centralidad de grado muy alta, con lo cual no dependen de sus relaciones con pocos países.

Análisis de clustering

Procedimiento

Para entender de manera más acabada el comportamiento de la IED en el plano internacional se procedió a desarrollar un análisis no supervisado.

En este sentido, se tomaron una serie de variables con el fin de reflejar distintos aspectos de los países bajo consideración. Se comenzó generando un conjunto de datos con la información promedio de todos los años.

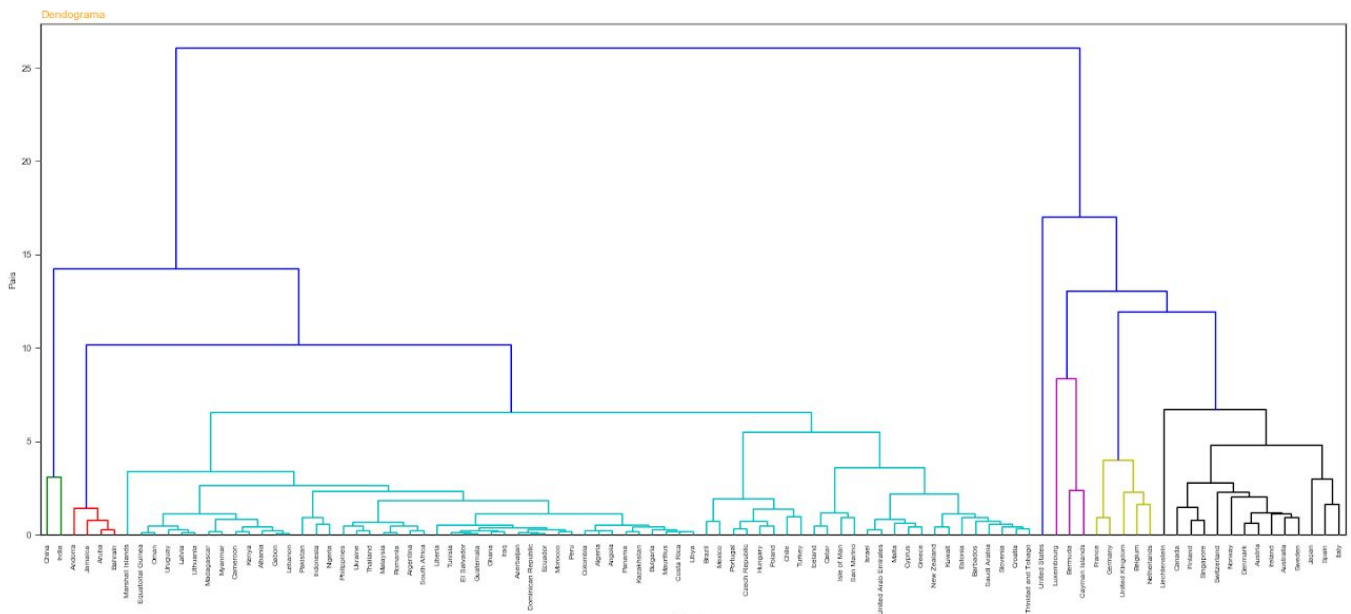
Las variables consideradas son:

- Medidas del grafo para cada país:
 - Centralidad de grados de entrada y salida
 - Centralidad de intermediación
 - Centralidad de cercanía
- Información del conjunto de datos original:
 - Promedio de IED emitida
 - Promedio de IED recibida
- Información adicional:
 - Población promedio de los últimos 10 años.
 - PBI promedio de los últimos 10 años.
 - PBI per cápita promedio de los últimos 10 años.
 - Porcentaje de IED emitida sobre PBI

Para que las variables pesen lo mismo a la hora de realizar el cluster se estandarizaron las variables, restándole la media y dividiendo por su desvío estándar.

Finalmente, analizando en varias oportunidades distintos resultados se decidió realizar un cluster jerárquico usando distancia euclídea y usando el método de Ward.

Además, se decidió que la mejor partición para nuestro estudio llevaba a elegir 7 clusters, como se pinta a continuación el dendograma.



Para representarlos gráficamente de una manera más interpretable se decidió realizar PCA y obtener los primeros dos componentes. Éstos representan el 56.8% y el 15.6% de la variabilidad total, respectivamente.

Ahora bien, observemos las características de cada componente:

| | Primer componente | Segundo componente |
|----------------|-------------------|--------------------|
| Intermediación | 0.38 | 0.13 |

| | | |
|------------------------------|------|-------|
| Cercanía | 0.29 | 0.00 |
| Grados de entrada | 0.40 | -0.04 |
| Grados de salida | 0.40 | -0.06 |
| Promedio emitido | 0.40 | -0.01 |
| Promedio recibido | 0.40 | -0.03 |
| PBI | 0.29 | 0.44 |
| Población | 0.05 | 0.56 |
| Porcentaje emitido sobre PBI | 0.10 | -0.5 |
| PBI per cápita | 0.21 | -0.46 |

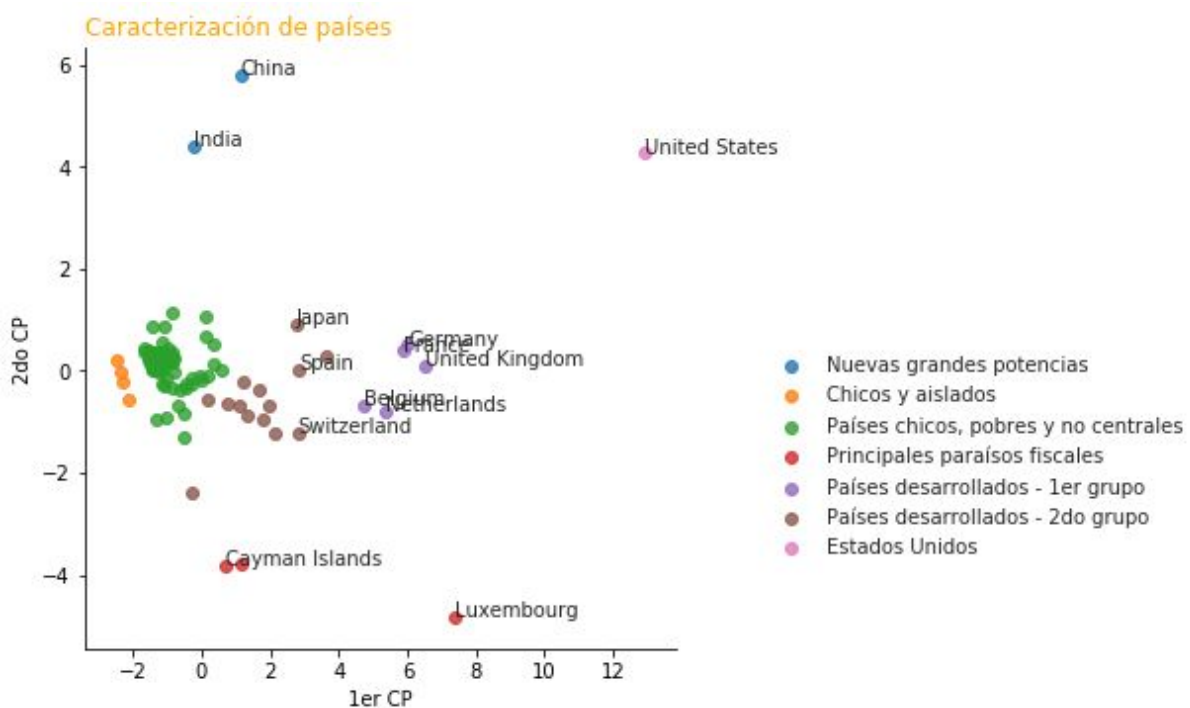
El primer componente se caracteriza por tener todos los pesos del mismo signo, lo cual indica que es un componente de *tamaño*. Nótese que da más peso a las variables más relacionadas con la centralidad de los países en el grafo

Por su parte, el segundo componente es un componente de *forma*, ya que presenta pesos de distinto signo. Lo más destacable es que va a ser mayor cuanto más grande sea el país (tanto en población como en términos económicos) y va a ser menor cuanto más rico sea el país o cuanto mayor sea el peso de la IED emitida en su PBI.

Al analizar la información representada en dos componentes se puede apreciar más fácilmente la caracterización alcanzada. En este sentido podemos destacar 7 grupos bien definidos:

1. *Nuevas potencias*. Aquí encontramos sólo dos países, pero muy trascendentes en el actual contexto internacional, India y China. Estos dos países presentan una centralidad baja en términos de IED pero una población y tamaño de la economía enorme. China presenta una mayor centralidad y un mayor PBI que India.
2. *Países chicos y aislados en términos de IED*. Este es el cluster menos relevante pero podemos mencionar que aquí se encuentran los países con menor centralidad en el grafo y de por sí muy chicos.
3. *Países chicos, pobres y otros no centrales*. Este es un cluster amplio y que refleja mayormente la situación de aquellos países chicos y que son, en general, no centrales en el grafo; países pobres y que tampoco suelen ser centrales en el grafo; y países chicos a medianos, que pueden tener un PBI per cápita más elevado pero que no son centrales en el grafo de IED, como Argentina.
4. *Principales paraísos fiscales*. En este cluster encontramos tres países: Luxemburgo, Islas Caimán y Bermudas, los cuales fueron analizados también en la sección previa. Los tres son países que presentan un elevado PBI per cápita, una centralidad del grafo entre alta y muy alta, y una población y un PBI muy bajos.
5. Luego encontramos dos grupos de *países desarrollados*:

- a. El 1er grupo de países desarrollados está integrado por aquellos países que tienen tanto un tamaño bastante cercano a la media en población pero un PBI per cápita muy elevado. Además y más importante, están entre los primeros países en todas las medidas de centralidad del grafo. En este caso son todos países europeos.
 - b. El 2do grupo de países desarrollados incluye mayormente a países europeos pero también una selección de otros países: Canadá, Australia, Japón y Singapur. Este cluster se caracteriza por tener países con un PBI per cápita tanto o más elevado que en el caso anterior pero con una menor centralidad en el grafo de IED. Además, son mayormente países un poco más chicos, salvando el caso de Japón.
6. Por último, se mantuvo separado el caso de Estados Unidos, ya que presenta características que lo ubican muy por encima de la media en todas las variables consideradas, salvo en el caso de la IED emitida como porcentaje del PBI.



Conclusiones

En el presente trabajo se analizan distintos aspectos de la estructura internacional de inversiones, a partir de una reestructuración de la información original presente en la OECD. Se estudian las características descriptivas más generales, tales como la evolución de la IED global en el período y cuáles son los principales actores, para después construir un grafo y centrar el eje de la discusión en las métricas que surgen de tomar la información como un grafo dirigido.

En este último caso, se dedica una subsección a graficar la red de dos maneras distintas, lo que nos permite enfocar el trabajo en entender ciertos cambios en los países con mayor centralidad, y también en los paraísos fiscales.

Finalmente, se enriquece el conjunto de datos original con información adicional para poder realizar un análisis de clustering y PCA. Esta última parte del presente trabajo permite derivar una clasificación de los países en distintos clusters, cada uno presentando distintas particularidades que los diferencian del resto y permiten tener una mejor comprensión de las características estructurales de la IED global.

Bibliografía:

Chow, W. (2013). An Anatomy of the World Trade Network. Consultado en: [https://www.hkeconomy.gov.hk/en/pdf/An%20Anatomy%20of%20the%20World%20Trade%20Network%20\(July%202013\).pdf](https://www.hkeconomy.gov.hk/en/pdf/An%20Anatomy%20of%20the%20World%20Trade%20Network%20(July%202013).pdf)

Bhattacharya, K., Mukherjee, G., Saramaki, J., Kaski, K., & Manna, S. S. (2008). The international trade network: Weighted network analysis and modelling. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*.

De Benedictis, L., Nenci, L., Santoni, G., Tajoli, L., & Vicarelli, C., (2013). Working Paper Network Analysis of World Trade using the BACI-CEPII dataset. CEPII.

Hernández, J.M., & Mieghem, P.V. (2011). Classification of graph metrics. Consultado en: https://www.nas.ewi.tudelft.nl/people/Piet/papers/TUDreport20111111_MetricList.pdf

Koskinen, J., Caimo, & A., Lomi, A. (2015). Simultaneous modeling of initial conditions and time heterogeneity in dynamic networks: An application to Foreign Direct Investments. *Network Science* 3 (1): 58–77.

Koskinen, J., & Lomi, A. (2013). The Local Structure of Globalization. The Network Dynamics of Foreign Direct Investments in the International Electricity Industry. *Journal of Statistical Physics*, 151:523–548

OECD. Benchmark definition of foreign direct investment: Fourth Edition. OECD, 2008.