

**IMPACTO DE LA APERTURA EN LA CONECTIVIDAD E INTEGRACIÓN DE
COLOMBIA EN LA RED MUNDIAL DEL COMERCIO.**

BERLLY OSPINA VASCO

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO

FACULTAD DE ECONOMÍA

BOGOTÁ D.C., 2013

**IMPACTO DE LA APERTURA EN LA CONECTIVIDAD E INTEGRACIÓN DE
COLOMBIA EN LA RED MUNDIAL DEL COMERCIO.**

Tesis de Grado

Presentada como requisito para optar al título de Economista

En la Facultad de Economía

Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

Presentado por:

Berlly Ospina Vasco

Dirigido por:

Carlos León

Semestre I, 2013.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	2
2. Políticas comerciales.....	5
3. Comercio.....	10
4. Redes y sistemas complejos.....	15
5. Resultados.....	22
5.1. Datos.....	22
5.2. Resultados.....	22
5.2.1. Topología de la red mundial del comercio 1980-2010.	23
5.2.2. Análisis de integración: Colombia.	33
6. Conclusiones.	42
7. Bibliografía.....	44
8. Anexo. Grafos de exportaciones e importaciones para Colombia.....	47

1. Introducción.

En los primeros años de los noventa Colombia inició el proceso de liberalización comercial que consistió en la reducción de barreras arancelarias y el desmonte de las licencias previas de importación. El objetivo consignado en el plan de desarrollo del Presidente Gaviria, “la Revolución Pacífica”, fue modernizar la economía a través de la exposición de la industria nacional a la competencia extranjera, de modo que el sector externo jalonara el crecimiento de la economía. Este giro en la política comercial colombiana, así como en la de otros países latinoamericanos, sobrevino después del pobre crecimiento de los ochenta, que se atribuyó al agotamiento del modelo de sustitución de importaciones (Ocampo, 2001). Sin embargo, la apertura fue tan solo uno de diez instrumentos que constituyeron un paradigma de desarrollo para Latinoamérica, conocido como el decálogo de Washington, promovido por el Banco Mundial y otros organismos multilaterales.

A pesar de que el decálogo de Washington fue el resultado de un consenso, el modelo tuvo disidentes académicos y políticos, tanto a nivel internacional como al interior de los países de la región. Krugman (1995), por ejemplo, afirma que la creencia acerca de que la liberalización comercial produce una aceleración dramática del crecimiento en los países en vía de desarrollo es un acto de fe más que una conclusión basada en una evidencia estadística robusta. Otros estructuralistas, como Moschos (1989) o Taylor (1988), aseguran que las asimetrías en las economías del mundo no permiten generalizar que la apertura conlleve al crecimiento en todos los países participantes. En la arena política, los disidentes argumentaron que la apertura traería pérdida de empleos y destrucción de la industria nacional.

Estas dos posiciones describen el debate latinoamericano en los noventa, en el que se cuestionó no solo la conveniencia de la apertura, sino la de todas las políticas económicas del decálogo. Dos décadas después, las reformas no tuvieron los efectos esperados por sus defensores. Stiglitz (2003) afirma que el crecimiento de América Latina en los noventa fue tan solo la mitad de lo observado en las décadas de los cincuenta, sesenta y setenta. Colombia no fue la excepción; con base en datos de la UNCTAD, el crecimiento fue de 5,38% en los setenta, 3,47% en los ochenta y 2,94% en los noventa.

Sin embargo, la tendencia bajista en el crecimiento colombiano de los noventa no es necesariamente evidencia de la debilidad en la relación de apertura y crecimiento. Para llegar a

esa conclusión debe comprobarse que la reforma tuvo la capacidad para exponer al país a una industria competitiva, lo que debe reflejarse en una medida de apertura.

Buena parte de la literatura existente sobre liberalización comercial usa varios indicadores para medir qué tan abierta está una economía: tasa de protección efectiva, tasa promedio arancelaria, sobretasa promedio arancelaria y, de los más comunes, coeficientes de apertura (Durán y Álvarez, 2008):

$$\text{Apertura medida por exportaciones} \quad X/\text{PIB} \quad (1)$$

$$\text{Apertura medida por importaciones} \quad M/\text{PIB} \quad (2)$$

$$\text{Apertura medida por el intercambio comercial} \quad (X+M)/\text{PIB} \quad (3)$$

$$\text{Apertura medida por el promedio del intercambio comercial} \quad ((X+M)/2)/\text{PIB} \quad (4)$$

Donde X son las exportaciones, M son las importaciones y PIB el producto interno bruto.

En efecto, estos coeficientes consideran que una economía es más abierta si aumenta el peso de su sector externo sobre su PIB. Pero no se puede afirmar que un mayor coeficiente indica que una economía es más abierta que otra. Por ejemplo, para el año 2011, el coeficiente de intercambio comercial, extraído de la base de datos de UNCTAD, para Estados Unidos y el Reino Unido fue de 25% y 46%, mientras el de Lesotho fue de 139%. Contrasta con lo anterior el hecho de que ese intercambio comercial pesa en el total mundial el 6%, 7,3% y 0,003%; entonces, el índice de apertura resulta insuficiente y, potencialmente, errado.

Para Colombia, en el mismo año, el coeficiente de apertura de intercambio comercial se ubicó en 37,34%, valor intermedio entre Estados Unidos y el Reino Unido. En la década de los ochenta el promedio fue de 21%, en los noventa de 26% y del 2000 al 2009 de 33%.

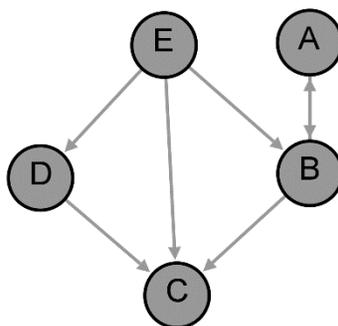
Sin embargo, aunque el promedio del indicador aumenta en los noventa, no brinda información acerca de la posición relativa de Colombia, especialmente cuando otros países en vía de desarrollo adoptaron medidas similares. La pregunta, entonces, ya no es qué tanto pesa el comercio exterior dentro del PIB, sino cómo quedó el país en ese nuevo mapa comercial y, desde luego, qué forma tiene esa red que integra; si la estructura centro-periferia propuesta por Prebisch en los cincuenta continúa vigente, o si se puede afirmar, como Ocampo (2011), que Latinoamérica conformó una clase media en el comercio mundial.

Resulta indispensable, entonces, una medida que describa, en términos de integración, el alcance que tuvo la política comercial colombiana iniciada a finales de los ochenta, así como la evolución de la red mundial de comercio y la posición del país dentro de ésta. Para ello se recurre al estudio de redes, en el que se profundizará adelante. Por ahora, se destacará la capacidad que tiene esta metodología para representar y analizar sistemas complejos como internet, redes viales, redes financieras, ecosistemas, comunidades, que no son más que un conjunto de elementos que interactúan entre sí, tal cual como sucede con los países en el campo comercial.

Una red, en el sentido más común, es un conjunto de puntos, nodos o vértices relacionados a través de conexiones, líneas o aristas. Para este análisis, los puntos son los países y las conexiones, las importaciones y las exportaciones. Las importaciones se representan por una flecha que llega al nodo y las exportaciones por una flecha que apunta a otro nodo o socio comercial.

Si se supone un grupo de cinco economías, un ejemplo de red sería:

Gráfico 1. Red de comercio para un grupo de cinco economías.



Fuente: Elaboración del autor.

Así que un análisis en términos de estructura y de conectividad brinda esa otra perspectiva del comercio en la que los países no son unidades solitarias, sino que hacen parte de un sistema. Ese análisis puede dar luces al debate que se ha desarrollado en la arena política y que ha tenido su punto álgido al evaluar las ventajas o beneficios de la apertura. Por ejemplo, Arora y Vamvakidis (2005) encontraron que un incremento del 1% en la cantidad de socios comerciales está correlacionado con un aumento de 0,8% en el crecimiento, y que, además, ese crecimiento es más acelerado si sus socios comerciales son países que también crecen y si son países ricos, en contraste con la relación estadísticamente débil entre el coeficiente de apertura y el crecimiento documentada por Krugman (1995).

El análisis de grafos permite develar estructuras jerárquicas difíciles de identificar a simple vista. Por ejemplo, aunque internet tiene millones de páginas, el uso de un motor de búsqueda limita el número de clics que un usuario realiza para encontrar información. El truco consiste en el uso de algoritmos que identifican y ordenan los nodos o páginas relevantes para una consulta, donde una página puede ser relevante o central porque recibe o envía muchas conexiones o se conecta con otras que ya lo son (León y Pérez, 2013a). En ese sentido, los países centrales en la red comercial serían aquellos que tienen la mayor cantidad de socios comerciales. Sin embargo, la red comercial difiere de la *World Wide Web* en que los links que van de un nodo a otro tienen un peso que corresponde al volumen exportado o importado; en ese caso, la medida de centralidad se relaciona no solo por la cantidad de conexiones, sino por la calidad de esas conexiones.

En ese orden de ideas, este documento caracteriza la topología de la red mundial de comercio y la evolución del país dentro de ésta, para el periodo entre 1980 y 2011, que comprende el antes y después de la apertura comercial de inicio de los noventa. El texto se divide en cinco secciones, de las cuales la introducción es la primera. En la segunda, se resumen las políticas comerciales que el país adoptó en el siglo XX hasta llegar a la apertura. En la tercera, se describe el desarrollo del comercio exterior en el mismo periodo y hasta el 2010. En la cuarta, se exponen algunos conceptos de sistemas de redes y medidas de centralidad que se van a usar en el análisis colombiano. Y, finalmente, se presentan los resultados obtenidos.

2. Políticas comerciales.

La relación de Colombia con el exterior estuvo marcada desde sus inicios por su condición de colonia, etapa en la cual la vocación hacia afuera le fue inherente. Pero una vez llega la independencia, se abre la discusión sobre los pasos a seguir en materia comercial. Según Tovar (1997), los aranceles vigentes en la colonia se redujeron, en promedio, de 35-40% a 20%; sin embargo, desde 1820 hasta 1847, el país optó por sostener un proteccionismo moderado hacia algunas actividades agrícolas y fomentar la industria nacional; evidencia de ello fueron el arancel *ad valorem* promedio, que se movió entre el 20% y 30%, y la implementación de un programa de beneficios para la industria, que incluyó el acceso a créditos y exenciones tributarias en la importación de maquinaria.

Para la segunda mitad del siglo XIX se adoptó una serie de reformas liberales dentro de las que se destacan, en el ámbito comercial, la eliminación de algunos aranceles, simplificación del

sistema aduanero y abolición del monopolio del tabaco, uno de los productos exportables del país. Sin embargo, los aranceles fueron en esta época una importante fuente de ingresos, por lo cual, ante la escases de estos últimos, el Estado aumentó continuamente la carga tributaria hasta conseguir un arancel promedio del 30%, porcentaje que fue muy similar al sostenido en periodos proteccionistas como el de inicio de la República o la regeneración (Melo, 1997).

El siglo XX inicia con una política de protección, con miras a garantizar la producción nacional de determinadas industrias. El presidente Reyes apostó por una balanza comercial a favor, razón por la cual se permitió la entrada de materias primas, se establecieron subsidios a las industrias exportadoras y se limitó la importación de productos que competían con la producción nacional (Bejarano, 1997). El arancel promedio al inicio de siglo era del 36,5% y aunque se redujo, la política de protección respecto de las importaciones se mantuvo durante las tres primeras décadas, excepto para los bienes de capital.

De 1932 a 1937 el mundo se movió hacia el proteccionismo. Para ese entonces, aumentaron considerablemente los aranceles y otras barreras. Sin embargo, Ocampo (1997a) resalta la ineficacia del tipo de arancel que había predominado en Colombia hasta entonces, pues éste correspondía a una cantidad de centavos por kilo, y ante altas inflaciones, como las presentadas en los veinte y en algunos años en los treinta, la barrera arancelaria se reducía proporcionalmente y perdía su función. Otra medida que coexistió con el proteccionismo fue la firma de un acuerdo con Estados Unidos en 1935, que permitió el trato preferencial para las importaciones provenientes de ese país a cambio de que las exportaciones de café no fuesen gravadas. En 1938 se revirtieron algunas de éstas medidas, pero solo temporalmente, pues ante el colapso mundial del comercio provocado por la segunda guerra mundial, el país prohibió la mayoría de las importaciones (Villar y Esguerra, 2005).

Aunque el país giró sus políticas hacia la industria desde los años treinta, no fue sino hasta los años cincuenta que se construyó el marco teórico de la sustitución de importaciones, una perspectiva difundida por la CEPAL, que se adoptó rápidamente en Latinoamérica. Las reformas de 1950, 1959 y 1964, en las que se elevaron los niveles de protección nominal, respondieron, en parte, a este modelo que coexistió con la promoción de exportaciones; por esa razón autores como Ocampo et al. (1997) llaman a este periodo “industrialización dirigida por el Estado”.

Varios instrumentos promocionaron las exportaciones: el plan Vallejo en 1959, que redujo los aranceles en los insumos de empresas exportadoras; el certificado de abono tributario o CAT, que eran subsidios a las exportaciones no tradicionales, que después se llamaría CERT, certificado de reembolso tributario; un mecanismo de acceso a créditos a través de una nueva institución, el fondo de promoción de exportaciones, Proexpo (1967); y la adopción del sistema de devaluación gota a gota o *crawling peg* (Villar y Esguerra, 2005).

En la década de los setenta se dio un giro en la política comercial. La liberación de importaciones empieza en el gobierno de López en 1974 de manera gradual, para luego acelerarse en 1978 en el gobierno de Turbay. El arancel promedio fue de 26% y la lista de libre importación ascendió a 70,8% del universo arancelario, desde 29,6% en 1974 (Ocampo et al., 1997). Sin embargo, la crisis de deuda latinoamericana, además de la contracción del comercio debido a la estanflación de los países desarrollados y el mal comportamiento de los indicadores económicos, presionó el desmonte de algunas medidas de liberalización; por el método de licencias previas, por ejemplo, se rechazó la entrada de una cantidad considerable de productos. Sin embargo, la restricción duró poco y en 1985-86 se contrajo de nuevo la lista de productos que requerían licencias previas, se redujeron gradualmente los aranceles, así como los CERT y los subsidios crediticios de Proexpo, y en ese mismo periodo se impuso la sobretasa arancelaria del 16% (Garay, 1998), pero, finalmente, la devaluación real jugó a favor de la liberalización y compensó la protección impuesta por otras medidas (Ocampo et al., 1997).

En 1989 inició el proceso de apertura, en el gobierno de Virgilio Barco. La apertura tuvo dos objetivos: el primero, orientar la producción al sector externo y el segundo, facilitar acceso de insumos y bienes de capital para aumentar la productividad (Garay, 1998). La propuesta se presentó en enero de 1990, y en ella se contempló una liberalización gradual en dos etapas: en la primera se desmontaban las licencias previas para luego imponer un arancel a esos productos; en la segunda, el arancel más sobretasa debería llegar a 25%. Adicionalmente, la reforma planteó un sistema de protección para los productos agropecuarios por medio de una franja de precios, donde un aumento en los aranceles correspondía a una baja en los precios internacionales (Ocampo, 1997b). En materia de política cambiaria, se proyectó que una devaluación evitaría una entrada fuerte de las importaciones y un desbalance en el mercado de divisas.

Con el primer plan en ejecución se incrementó el universo libre de importación de 38,1% en enero a 55,6% en marzo de 1990 (Garay, 1998). Ya en el gobierno de Gaviria, en el mismo año,

se abandonó la gradualidad del plan inicial ante la falta de respuesta en las importaciones. La eliminación de las licencias, que en principio se haría en cinco años, se implementó en nueve meses, y la desgravación arancelaria en año y medio, además de abandonar la idea de devaluación real (Ocampo, 1997b). La tasa arancelaria más sobretasa en 1990 fue, en promedio, de 36,3% y cayó a 14,3% en septiembre de 1991 (Sarmiento, 1992); el universo libre de importación pasó de 55,6% en enero a 96,7% a finales del año; se adoptó un arancel común con Venezuela, se redujeron los CERT y se eliminaron los subsidios de Proexpo (Ocampo, 1997b). En 1992 se sustituyó el *crawling peg* por un mecanismo de banda cambiaria.

En términos institucionales se creó el Ministerio de Comercio Exterior en 1991; se reestructuró el INCOMEX, al que se le encargó regular la competencia desleal; y Bancoldex, antes Proexpo, empezó a funcionar como instituto de fomento.

Además de las anteriores medidas, la década de los noventa estuvo acompañada de varios tratados o acuerdos comerciales o de preferencias. En principio, estos acuerdos aumentan la cantidad de conexiones del país. A continuación se enumeran algunos que tuvieron su origen antes de la apertura como el Grupo Andino, y otros que se promovieron durante la apertura o después de los noventa:

Tabla 1. Acuerdos comerciales colombianos.

Acuerdo	Descripción	Año
Andean Trade Preference Act, ATPA.	Ley estadounidense que favoreció la entrada de determinados productos colombianos con el objetivo de generar empleo en el marco de la lucha contra la droga.	1991 a 2001
Andean Trade Promotion Drug Eradication Act, APTDEA.	Ley en línea con el ATPA que permitió la entrada de productos que ya tenían una reducción arancelaria y excluyó aquellos que estaban desgravados.	2002 a 2011
Grupo Andino o Comunidad Andina, CAN.	Asociación nacida del acuerdo de Cartagena de 1969 que se reactivó en 1993 a través de la creación de una zona de libre comercio que benefició a Colombia, Bolivia, Ecuador y Venezuela.	1969. Se reactivó en 1993.

Acuerdo con la Comunidad del Caribe, CARICOM.	Acuerdo de Colombia con los países del CARICOM que se propone eliminar barreras no arancelarias y desgravar gradualmente algunos productos.	1994
Grupo de los tres, G 3.	El tratado de los tres incluyó a Colombia, Venezuela y México. Estableció una reducción gradual de aranceles. Se conoció como el G2 cuando Venezuela se retiró en el 2006. Actualmente se lleva a cabo un programa de desgravación entre Colombia y México.	1994
Sistema Generalizado de Preferencias para los Países Andinos, SGP.	El SGP permite que algunas de las exportaciones de países en vías de desarrollo y de menor grado de desarrollo tengan preferencias arancelarias en Estados Unidos y la Unión Europea. En el 2005 inició el SGP plus con vigencia hasta el 2015.	1971
Acuerdo con el Triángulo Norte.	Acuerdo suscrito entre Colombia, El Salvador, Guatemala y Honduras que benefició a un grupo reducido de productos. Entre el 2009 y 2010 se firmaron tratados de libre comercio con estos países.	1984
Asociación Latinoamericana de Integración, ALADI.	Es un organismo creado en 1980, que promueve la integración de los países a través de acuerdos parciales y multilaterales de comercio.	1980
Acuerdo de complementación económica con Chile y TLC.	A partir del acuerdo de complementación con Chile se inició una desgravación arancelaria de algunos productos hasta llegar a un tratado de libre comercio que entró en vigencia en el 2009.	1993
Acuerdo con Canadá.	Acuerdo de integración comercial con Canadá, que además incluye aspectos laborales y ambientales.	2008
Acuerdo con la <i>European Free Trade Association</i>, EFTA.	Este tratado está en vigencia desde el 2011 con dos de los países miembros, Suiza y Liechtenstein, queda pendiente la firma con Noruega e Islandia.	2011
Acuerdo con Corea del Sur.	Propone la eliminación gradual de aranceles.	2012
Acuerdo de la CAN con Mercosur.	Colombia accede a través del CAN al MERCOSUR. El acuerdo desgrava productos agrícolas e industriales de cada país en unos plazos específicos.	2004

Fuente: Elaboración del autor.

3. Comercio.

En la primera mitad del siglo XIX el país sostuvo un proceso de independencia, que en términos de comercio significó el rompimiento de la exclusividad con España, al menos para las exportaciones. Los primeros socios comerciales fueron Jamaica y las colonias inglesas en las Antillas. En cuanto a los flujos comerciados, éstos se redujeron después de la colonia, pero se mantuvo el oro como principal producto de exportación (Tovar, 1997).

Para la segunda mitad se pueden contar algunos enlaces a la red internacional del comercio. Pero algunos de ellos parecen más explicados por la ausencia de otro país en el mercado; es decir, por los cambios en la red comercial, o por una coyuntura positiva en los precios internacionales. Por ejemplo, la guerra de secesión de Estados Unidos ayudó a que las exportaciones colombianas de oro y algodón tuvieran un pequeño auge, pero una vez terminada la guerra, el oro californiano se volvió a imponer, así como el algodón. En otros casos, como en el de las exportaciones de tabaco a Alemania, éstas cayeron porque la isla de Java, colonia holandesa, logró un trato preferencial y pasó sin barreras arancelarias el tabaco y otros productos; por otro lado, el tabaco colombiano era de menor calidad. La quina tuvo una caída en los precios internacionales que la hizo perder su atractivo, y el invento de la anilina acabó las exportaciones de añil (Tirado, 1971).

Si las conexiones hacia afuera fueron intermitentes, con respecto a las importaciones, el comportamiento no fue mucho mejor. Tirado (1971) describe un país con una economía de autoconsumo, con una clase media muy disminuida y unos costos de transporte que no son los inversos de los costos de las exportaciones, ya que las líneas de tren o el río Magdalena se usaron en función de los productos de salida: el oro de Antioquía se transportaba en sus correspondientes líneas férreas, así como el tabaco sembrado en las riveras del río Magdalena se sacó a través del mismo río. Al contrario, para las importaciones, el producto que llegaba debía acceder a su posible destino por caminos precarios, generando un costo natural o una barrera geográfica (Tirado, 1971). Desde entonces, la conexión hacia afuera parece más robusta, mientras las conexiones que apuntan a Colombia tienen dos impedimentos: los costos y la demanda interna. Entre éstas y otras razones institucionales, Kalmanovitz (2007) subraya que el país no aprovechó la primera globalización (1860 a 1914), a diferencia de otros latinoamericanos como Chile y Argentina, que se conectaron con el mundo bajo una estructura centro-periferia. Empero, destaca el rol del café, que, aunque tarde, logró que Colombia tuviera cierto enclave en la red mundial.

De 1915-1919 a 1925-1929 el valor de las exportaciones aumentó en un 152%. El café fue el principal producto exportado y logró incrementar su peso en la producción global de 3,5% a 11,3% en 1930 (Bejarano, 1997).

Desde la independencia, cada producto protagonista de las exportaciones determinó la forma de la red comercial. Hacia 1850 el oro concentró la red de exportaciones en Inglaterra (Gráfico 2), en 1870 el tabaco la diversificó (Gráfico 3), y el café la redujo de nuevo, para 1910 las exportaciones a Estados Unidos representaron el 50% (Melo, 1997).

Gráfico 2. Red de exportaciones 1850

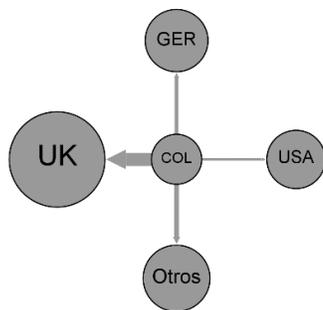
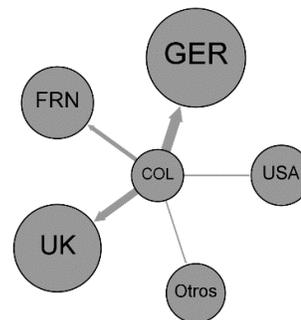


Gráfico 3. Red de exportaciones 1870.



Fuente: Elaboración del autor con base en datos de Melo (1997).

Fuente: Elaboración del autor con base en datos de Melo (1997).

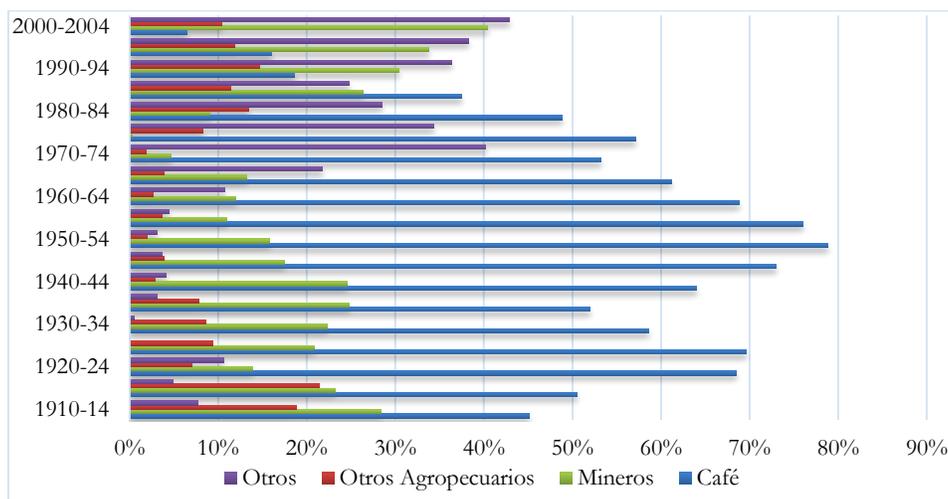
El grosor de las flechas, en los gráficos 2 y 3, así como el diámetro de los círculos representa el peso porcentual de las exportaciones a cada país de destino.

El café también tuvo efecto sobre las importaciones, pues la disponibilidad de divisas redundó en un crecimiento de 134% de éstas de 1923 a 1929. Ese incremento tuvo relación con la etapa de industrialización que vivió el país, la disminución de costos de transporte por el desarrollo de las redes de ferrocarriles y viales, y la ley de emergencia de 1927, que levantó la restricción sobre la importación de víveres y alimentos (Bejarano, 1997).

La crisis de los años treinta, así como los periodos entre guerras, impuso una pausa en el comercio mundial. Sin embargo, aun cuando el precio del café cayó, las exportaciones del grano, en términos de cantidades, continuaron en ascenso. A pesar de ello, la recuperación del precio del café no se obtendría sino hasta los cuarenta, gracias al sistema de cuotas, pero sin alcanzar los precios de los veinte; entre tanto, los valores de las exportaciones e importaciones decrecieron y no se reactivaron sino hasta la posguerra.

En el periodo comprendido entre los cincuenta y la primera mitad de los ochenta, el comercio exterior mostró un comportamiento lento si se le compara con el periodo 1910-1930, e igual que en éste, las exportaciones de café marcaron el ritmo de crecimiento del sector externo. El crecimiento de la producción de café entre los cincuenta y ochenta fue de 2,2% anual, lo cual desplomó la participación del país en la producción mundial del café: cayó de 20% en los cuarenta a 17% en los cincuenta, a 12% en los setenta y una leve recuperación en los ochenta que lo situó en 15% (Ocampo et al., 1997). Al mismo tiempo, al disminuir la cantidad de divisas disponibles, las importaciones se redujeron en proporción al PIB, al menos para algunos años a finales de los cincuenta, la primera mitad de los sesenta y, marcadamente, en la crisis de los ochenta (Villar y Esguerra, 2005).

Gráfico 4. Composición de las exportaciones colombianas. 1910-2004.



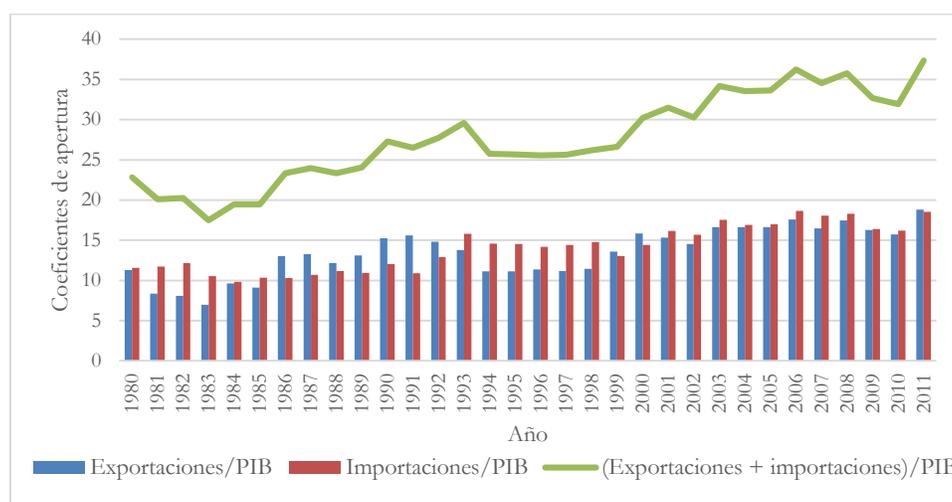
Fuente: Elaboración del autor con base en datos de Villar & Esguerra (2005)

Durante este periodo, de 1950 a 1980, la base exportadora no tuvo mayor diversificación. Como se muestra en el Gráfico 4, la participación del café no descendió sino hasta los ochenta; antes de esta década, solo se redujo ante un incremento en las exportaciones mineras en los treinta y por tanto, las dinámicas en términos de socios se definieron por los destinos de las exportaciones del grano.

En los ochenta sobrevino la crisis de deuda de los países latinoamericanos, cuyo origen se relaciona con la estanflación de los países desarrollados, especialmente de Estados Unidos, y la contracción de sus importaciones, que redujeron sustancialmente el comercio mundial y que tuvo un impacto moderado en Colombia. A mediados de los ochenta, una breve bonanza

cafetera dinamizó las exportaciones, papel que después recayó en los productos mineros, como se expone en el Gráfico 4, así como en las exportaciones no tradicionales. El indicador de apertura de comercio¹ tuvo una tendencia alcista después de 1983 y se extendió hasta 1993 (Gráfico 5) con una balanza comercial positiva que acompañó la mayoría de ese periodo (1986 a 1992). Después de esa tendencia alcista, el índice de apertura del comercio cae de 1993 a 1994 y se estanca hasta el 2000, año en el que recupera el mismo nivel de 1993. Cabe destacar que una vez se ejecutó la apertura, las tasas de cambio real de las importaciones y de las exportaciones se revaluaron y funcionaron como contrapeso de la reforma (Ocampo, 1997b). Del 2000 al 2008 el comercio aumentó su peso respecto del PIB y del 2008 al 2010 esa proporción se contrae.

Gráfico 5. Indicadores de apertura para Colombia. 1980-2011.

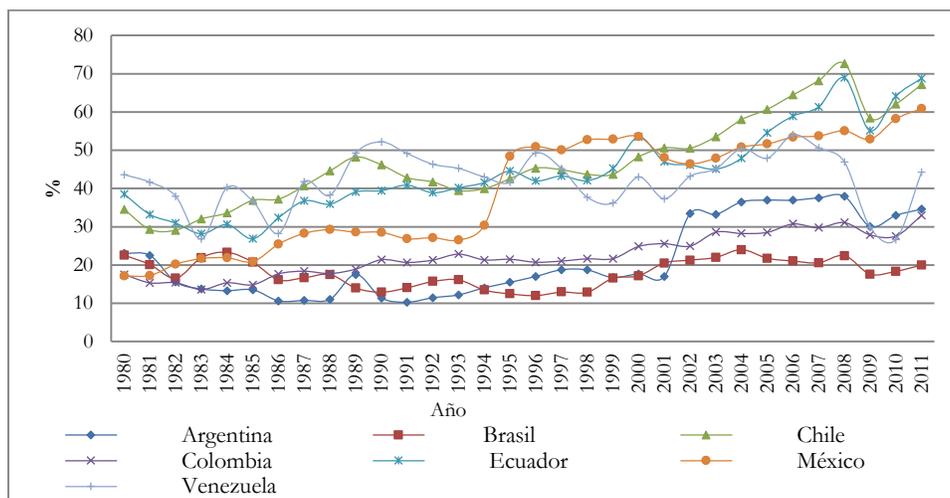


Fuente: Elaboración del autor con base de datos UNCTAD.

En cuanto a la posición relativa del país, para las décadas entre el 1980 y el 2010, el coeficiente de apertura de intercambio muestra un comportamiento similar entre Colombia, Argentina y Brasil, todos ellos por debajo de Chile, Venezuela y Ecuador, mientras México es cercano al primer grupo hasta 1994, año en el que incrementa su índice y alcanza a los países del segundo grupo. Para todos los países, el índice no tiene crecimientos importantes en la década de los noventa; en cambio, del 2000 al 2008 los incrementos ascendentes son más fuertes, especialmente, para Chile y Ecuador (Gráfico 6).

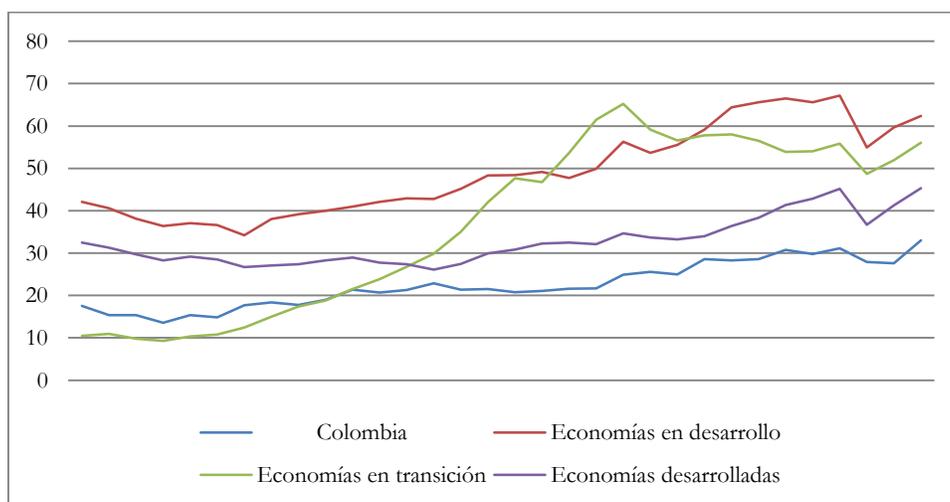
¹ $(X+M)/PIB$

Gráfico 6. Índice de apertura de intercambio. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor con base de datos UNCTAD

Gráfico 7. Indicador de apertura por economías. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor con base de datos UNCTAD

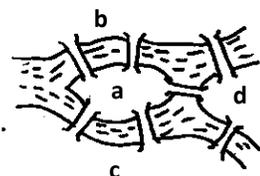
Si se compara al país con las economías agrupadas por su nivel de desarrollo (Gráfico 7), Colombia está por debajo del indicador de apertura promedio de las economías en desarrollo. Cabe anotar que a mayor nivel de desarrollo de la economía, más bajo es el indicador; eso se explica porque en estos países los mercados locales son fuertes, la inversión, el consumo y el gasto público tienen un mayor peso en la economía que las exportaciones e importaciones (Duran y Álvarez, 2008).

4. Redes y sistemas complejos.

El análisis de redes es un campo de investigación interdisciplinario en el que, a través de diversos modelos, algoritmos y mediciones, se persigue la comprensión de redes naturales y artificiales (Börner et al., 2007). Hoy en día es posible hallar aplicaciones en redes sociales, financieras, cadenas alimenticias, etc. En adelante se hará un breve recuento sobre su inicio y evolución, y se mencionarán algunos conceptos de competencia para esta investigación.

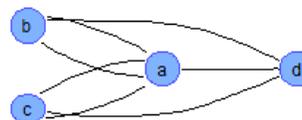
La teoría de grafos no tiene un origen específico, sin embargo se reconoce al matemático Leonhard Euler como un precursor en el tema. En 1736, Euler publicó el trabajo *Solutio Problematis ad Geometriam Sitvs*, en el que analizó la imposibilidad de obtener una solución al problema de los puentes de Königsberg. Esta ciudad, hoy Kaliningrado, se dividía en cuatro zonas unidas por siete puentes (Gráfico 8). El problema proponía pasear la ciudad, sin cruzar un puente dos veces y regresar al punto inicial. En los términos de la teoría de grafos actual, Euler pensó cada zona como un punto y cada puente como una arista (Gráfico 9).

Gráfico 8. Königsberg.



Fuente: Hopkins y Wilson, 2004.

Gráfico 9. Multigrafo de Königsberg.



Fuente: Hopkins y Wilson, 2004.

Este grafo o red puede ser descrito por dos conjuntos, uno de vértices o zonas (V) y otro de aristas o puentes (E), donde los pares que conforman el conjunto E hacen parte del conjunto V . Así: $V = \{a, b, c, d\}$ $E = \{\{a, b\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, d\}, \{c, d\}\}$ (Hayes, 2002). Los elementos del conjunto V se representan gráficamente con puntos, mientras los subconjuntos del conjunto E , con líneas. Se puede afirmar, además, que como hay más de una conexión entre un par de puntos, este grafo es un multigrafo y que es una red no dirigida porque es posible circular en cualquier dirección por cada puente.

La solución de Euler se relaciona con un concepto nuclear de la teoría de grafos: el grado, que es el número de conexiones que tiene cada nodo. El nodo a es de grado 5, mientras los nodos b , c y d tienen grado 3. Euler afirmó que el problema tendría solución si el grafo de Königsberg

tuviera solamente dos nodos con un total de conexiones impares, por lo que al tener todos los nodos conexiones impares, no existe un camino que cumpla las condiciones propuestas.

Ya un problema más contemporáneo fue el de la hipótesis de los seis grados de separación. El teorema propone que una persona está conectada con cualquier otra, en cualquier parte del mundo, por no más de 5 intermediarios. La idea apareció, inicialmente, en un cuento llamado “Chains” del escritor húngaro Frigyes Karinthy en 1929, pero fue el profesor Stanley Milgram quien la llevó al campo de la ciencia a través de un experimento: éste consistía en escoger aleatoriamente a dos personas objetivo, una emisora y otra receptora de una carta, ambas residentes en Estados Unidos. El trabajo de Milgram mostró que el diámetro o promedio de pasos que tomaba la carta en llegar del emisor al receptor era de 5,5 personas, con un mínimo de 3 y un máximo de 4. Aunque dos terceras partes de las cartas no llegaron a su destino, los resultados reflejaron una característica de las redes sociales, que el mismo Milgram llamó “mundo pequeño” debido a su diámetro reducido. Una red como Facebook, que con 721 millones de nodos tenía un diámetro de 4,75 personas en mayo de 2011, es una muestra de ello (Ugander et al., 2011).

Los matemáticos Steven Strogatz y Duncan Watts, en los noventa, validaron los resultados de Milgram y caracterizaron la topología del mundo pequeño a través de dos indicadores: el diámetro de la red y el coeficiente de agrupamiento. No obstante, otras topologías de grafos también conllevan la existencia de un diámetro corto en una red, una de ellas es la red “libre de escala”, con la que Alberto Lázsló Barábasi describió la *World Wide Web*.

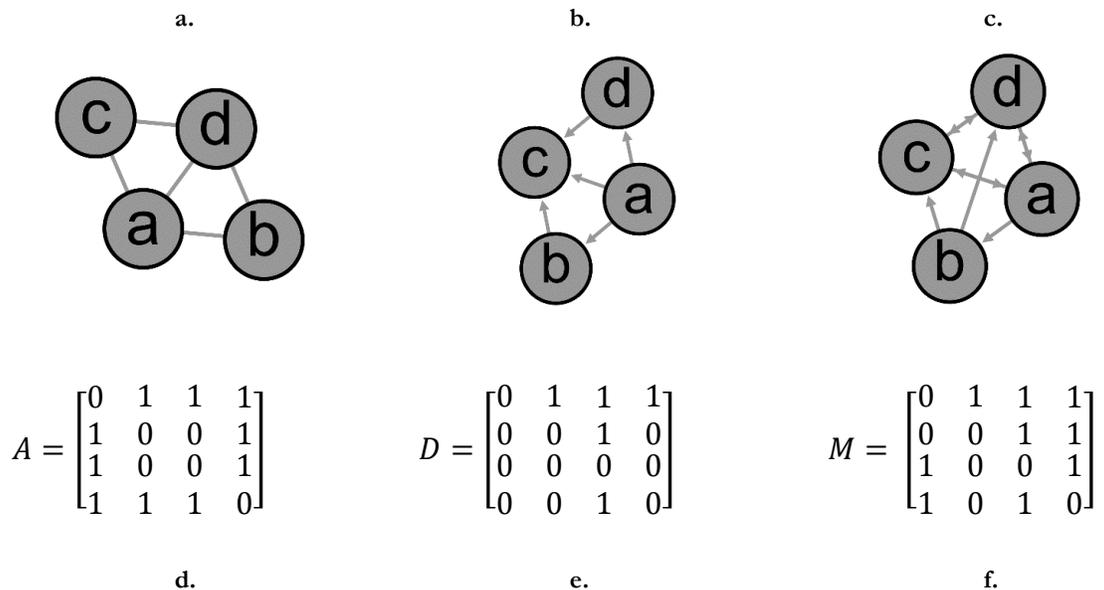
Una red “libre de escala” posee algunos pocos vértices o nodos con un gran número de conexiones, que se denominan *hubs*, y una gran cantidad de nodos con pocas conexiones. Esto permite que nodos que tienen un grado muy bajo puedan acceder, en pocos pasos, a otros nodos lejanos en la red. Para internet, en la que los *hubs* son por ejemplo los motores de búsqueda, Barábasi encontró que bastan 19 clics para ir de una página a cualquier otra, y que esta distribución de grado sigue una *power law* (Hayes, 2000); en consecuencia cada nuevo nodo que ingresa a la red tiene preferencia por el *hub*.

Otro estudioso de la *World Wide Web* es John Kleinberg, quien no solo identificó *hubs* sino *authorities*. Una página es *authority* cuando varios *hubs* apuntan a ella, y una página es un *hub* cuando varios *authorities* reciben de ella. Con estos conceptos Kleinberg creó un algoritmo para clasificar

la importancia de una página en la red. Paralelo a este algoritmo surgió *PageRank*, el algoritmo detrás del motor de búsqueda *Google* desarrollado por Brin y Page (1998), que al igual que el primero, es más eficiente en la clasificación de páginas que las simples medidas de grado (León y Pérez, 2013a).

Los mencionados aquí y otros aportes nutrieron la teoría de grafos y, hoy por hoy, existe una serie de medidas, técnicas, algoritmos y modelos que superan el análisis visual, y que son usados en diferentes campos académicos. Aquí se definirán algunos conceptos que se usarán a lo largo de este texto: grafo dirigido, grafo no dirigido, grafo ponderado, matriz de adyacencia; medidas tales como grado, grado promedio, grado *in*, grado *out*, *strength*, *strength in*, *strength out*, distribución de grado y topología de los mismos, *hubs* y *authorities*.

Gráfico 10. Ejemplos de grafos no dirigidos (a), dirigido (b) y multigrafo (c) y sus respectivas matrices de adyacencia.



Fuente: elaboración del autor.

- Grafo no dirigido

Un grafo no dirigido (G) se define por un par de conjuntos $G=(V,E)$, donde V es un conjunto no vacío y numerable cuyos elementos son nodos o vértices (i) y, E es un conjunto compuesto por pares de nodos, sin orden, llamados conexiones o vínculos, en el que la conexión (i, j) especifica una relación de adyacencia o vecindad entre los nodos i y j . El número total de nodos corresponde al tamaño del conjunto V y se denota como N , que también se conoce como

tamaño del grafo. El número de conexiones corresponde a la cantidad de pares en el conjunto E (Börner et al., 2007). Un ejemplo de grafo no dirigido es el Gráfico 10 (a).

- Grafo dirigido

Un grafo dirigido o *digraph*, D , se define por un par de conjuntos $D=(V,E_D)$, donde V es un conjunto no vacío y numerable compuesto por nodos, y E_D es un conjunto compuesto por pares de nodos, donde cada par tiene un orden y éste le da dirección a la conexión entre ellos. De modo que cada par (i,j) tiene un nodo fuente i y un nodo destino j , y la existencia de esta relación no implica un vínculo de j a i (Börner et al., 2007). Este grafo corresponde al Gráfico 10 (b).

- Multigrafo

Un multigrafo es un grafo que, a diferencia de los grafos dirigidos o no dirigidos, permite más de una conexión entre un par de nodos y, además, que cada uno se conecte con él mismo (Börner et al., 2007). Este tipo de grafo se representa en el Gráfico 10 (c).

- Representación del grafo: matriz de adyacencia.

Matemáticamente, un grafo puede ser representado por una matriz de adyacencia $A=\{a_{ij}\}$, de tamaño $N \times N$, donde $a_{ij}=1$ si $(i,j) \in E$ y $a_{ij}=0$ si $(i,j) \notin E$. Para redes no dirigidas la matriz de adyacencia es simétrica, $a_{ij}=a_{ji}$, pero esto no es necesariamente cierto para un grafo dirigido. El Gráfico 10 (d, e y c) muestra la matriz de adyacencia de un grafo dirigido, no dirigido y multigrafo, respectivamente (Börner et al., 2007).

- Grafo ponderado

Un grafo ponderado es un conjunto de nodos, donde un par de nodos (i,j) se relaciona a través de un peso w_{ij} que representa la intensidad del vínculo. La matriz de adyacencia $A=\{a_{ij}\}$ se redefine como $W=\{w_{ij}\}$, donde W es simétrica si la red es no dirigida, y no necesariamente, si la red es dirigida (Börner et al., 2007).

Medidas

- Grado del nodo, promedio y densidad en un grafo no dirigido

El grado del nodo, k , se define como el número de conexiones que tiene un nodo. En términos de la matriz de adyacencia, se escribe como (Newman, 2010):

$$k_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (1)$$

El número de conexiones m en un grafo no dirigido es:

$$m = \frac{1}{2} \sum_{ij} k_i \quad (2)$$

El promedio de grado para toda la red será:

$$c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (3)$$

Densidad

La densidad, ρ , se refiere a la proporción de nodos que una red tiene respecto de los que puede tener:

$$\rho = \frac{m}{\binom{n}{2}} = \frac{2m}{n(n-1)} = \frac{c}{n-1} \quad (4)$$

- Grado del nodo y promedio en un grafo dirigido

En un grafo dirigido cada nodo puede ser origen o destino de una conexión; en consecuencia, el grado es la suma de las conexiones entrantes y salientes del nodo. Así también se puede distinguir entre el grado *in* o el grado *out*, donde el primero es el número de conexiones que llegan al nodo, y el segundo es el número de conexiones que parten de éste. Se expresan como (Newman, 2010):

$$k_i^{in} = \sum_{j=1}^n A_{ji} \quad (5)$$

$$k_i^{out} = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (6)$$

El número de conexiones m en un grafo dirigido es:

$$m = \sum_{i=1}^n k_i^{in} = \sum_{j=1}^n k_j^{out} = \sum_{ij} A_{ij} \quad (7)$$

La media de grado *in* y la media grado *out*, para toda la red, es:

$$c_{in} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i^{in} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_j^{out} = c_{out} \quad (8)$$

- *Strength* del nodo y promedio en un grafo no dirigido

El *strength* del nodo, s , se define como la suma de los pesos que tiene un nodo. En términos de la matriz de adyacencia ponderada, se escribe como:

$$s_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} \quad (9)$$

El promedio *strength* de la red será:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i \quad (10)$$

- *Strength* del nodo y promedio en un grafo dirigido

En un grafo dirigido cada nodo puede ser origen o destino de una conexión con un peso determinado. La suma de los pesos o valores salientes se denomina *strength out* y la suma de los valores entrantes, *strength in*:

$$s_i^{in} = \sum_{j=1}^n W_{ji} \quad (11)$$

$$s_i^{out} = \sum_{j=1}^n W_{ij} \quad (12)$$

La media *strength in* o la media *strength out* de toda la red es:

$$q_{in} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i^{in} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n s_j^{out} = q_{out} \quad (13)$$

- Distribución de grado y topología de la red.

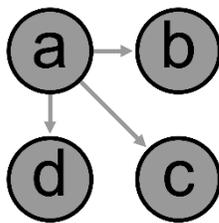
La distribución de grado para una red no dirigida, está determinada por los valores p_k , donde p_k es la fracción de vértices en la red que tienen grado k . También se puede expresar como la probabilidad de que un nodo escogido aleatoriamente tenga grado k (Newman, 2010). Para una red dirigida se tendrá la distribución de grado *in* y la distribución de grado *out*. El histograma resultante de la distribución de grado señala la estructura de la red. Por ejemplo, un histograma grado *out* sesgado a la derecha indica que hay muchos países con pocas exportaciones y muy pocos países que realizan muchas exportaciones o *hubs*; esta distribución se conoce como *power law*, tiene la forma $P(k) \sim k^{-\alpha}$, y es propia de redes libres de escala. En cambio, un histograma

simétrico, que se distribuye como una Poisson, para el grado *out* de las exportaciones señalaría que casi todos los países tienen la misma cantidad de socios a la hora de exportar; esta distribución caracteriza redes aleatorias y de mundo pequeño (Börner et al., 2007).

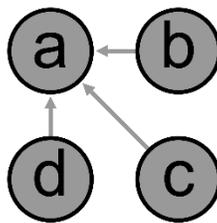
- *Hubs y authorities*

En una red dirigida un nodo es *hub* cuando apunta a muchos otros nodos y es *authority* cuando muchos otros apuntan a él. Los dos conceptos no son excluyentes, un nodo puede ser *hub* y *authority* a la vez. Todos los casos se observan en el Gráfico 11 (León y Pérez, 2013a).

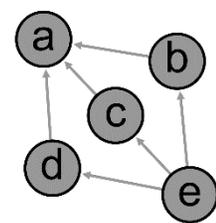
Gráfico 11. Ejemplo de *authorithies* y *hubs*.



a es un *hub*.



a es un *authority*.



b, *c* y *d* son *hubs* y *authorities*

Fuente: León y Pérez, 2013.

De estos dos conceptos se derivan dos medidas de centralidad: *hub centrality* y *authority centrality*. El algoritmo con el cual se hallan las dos medidas fue propuesto por Kleinberg (1998), es conocido como HITS (*Hypertext Induced Topic Search*) y es usado en “el análisis de enlaces de internet bajo la premisa de que las páginas sirven a dos propósitos: (i) proveer información en un tema (ii) proveer enlaces a otras páginas que contienen información. En ese sentido, el algoritmo busca un balance apropiado entre los dos propósitos, en el cual se relacionan las medidas de centralidad grado *in* y grado *out*” (León y Pérez, 2013a).

Según los criterios anteriores, el algoritmo le asigna a cada nodo *i* un puntaje *authority centrality* x_i y otro puntaje *hub centrality* y_i . Un nodo tiene un puntaje alto de *authority centrality* si es apuntado por muchos nodos con un alto puntaje de *hub centrality* y, a su vez, un nodo tiene un puntaje alto de *hub centrality* cuando apunta a nodos que tienen altos puntajes de *authority centrality* (Newman, 2010).

El algoritmo de Kleinberg es equivalente a estimar el eigenvector principal de dos matrices modificadas de la matriz de adyacencia ponderada; para este ejercicio, W . La matriz *authority* A y la matriz *hub* H , que se escriben a continuación (León y Pérez, 2013a):

$$A=W^T W \quad (14)$$

$$H=W W^T \quad (15)$$

Al multiplicar la matriz A por su transpuesta (o viceversa) se obtiene la matriz de adyacencia de segundo orden; esto es, la matriz que muestra los vecinos de sus vecinos en dirección *out*, hacia adelante (*in*, hacia atrás) que establecen las conexiones (León y Pérez, 2013a).

La ventaja de estas matrices modificadas es que son simétricas y no negativas, lo cual implica que al estimar el eigenvector principal del cual se obtienen los puntajes x_i y y_i , éstos serán positivos y diferentes de cero (León y Pérez, 2013a) lo que aumenta la confiabilidad del *ranking* sobre las dos medidas.

Por otro lado, para el análisis sobre la red comercial mundial, las dos medidas permiten establecer que los países con altos *authority centrality* importan de países que exportan a casi todos los países del mundo o en grandes volúmenes y, que los países con altos *hub centrality* exportan a países que importan de casi todos los países del mundo o en grandes volúmenes.

5. Resultados

5.1. Datos

Con el objeto de obtener un periodo de comparación para antes y después de la apertura se construyó la matriz de adyacencia, que contiene las exportaciones de cada país a sus socios comerciales, para 132 países en el periodo de 1980 a 2010. Estos datos fueron extraídos de la base de datos COMTRADE (United Nation Commodity Trade Statistics Database) de la División Estadística de las Naciones Unidas.

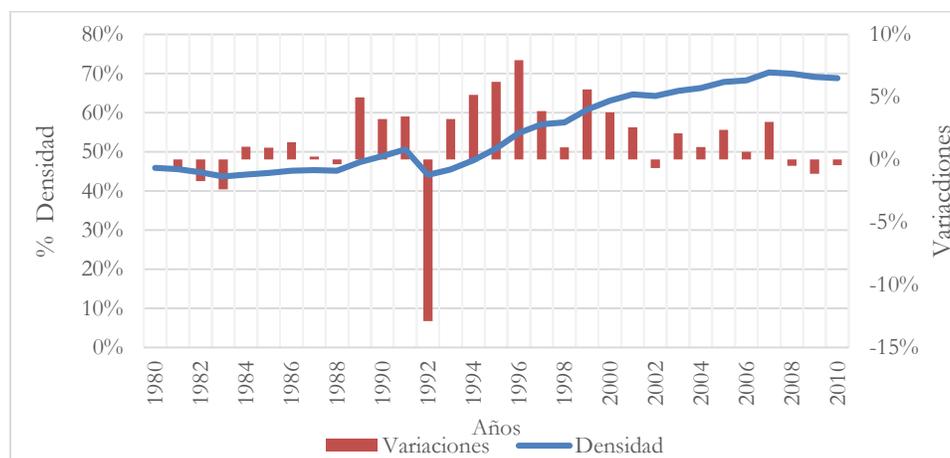
5.2. Resultados

El análisis sobre el impacto de la apertura en la red mundial del comercio se realiza en dos secciones. Primero se caracteriza la red comercial, pues los avances de Colombia dentro de ésta deben interpretarse con un previo conocimiento de la estructura de la red. Segundo se exponen los resultados para las medidas individuales aplicadas al país.

5.2.1. Topología de la red mundial del comercio 1980-2010.

En el periodo de estudio la cantidad de países participantes en la red mundial del comercio es prácticamente constante; solo entre 1991 y 1993 ingresaron nuevos nodos a la red debido a los cambios en el estatus político de los países exsoviéticos, así que los nodos pasaron de 116 en 1991 a 129 en 1993. Al contrario, el número de conexiones en la red casi se duplicó de 1980 al 2007. Estos dos hechos redundaron en el aumento de la densidad de la red en todo el periodo. No obstante, la dinámica de la densidad se puede dividir en varios periodos (Gráfico 12): un primero que va hasta 1988 y que refleja la contracción comercial de la crisis de deuda de los latinoamericanos y la estanflación de los países desarrollados; un segundo de 1989 a 1996 de altos incrementos debido a la apertura por el Consenso de Washington, con una breve interrupción en 1992 que responde a la entrada de nuevos países a la red, pues el número de conexiones no cayó en este año; un tercero con incrementos más moderados de 1997 a 2007, especialmente en 1998 por la crisis del Sudeste Asiático y Rusia; y finalmente, un periodo (2008-2010) en el que cae la densidad a causa de la crisis financiera internacional.

Gráfico 12. Densidad de la Red Mundial del Comercio. 1980-2010.



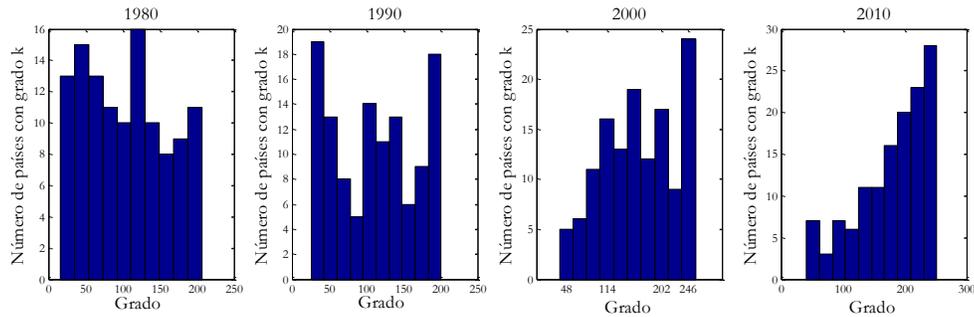
Fuente: elaboración del autor.

Una vez se establece que la red mundial del comercio es más densa se abre la posibilidad para indagar acerca de la distribución de esas conexiones, si éstas se concentraron en unos pocos países, o muchos países lograron posiciones más centrales dentro del grafo.

Los histogramas (Gráfico 13) muestran un cambio en la distribución de grado. A comienzos de los ochenta, la frecuencia es mayor para los países con muy pocas conexiones, pero, aunque menor, también hay un buen número de países con alto grado. Los histogramas de 1990 y 2000

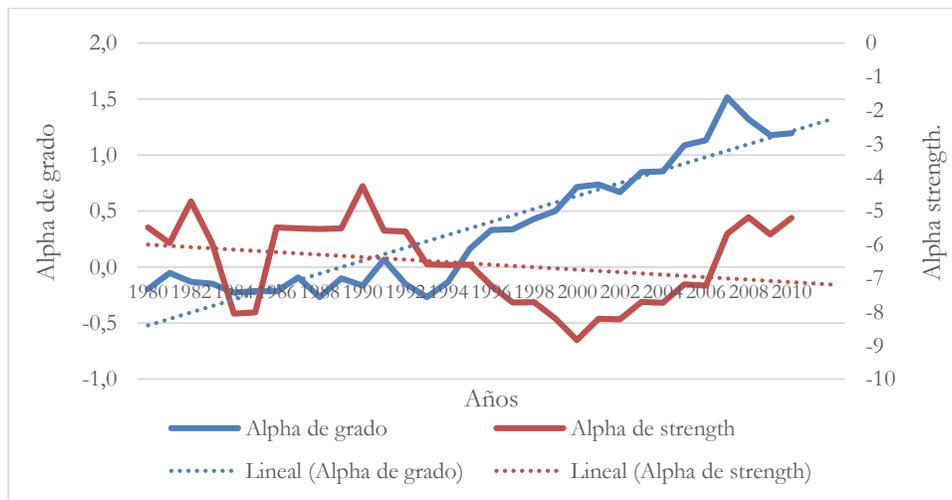
señalan una transformación en esa distribución, que se ve con mayor nitidez para el año 2010, en el que un número reducido de países tiene pocos socios comerciales, y en cambio, a medida que aumenta el grado aumenta la frecuencia.

Gráfico 13. Histogramas de grado.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 14. Valores α para la distribución de grado y $strength$.

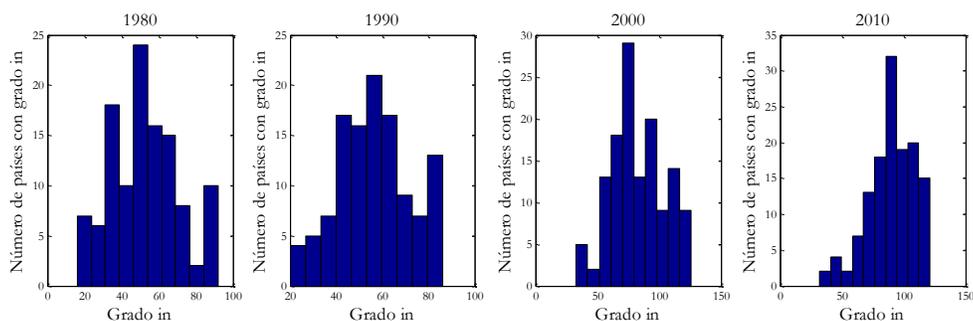


Fuente: Elaborado por el autor.

Visualmente no se observa en los histogramas 1990, 2000 y 2010 un comportamiento que señale la presencia de una estructura *power law* de forma $P(k) \sim k^{-\alpha}$. El parámetro α (Gráfico 14) solo toma valores negativos desde 1980 hasta 1991, tal como lo sugiere la literatura sobre redes libres de escala; el resto de la muestra se observa un parámetro que coincide con los histogramas de 2000 y 2010, donde una gran cantidad de países tienen una gran cantidad de conexiones. En el caso del parámetro α del *strength*, éste coincide en todos los casos con redes libre de escala, lo cual confirma la existencia de pocos países que concentran altos volúmenes de importaciones y exportaciones.

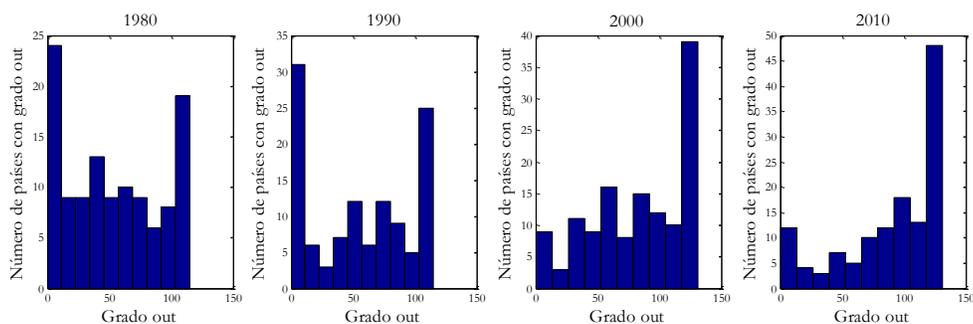
Ahora bien, la pregunta es si ese movimiento, por el que la distribución cambió el sesgo de derecha a izquierda, fue seguido por las distribuciones de grado de las importaciones (Gráfico 15) y las exportaciones (Gráfico 16).

Gráfico 15. Histogramas grado *in* de las importaciones.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 16. Histogramas grado *out* de las exportaciones.



Fuente: Elaboración del autor.

Los histogramas de las importaciones tienden a concentrarse alrededor de la media mientras, los histogramas de las exportaciones son más aplanados. Sin embargo, tanto para las distribuciones de las importaciones y de las exportaciones, los histogramas muestran que para 1980 y 1990 un buen número de países no realizaba mayores transacciones con el mundo. En contraste, en el 2000 y 2010 un buen número de países aumentó la cantidad de países destino de sus exportaciones.

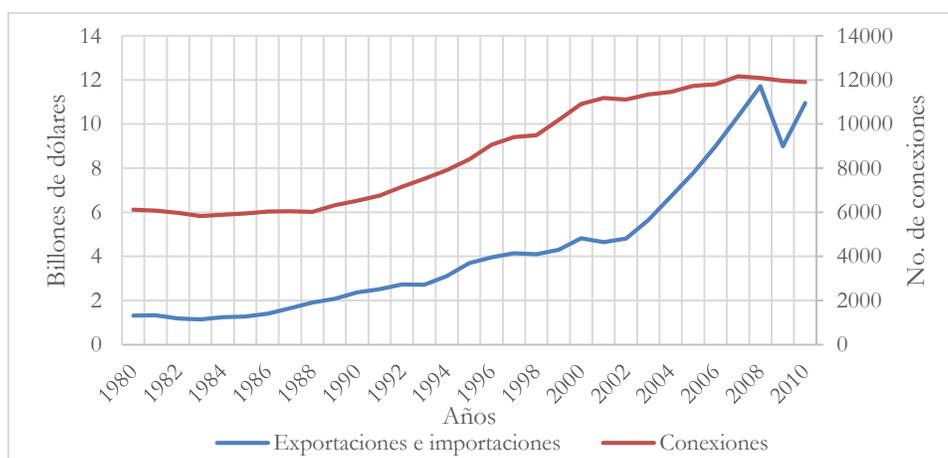
El parámetro α para las importaciones tiene valores positivos en todo el periodo, mientras el de las exportaciones tiene valores negativos de 1980 hasta 1996, lo cual corresponde con lo que se observa en los histogramas. Para las exportaciones en los años en que el parámetro tiene el

signo que indica la presencia de una distribución *power law*, el nivel de significancia no permite concluir la existencia de la misma.

En consecuencia, si se interpreta la distribución como sugiere Newman (2010), la probabilidad de que un nodo escogido aleatoriamente en la red tenga grado k , si la estructura de la distribución siguiera una *power law* se podría afirmar también que las nuevas conexiones tienen más probabilidad de adherirse a un nodo con un grado alto que a un nodo con grado bajo. Ya que las distribuciones de grado *in* y *out* no se comportan como una *power law*, las nuevas relaciones de comercio que se forjaron en el periodo de estudio no tuvieron más probabilidad de adherirse a los países que ya eran grandes exportadores e importadores; al contrario, es probable que países con bajos niveles de comercio capturaran más conexiones y la red comercial evolucionara hacia una red aleatoria o de mundo pequeño, cuya distribución de grado se asemeja a una Poisson, al menos para la red construida con la matriz de adyacencia binaria.

Sin embargo, el grado es solo una de las dimensiones del comercio, la otra es el *strength*, que corresponde al tamaño o peso de cada conexión, pues a pesar de que cada país consiguió una buena cantidad de conexiones, esto no implica que cada conexión sea fuerte o comparable a la de países *hubs* o *authorities*.

Gráfico 17. Exportaciones e importaciones y número de conexiones. 1980-2010.

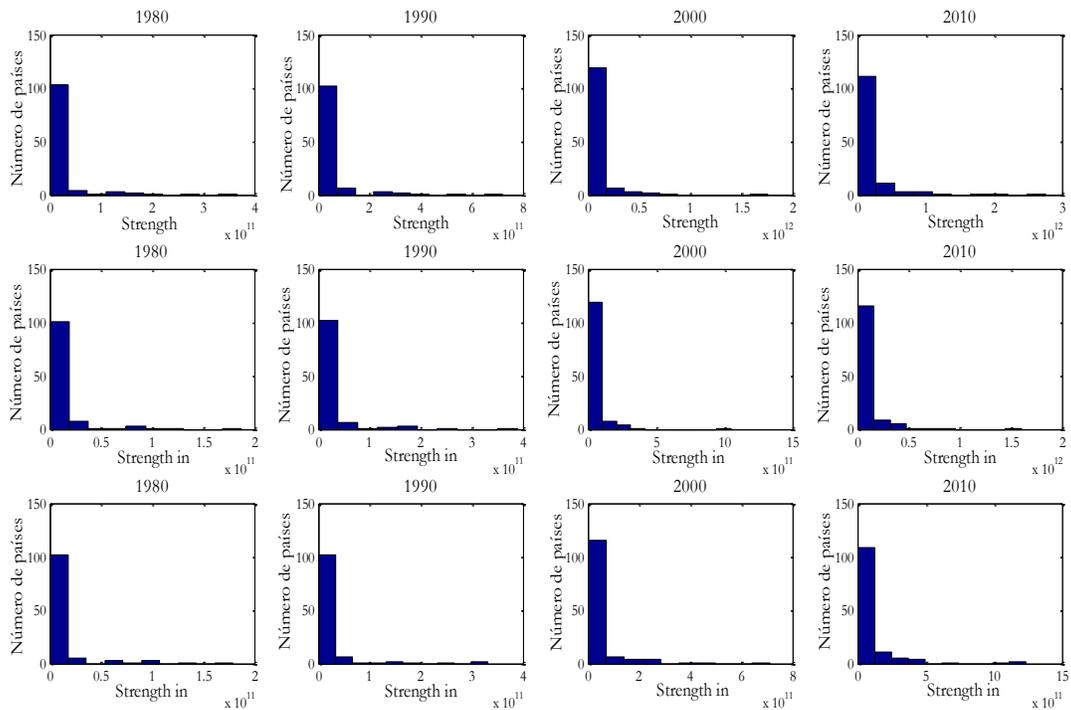


Fuente: Elaboración del autor.

Los valores de exportaciones e importaciones, al igual que las conexiones, se incrementaron a lo largo del periodo de estudio, con aumentos de más del 15% para 1987, 1988, 1994, 1995, del

2003 al 2007 y 2010. Solo en el 2009 y al inicio del periodo de los ochenta se reportaron caídas en el valor de las exportaciones e importaciones.

Gráfico 18. Histogramas *strength*, *strength in*, *strength out*.



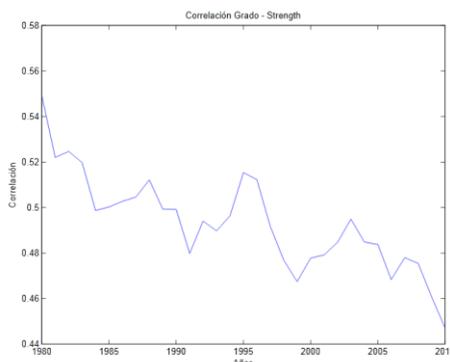
Fuente: Elaboración del autor.

Cabe preguntarse cuánto del valor comercializado le correspondió a cada nueva conexión, pues si bien las exportaciones y las conexiones crecieron a lo largo del tiempo, esto no implica que cada conexión tomó una misma fracción de las nuevas exportaciones e importaciones; a menos que los histogramas mostraran muchos países con valores medios en exportaciones e importaciones, después de una situación en la que pocos países centralizaran una buena parte del comercio.

De la matriz de adyacencia ponderada se obtienen los indicadores *strength in* y *strength out* que señalan los valores importados y exportados por cada país. Los histogramas del Gráfico 18 señalan que, a diferencia de las distribuciones de grado, las distribuciones con respecto a los pesos de las conexiones son muy concentradas; cerca del 90% de los países comercian valores muy bajos y siguen una estructura *power law*. La estructura se mantiene para todos los años del periodo de estudio, de lo que se puede deducir que para la mayoría de países, las nuevas conexiones y las ya existentes, no fueron grandes canales, sino más bien pequeños hilos de

conexión, por lo que ante valores significativos del comercio esas conexiones desaparecen de la red. Esto se evidencia en que la correlación entre grado y *strength* (Gráfico 19) se debilitó a lo largo del periodo, pues muchos países, aunque aumentaron su grado, su *strength* no varió en la misma proporción, y coexisten con países que tienen muchas conexiones y fuertes valores de exportación e importación.

Gráfico 19. Correlación *strength* y grado. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor.

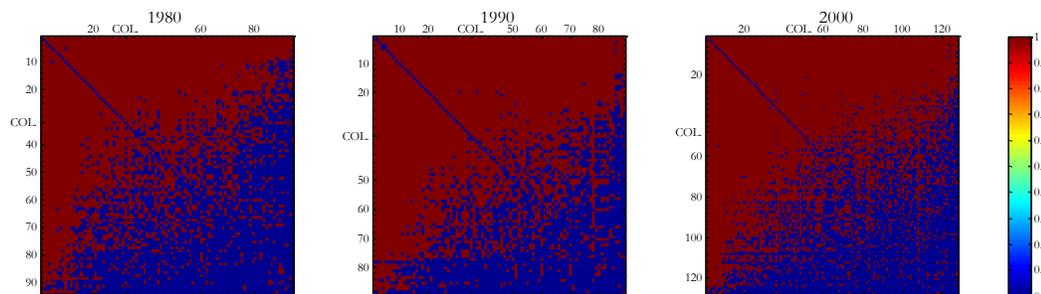
Aunque los histogramas sobre la matriz de adyacencia ponderada evidencian la presencia de países *hubs* y *authorities*, la metodología sugerida por Craig & Von Peter (2010) puede ser útil para observar si éstos comercian más fuertemente entre ellos de modo que conformen un centro. La forma de esta matriz permite identificar conexiones entre centros (CC), conexiones entre centro periferia (CP) y viceversa (PC) y conexiones entre periferias (PP).

$$C = \begin{bmatrix} CC & CP \\ PC & PP \end{bmatrix} \quad (16)$$

Para 1980, 1990 y 2000 la clasificación de los países por grado (Gráfico 20) arroja una alta presencia de relaciones comerciales en las zonas CC, CP y PC, mientras la zona PP señala la ausencia de relaciones entre los países con grado bajo. Distintos son los resultados que enseña la misma metodología para la clasificación de nodos por *strength* (Gráfico 21), donde los países con mayores volúmenes de exportaciones e importaciones solo establecen relaciones comerciales de intensidad alta entre ellos, de modo tal que la zona CC es reducida con respecto de las otras zonas; en las áreas restantes no hay evidencia de la existencia de grandes autopistas de comercio, al contrario, los valores relativamente bajos dan cuenta de que las conexiones a

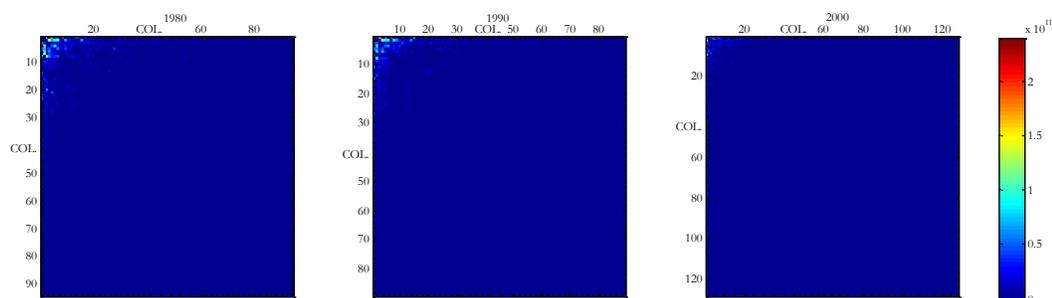
través de las cuales los países se enlazan a la red no tienen impacto en la estructura de la red de comercio mundial.

Gráfico 20. Centro-periferia según grado.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 21. Centro-periferia según *strength*.



Fuente: Elaboración del autor.

Los países que conformaron el centro en las clasificaciones *strength* y grado coinciden: Alemania, Estados Unidos, Japón, Francia, Italia, Holanda, Canadá, España, Gran Bretaña y China para el 2010, que si bien son países que no se alejan del promedio de grado, a la hora de medirse por valores transados delimitan la presencia de un núcleo dentro del grafo.

Así pues, aunque la red mundial del comercio aumentó su densidad, al analizar su estructura con la matriz de adyacencia ponderada se señala la presencia de países dominantes en el grafo. Las medidas de *authority* y *hub centrality* respaldan esta idea. Las tablas 1 y 2 listan los países *hubs* y *authorities* más importantes, ordenados por el *ranking* del 2010; al final de cada tabla se incluye a Colombia a manera de comparación.

Tabla 1. Hub ranking 20.

	1980	1990	2000	2010
<i>China</i>	111	19	5	1
<i>Canada</i>	2	2	1	2
<i>Mexico</i>	11	10	3	3
<i>Germany</i>	5	4	4	4
<i>Japan</i>	3	1	2	5
<i>USA</i>	1	3	7	6
<i>Rep. of Korea</i>	16	9	8	7
<i>United Kingdom</i>	6	5	6	8
<i>France</i>	7	6	9	9
<i>Netherlands</i>	9	8	13	10
<i>Italy</i>	8	7	10	11
<i>Singapore</i>	26	12	11	12
<i>Russian F.</i>	101	126	31	13
<i>Switzerland</i>	14	11	18	14
<i>Malaysia</i>	25	21	12	15
<i>India</i>	35	29	26	16
<i>Brazil</i>	18	16	19	17
<i>Thailand</i>	33	22	17	18
<i>Ireland</i>	29	26	15	19
<i>Colombia</i>	37	33	30	31

Tabla 2. Authority ranking 20.

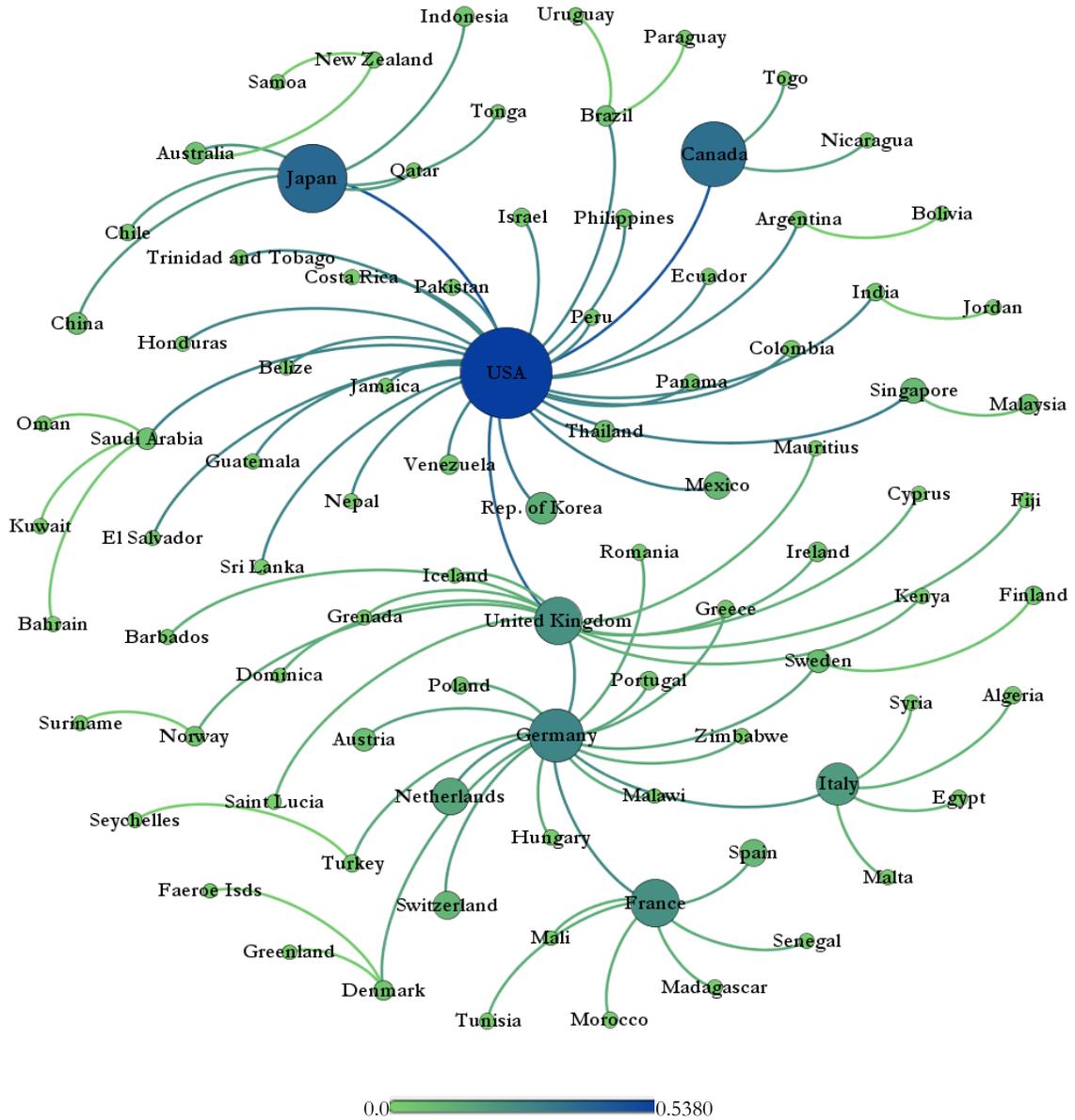
	1980	1990	2000	2010
<i>USA</i>	1	1	1	1
<i>China</i>	19	18	8	2
<i>Japan</i>	4	6	6	3
<i>Germany</i>	3	2	2	4
<i>Netherlands</i>	5	8	7	5
<i>France</i>	2	3	5	6
<i>Canada</i>	8	5	4	7
<i>United Kingdom</i>	6	4	3	8
<i>Rep. of Korea</i>	14	9	9	9
<i>Italy</i>	7	7	10	10
<i>México</i>	10	13	11	11
<i>Singapore</i>	15	12	12	12
<i>India</i>	31	30	28	13
<i>Spain</i>	13	11	13	14
<i>Russian Fed.</i>	132	130	35	15
<i>Brazil</i>	18	28	22	16
<i>Australia</i>	17	15	16	17
<i>Malaysia</i>	28	19	14	18
<i>Switzerland</i>	9	10	15	19
<i>Colombia</i>	41	43	43	41

Fuente: Elaboración del autor.

Los cambios se pueden observar también en un *Minimal Spanning Tree* (MST) o metodología de árboles de cobertura mínima. Esta metodología, originaria de la Física, descubre las conexiones dominantes en una red, pues conserva para cada nodo la conexión más relevante, de modo que al final del proceso se obtiene un “esqueleto” con las conexiones más representativas dentro de la red y las conexiones con mayor peso, por lo que este esqueleto tiene la capacidad de caracterizar la topología de una red compleja (León y Pérez, 2013b). La red comercial es justo el caso en el que conexiones débiles difuminan la estructura de la red, por lo que el MST es extremadamente útil para probar la existencia de una estructura centro-periferia dentro de la red. Para ello se construyó una matriz de adyacencia ponderada modificada, G_{ij} , (Maeng, Choi & Lee, 2012) y se aplicó la metodología de MST, que usó el algoritmo de Kruskal, para 1990 (Gráfico 22) y 2010 (Gráfico 23).

$$G_{ij} = \frac{1}{w_{ij}} \tag{17}$$

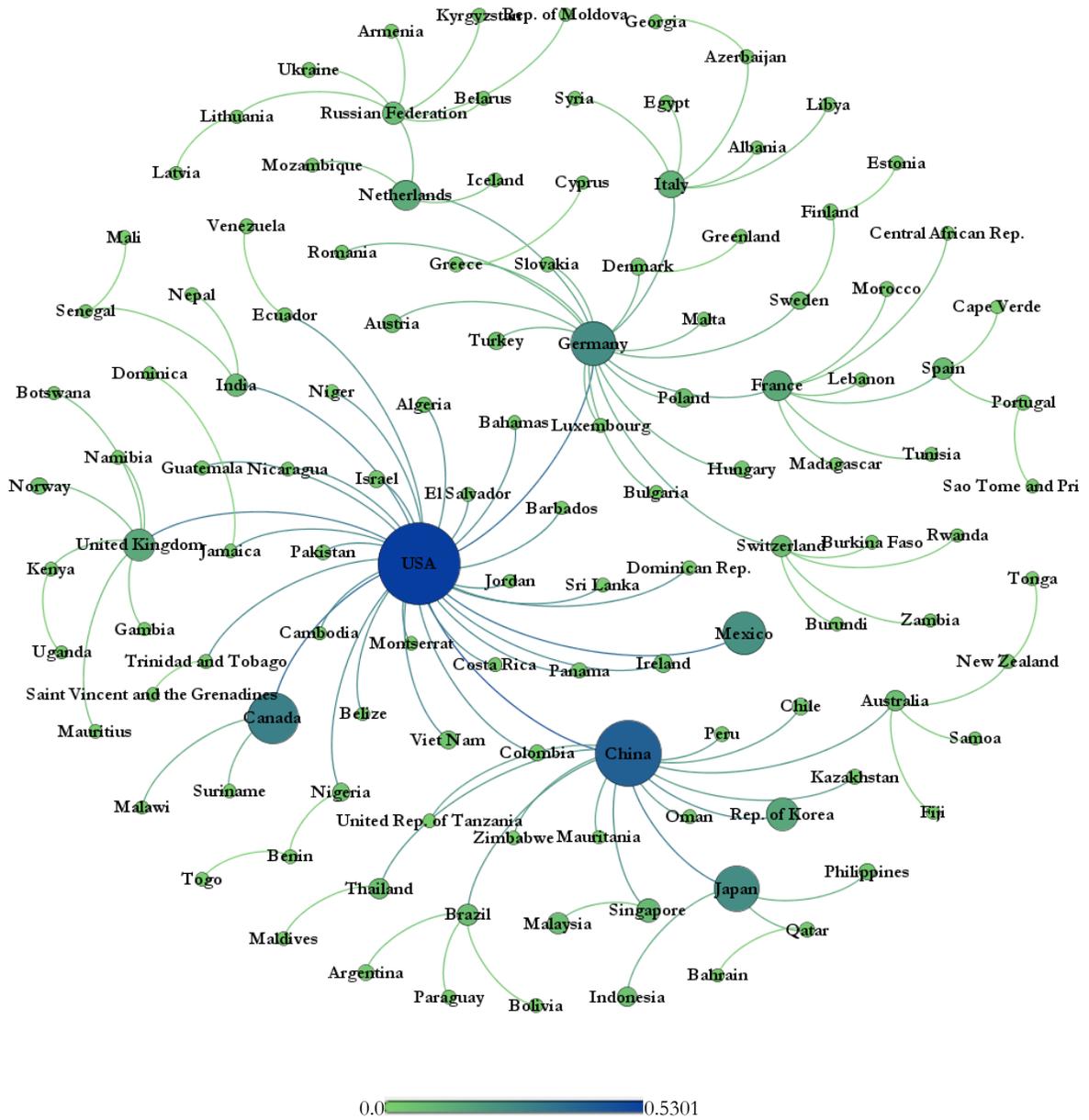
Gráfico 22. *Minimal Spanning Tree* 1990.



Fuente: Elaboración del autor.

El diámetro y el color de los nodos corresponden al promedio de las medidas *authority* y *hub centrality*.

Gráfico 23. *Minimal Spanning Tree 2010.*



Fuente: Elaboración del autor.

El diámetro y el color de los nodos corresponden al promedio de las medidas *authority* y *hub centrality*.

En 1990 los nodos más centrales, según el MST, son Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Japón y Francia; en el 2010, se suma China, Singapur y Rusia, y se debilitan Japón y Francia.

5.2.2. Análisis de integración: Colombia.

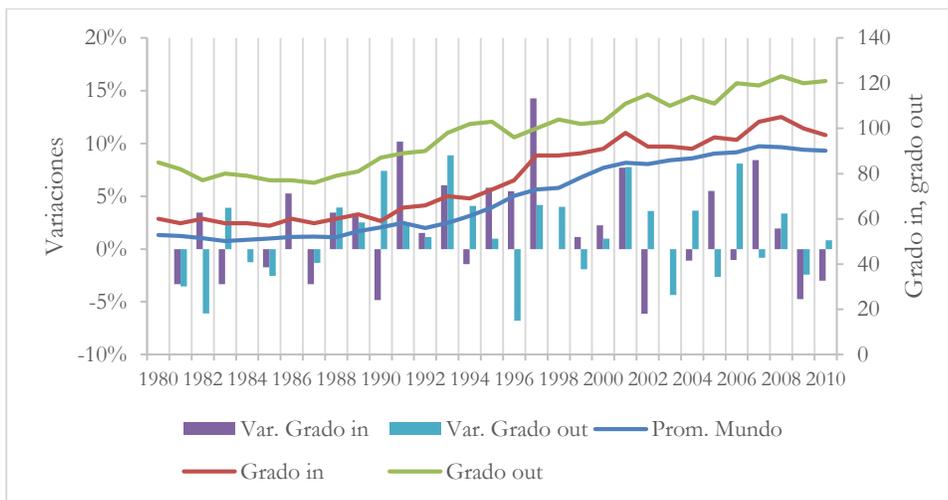
El análisis respecto de la topología de la red mundial de comercio mostró una dinámica de centro-periferia respecto del *strength* (i.e. volúmenes transados) entre 1980 y 2010, en la cual algunos países perdieron influencia mientras otros se acercaron más al centro. El objetivo del siguiente análisis es encontrar en qué dirección la apertura comercial de los noventa impulsó al país; se señalan los avances en grado, *strength* y en las medidas de centralidad *hub* y *authority*, y además se referencian los puestos que ocupó el país en cada uno de estos *rankings* antes y después de la reforma comercial.

Respecto al grado, el país siguió la tendencia que mostró el promedio de grado del mundo. En 1988 su grado *in* se incrementó un 3% y su grado *out* un 4%. Sin embargo, estas cifras no se consideran un avance si se le compara con la cantidad de socios comerciales que el país tuvo en 1980, pues el número de países de los cuales importó era el mismo y en cambio, la cantidad de países a los que exportó se redujo en 6. En 1989 se mantuvo la tendencia de crecimiento y en 1990, año en que se aceleró la apertura, el grado *out* aumentó en 7% mientras el grado *in* decreció en un 5%. Sin embargo, en 1991 el país recuperó socios para sus importaciones y superó el relajamiento de estos dos indicadores en la década de los ochenta; este incremento continuó hasta 1995. De 1998 al 2001 los dos indicadores se acercaron debido a que en 1996 se redujo la cantidad de países destino de las exportaciones y en cambio, en 1997, aumentaron los países fuente de las importaciones. Al igual que para el promedio de grado *in* o *out* mundial, los finales de los ochenta marcaron para Colombia una tendencia de crecimiento fuerte hasta los noventa y moderada del 2000 al 2007 (Gráfico 24).

Con respecto a la posición de Colombia en el mundo, el *ranking* de grado *in*, grado *out* y grado permite capturar qué tan bien le fue al país con respecto a otros, en un momento en el que algunos de ellos también abrieron las puertas al comercio. En el *ranking*, el primer país es el más conectado, por tanto números más bajos indican una mejora relativa del grado de integración comercial. Desde 1980 hasta 1995 el país fluctuó entre los puestos 30 a 40, para grado *in* y grado *out*, a partir de 1996 descendió y en el 2011 cayó al puesto 49 y 53, respectivamente. Aunque para el grado *in* alcanzó mejores puestos, 32 en 1986, 35 en 1993 y 30 en 1997, también obtuvo puestos bajos, el 40 en 1990, el 50 en 1996, por lo cual es difícil establecer una tendencia desde 1980 hasta el 2002. De los lugares que ocupó el país en los tres *rankings* se destaca que el aumento en la cantidad de socios comerciales no fue suficiente para mejorar su posición en la red

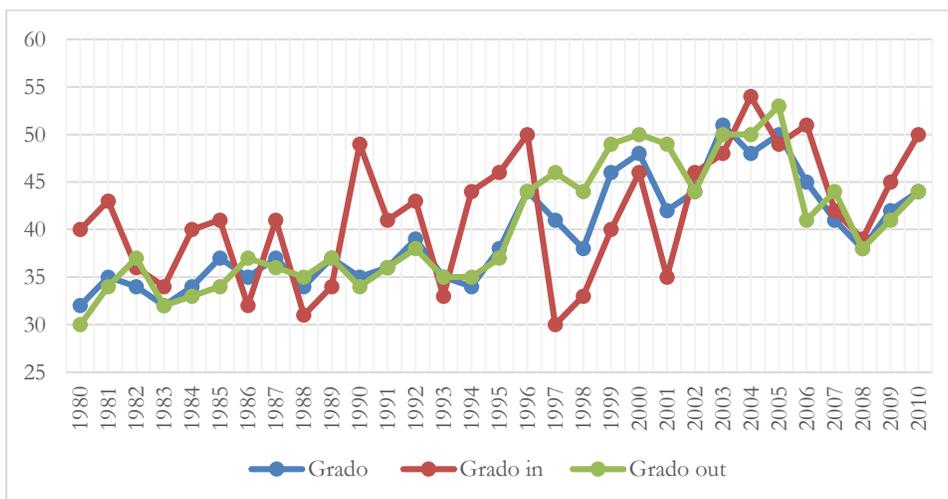
comercial construida a partir de la matriz binaria, pues hasta 1995 se mantuvo en las mismas bandas, excepto para el *ranking* de grado *in*, en el que pierde 15 puestos en 1989, y aunque se recupera en 1993, no alcanza los niveles logrados antes de 1989 (Gráfico 25).

Gráfico 24. Grado *in* y grado *out*. Colombia. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 25. *Ranking* grado *in*, grado *out* y grado. Colombia. 1980-2010.



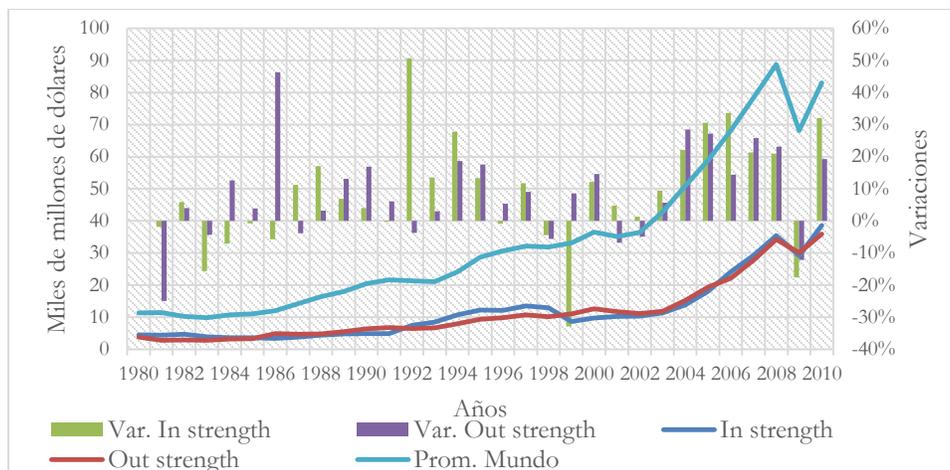
Fuente: Elaboración del autor.

Una vez analizada la evolución del país en cuanto a socios comerciales resta indagar acerca del peso de las conexiones, pues si éstas fueron fuertes, es posible que el país presente mejoras en

el *ranking strength*. Para este estudio, la medida *strength* representa el valor total comerciado, el *strength in*, se refiere a los valores importados y el *strength out* a los valores exportados.

Los volúmenes exportados e importados tuvieron un comportamiento similar a los indicadores de grado. En la primera mitad de la década de los ochenta las exportaciones e importaciones presentaron crecimientos negativos o muy bajos (Gráfico 26), la breve bonanza cafetera se reflejó en un aumento de las exportaciones en un 46% en 1986. A partir de 1988 y hasta 1990 los valores comerciados presentaron un incremento moderado. Para 1991, el crecimiento de las importaciones fue nulo, mientras las exportaciones iniciaron un periodo de tres años de crecimientos altos y continuos, y de hecho, superaron las importaciones, hasta 1999, año en el que se invirtió esa relación. Los años 2001 y 2002 fueron de estancamiento para el comercio colombiano, que luego entró en una senda de crecimiento hasta el 2008.

Gráfico 26. *Strength, strength in y strength out*. Colombia. 1980-2010.

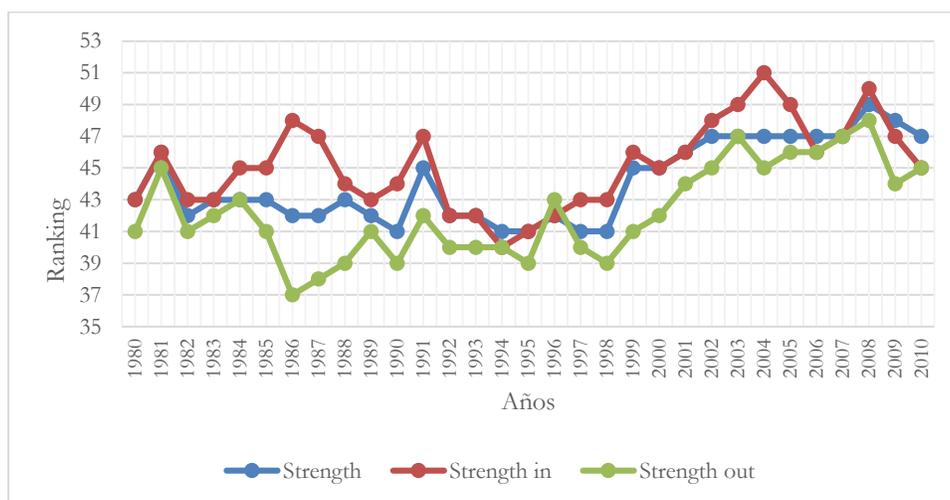


Fuente: Elaboración del autor.

Al relacionar el grado *in* y *out* con los valores importados y exportados, el mayor número de socios comerciales en las exportaciones no reflejó una superioridad de las exportaciones; en consecuencia, si se dividieran proporcionalmente los valores exportados e importados en el número de socios, los canales de las exportaciones serían más débiles que los de las importaciones. En conjunto, el aumento de los socios comerciales no resultó en un incremento proporcional en los volúmenes exportados, ni en la importancia de Colombia en la red mundial de comercio.

Con respecto al promedio *strength in* o *strength out* del mundo, a diferencia del grado, el país está por debajo del promedio en todo el periodo, los incrementos en la segunda mitad de los ochenta son para el mundo más contundentes y se estancan durante el periodo después de la aceleración de la apertura; a partir de 1993 la curva se empina y se aleja de los valores comerciados por Colombia, hecho que se manifiesta en la pérdida de puestos en el conjunto de *ranking strength*. El efecto inmediato (1991) de la apertura en los *rankings* por *strength*, *strength in* y *strength out* fue una pérdida de posición con respecto a otros países. Sin embargo, en los siguientes años y hasta 1993 el país tuvo incrementos moderados en estos *rankings*, que se perdieron de 1998 a 2003 (Gráfico 27).

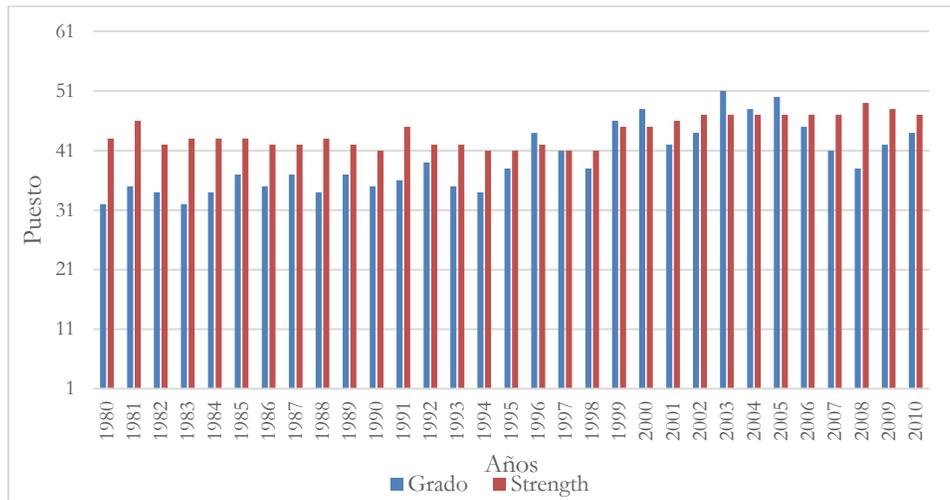
Gráfico 27. *Ranking Strength, strength in* y *strength out*. Colombia. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor.

El Gráfico 28 señala en cuál de las dos dimensiones de la red el país fue más cercano al centro. Hasta 1995, la posición de grado fue más importante, y ésta a su vez tuvo sus mejores puntajes en los inicios de la década de los ochenta, incluso más que en la apertura. Del 2007 al 2010 la situación es similar, y repite la diferencia en puestos de los ochenta. Para algunos años entre 1996 y 2006, las posiciones entre *strength* y grado son similares, pero esto no responde a un avance con respecto a los valores comerciados, sino a un descenso en los logros relativos con respecto a la cantidad de socios sostenidos por el país.

Gráfico 28. Ranking strength vs. grado. Colombia. 1980-2010.



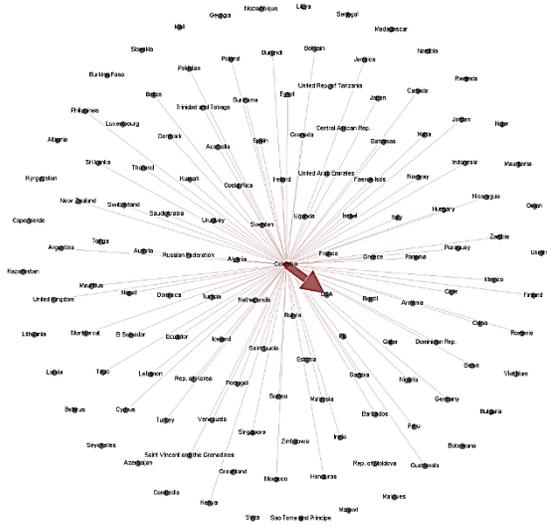
Fuente: Elaboración del autor.

La estructura de las redes del país se puede observar en los grafos construidos a partir de sus exportaciones e importaciones, se presentan los correspondientes a 1990 (Gráfico 29) y se anexan los de los años 1980 y 2000.

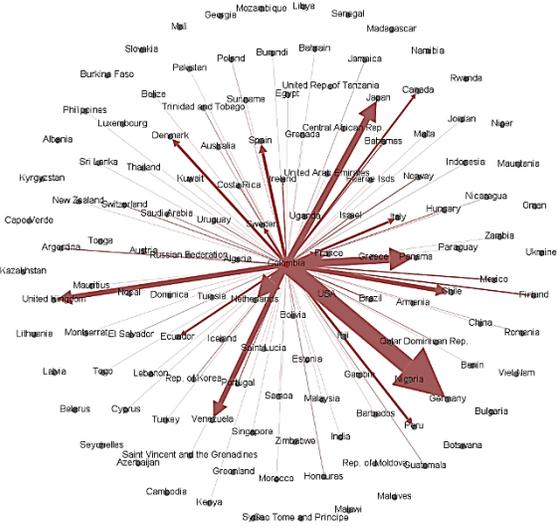
La fuerte conexión con Estados Unidos, que ya se había hecho evidente en el MST, se destaca en los grafos de exportaciones e importaciones, a tal punto que las otras conexiones son difíciles de visualizar. Sin embargo, cuando se retira la arista surgen conexiones con otros nodos o centros de segundo orden, como Japón, Alemania, Italia, Brasil y otras conexiones más débiles con países dentro y fuera de la región. El grafo que corresponde a las exportaciones, sin Estados Unidos, en 1990 tiene alrededor de 86 conexiones dentro de las cuales se distribuye el 53% del valor total de las exportaciones; para las importaciones, el grafo tiene 58 conexiones que se llevan el 59% del valor total importado. Por lo que en términos de integración, estos avances son cuestionables, pues el país se conectó con Estados Unidos, en 1990, por una súper autopista que pesó 47% para las exportaciones y 41% para las importaciones, mientras los demás países socios se conectaron por caminos que pesaron, en promedio, un 0,61% y 1,01% respectivamente. Ya que la concentración de las exportaciones con Estados Unidos en 1980 fue menor, de 28%, y según el análisis visual de los grafos correspondientes, aunque la reforma trajo nuevas conexiones, parte del aumento de las exportaciones se reflejó en el engrosamiento de una sola conexión; por lo anterior, si se tiene en cuenta la calidad de la conexión, Colombia profundizó su nivel de conectividad con Estados Unidos pero no con toda la red.

Gráfico 29. Grafos de las exportaciones e importaciones de Colombia en 1990, con y sin Estados Unidos.

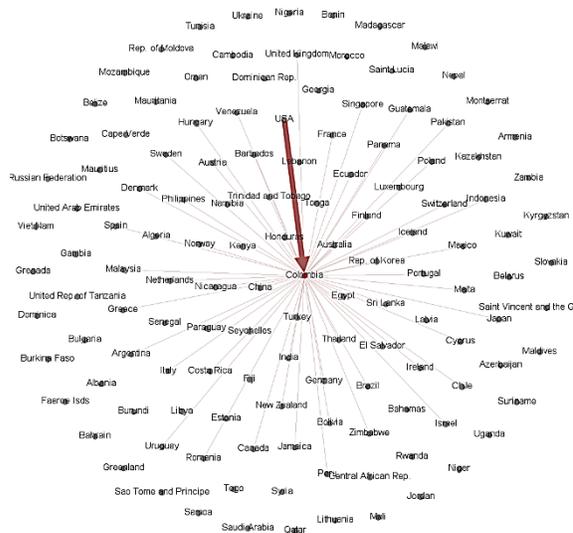
Exportaciones, con Estados Unidos.



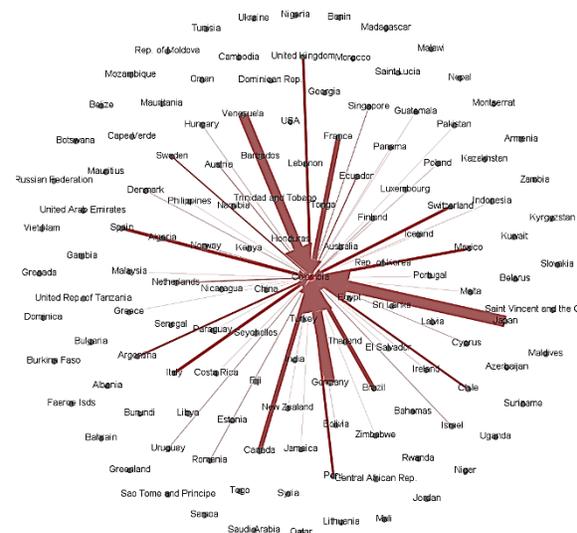
Exportaciones, sin Estados Unidos.



Importaciones, con Estados Unidos.



Importaciones, sin Estados Unidos.



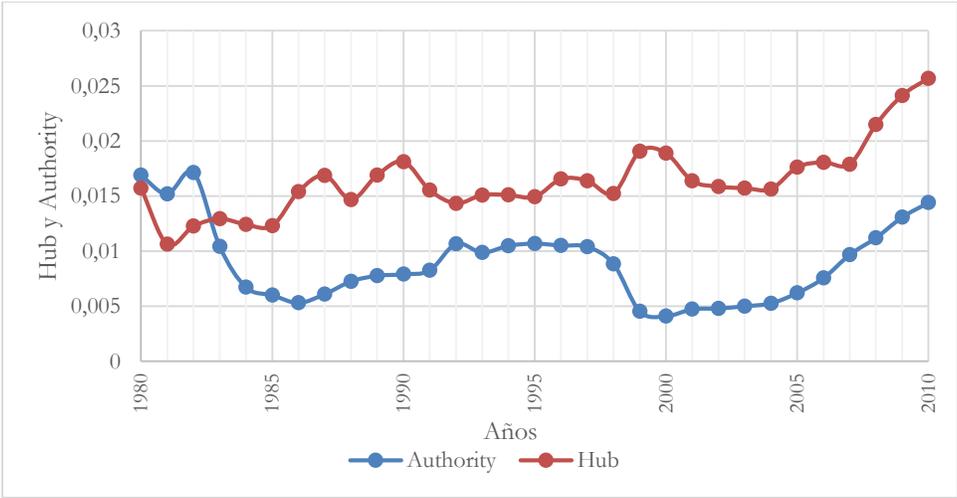
Fuente: Elaboración del autor.

Otras medidas de centralidad para analizar el nivel de integración y conectividad del país en la red mundial de comercio son las medidas *hub* y *authority centrality*. Ya en los histogramas de *strength*, en el MST y en la matriz centro-periferia de Craig y Von Peter (2010) se advirtió la presencia de

un núcleo de países que comercian grandes volúmenes entre ellos, y que además comercian con la mayoría de países que conforman la red. Los nombres de estos países en los anteriores análisis coincidieron con los mencionados en los *rankings hub y authority*, lo cual se explica por los criterios que las medidas usan: (i) que un país es un *hub* si grandes importadores importan de él y (ii) un país es un *authority* si grandes exportadores exportan a él. Ya que puntajes más altos en los dos indicadores implican mayor relevancia, revisar las variaciones de éstos para Colombia muestra la dirección que tomó el país después de la reforma.

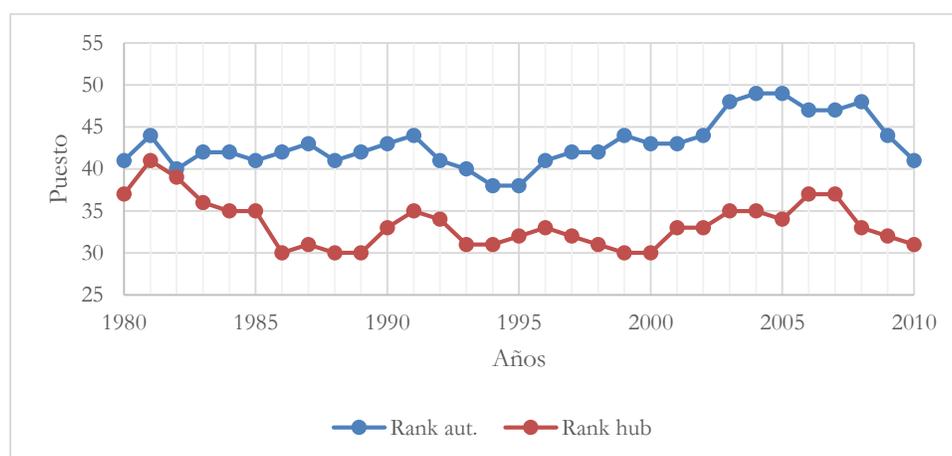
En la década de los ochenta el país ganó centralidad en la red de exportaciones y la perdió en la red de importaciones, y aunque a partir de 1986 el país mejoró los niveles de centralidad de éste último, en el periodo de estudio no logró alcanzar de nuevo ese valor. El inicio de la reforma marcó ganancias en el puntaje *hub*; pero en 1990, año en el cual se aceleró la liberalización, esta relación se invierte y de 1992 a 1998 el puntaje se estanca. La pérdida de puntaje *hub* entre 1989 y 1991 contrasta con el aumento de las exportaciones en estos mismos años, lo que indica que estos incrementos tuvieron como destino países, que en promedio, perdieron puntaje como grandes importadores (Gráfico 29).

Gráfico 29. Hub y authority centrality. Colombia. 1980-2010.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 30. Puestos ocupados por Colombia en los *ranking authority* y *hub centrality* de 1980 a 2010.



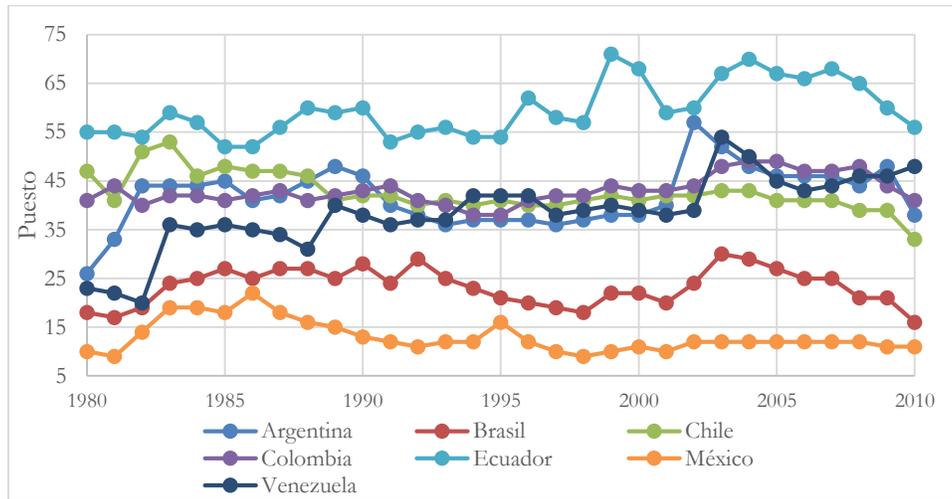
Fuente: Elaboración del autor.

Los movimientos descritos anteriormente para las medidas de centralidad *hub* y *authority* se reflejaron en los respectivos *rankings* (Gráfico 30), pues el país ocupó, en promedio, puestos más cercanos al núcleo en el *ranking hub*, sin embargo, el país se alejó del centro en varios años y logró acercarse en 1986, 1989, 1990, 1999 y 2000. En cuanto al *ranking* de centralidad por importaciones, las caídas continuas en los puntajes *authority* de la primera mitad de los ochenta no tuvieron impacto en los puestos ocupados; el país fluctuó entre los puestos 40 a 45. A partir de 1991 el país empezó a escalar lugares y en 1994 y 1995 se salió de la banda y ocupó el puesto 38; sin embargo la tendencia no continuó y en el 2005 el país había descendido 11 puestos.

Si la década de los noventa representó la década de la apertura, al comparar los indicadores de centralidad, en promedio, con el periodo de 1980 a 1989, el país aumentó su *strength* en 127%, consiguió 22 socios más para sus importaciones y 18 más para las exportaciones, perdió 7% de peso en el vector *authority* de centralidad y ganó 6% en el de *hub*. La ganancia que obtuvo en grado y *strength in* no se reflejó en la centralidad como *authority*; esto es, que sus socios por importaciones no son exportadores centrales en la red o *hubs*, lo cual deja una pregunta abierta, pues grandes exportadores o *hubs*, según el *ranking*, tienen también niveles más altos de tecnología, y ya que la modernización fue uno de los objetivos de la apertura, perder como *authority* implica diluir la posibilidad de esa transferencia tecnológica. A pesar de las pérdidas en el peso de los vectores de centralidad *hub* y *authority*, en promedio, el *ranking* de una década a otra deja el país en la misma posición. En contraste, los aumentos de grado no fueron suficientes para ganar

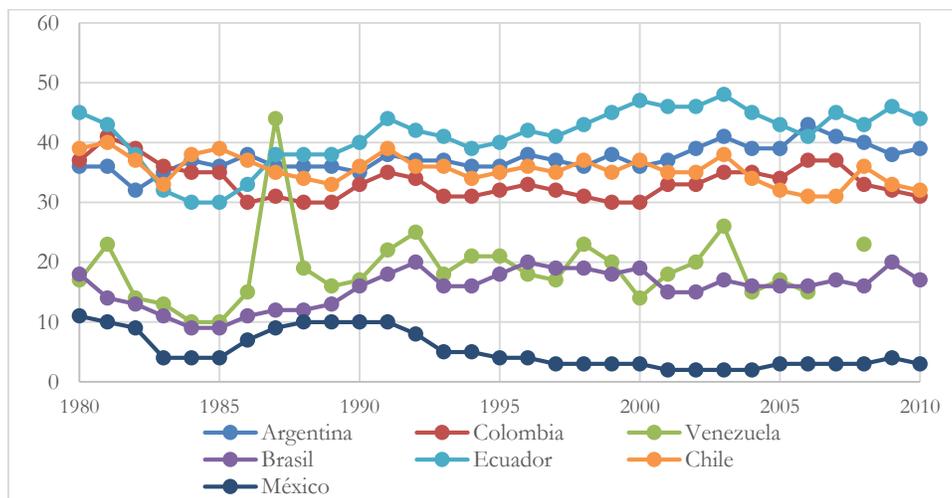
posiciones, pues éste fue un movimiento generalizado, así que el país perdió 3 en puestos, en promedio, en grado y grado *in*, y 5 puestos en grado *out*, mientras se quedó estático en los puestos ocupados en *strength* y *strength out* y perdió uno para *strength in*.

Gráfico 31. Puestos ocupados por Colombia y otros países de la región en el *ranking authority centrality*. 1980 a 2010.



Fuente: Elaboración del autor.

Gráfico 32. Puestos ocupados por Colombia y otros países de la región en el *ranking hub centrality*. 1980 a 2010.



Fuente: Elaboración del autor.

Finalmente, como se hizo con el coeficiente de apertura de intercambio, se compara en *ranking* a Colombia con seis países de la región: Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, México y Venezuela.

En la cantidad de socios comerciales, Colombia está en el medio de estos países, mientras en el *ranking strength*, a partir de 1988, es el penúltimo; respecto a *authority centrality* (Gráfico 31), Colombia está en la mitad junto con Argentina, Venezuela y Chile, *ranking* en el cual lidera México, seguido de Brasil y Venezuela. Por último, en el *ranking* de *hub centrality* (Gráfico 32) encabezan los mismos países que en el *ranking* de *authority centrality*, luego se agrupan los demás y Colombia conserva una ventaja moderada desde 1986 hasta el 2000. Estos resultados difieren de los proporcionados por el coeficiente de intercambio comercial, en los cuales Chile, Ecuador, Argentina y México después de 1994 eran los países más abiertos del grupo.

6. Conclusiones.

La liberalización comercial ocurrida desde finales de 1989 y ejecutada con fuerza en 1990 no fue la primera reforma librecambista que implementó el país a lo largo de su historia; ya en 1974 habían caído las barreras arancelarias a niveles muy similares al promedio de la de los noventa. Si bien es cierto que el país revirtió esas medidas, el inicio de los ochenta no muestra un país desintegrado de la red comercial y al tomar esa década como punto de referencia, se observa que la apertura no resultó en una mayor integración de Colombia desde la perspectiva de la centralidad en la red internacional de comercio. Los aumentos en los valores exportados e importados, en promedio, de la década de los noventa respecto de los ochenta, de 120% y 133%, solo representaron una mejora de uno y dos puestos en el *ranking strength out e in*. Los 18 nuevos socios para las exportaciones y 22 para las importaciones que el país consiguió de una década otra fue un logro insuficiente comparativamente, pues perdió, en promedio, 5 y 4 puestos en cada categoría.

En la década de los ochenta el país importó de países que fueron más centrales como exportadores, los cuales se relacionan con países desarrollados. En los noventa, en cambio, exportó a países que fueron menos centrales como importadores, y aunque para el primero caso el país disminuyó su puntaje como *authority*, aumentó un puesto en este *ranking* y dos en el *ranking hub*.

Por lo anterior, si el objetivo de la apertura fue aumentar los valores exportados e importados, esto se logró. Sin embargo, el análisis de redes deja ver que Colombia no mejoró su posición, de manera contundente, en la red mundial de comercio y que si bien los acuerdos comerciales aumentaron los canales de comercio, éstos no transportaron grandes flujos, excepto para el caso

de Estados Unidos, que concentró una buena cantidad de las exportaciones e importaciones colombianas.

Adicionalmente, los acuerdos comerciales promovidos en la década de los noventa tuvieron un importante componente regional, con el inconveniente de que los países de la región no fueron grandes *hubs* o *authorities* y, en consecuencia, no jalónaron al país hacia el centro; otros países fuera de la región tampoco lo hicieron, pues algunos de ellos están más alejados que Colombia en los *rankings* de centralidad. Llama la atención, especialmente, la calidad de los socios de los cuales Colombia recibió sus importaciones en los noventa, pues la modernización opera si las importaciones provienen de países con un alto componente tecnológico y, en ese sentido, una profundización en el comercio con países como Japón, Canadá, Alemania, Francia y Reino Unido, con los cuales Colombia tuvo conexiones por importaciones en 1990, hubiera incrementado su nivel de centralidad como *authority*.

Esta última conclusión sugiere que pensar una apertura en términos de integración más que de liberalización puede conducir a escoger más estratégicamente socios comerciales que eventualmente acerquen al país al club de las grandes autopistas de comercio, pues, por un lado los países tienen mayor capacidad de engrosar un canal comercial y por otro, al ser países más desarrollados pueden ofrecer una transferencia más alta de productividad. China, por ejemplo, entró en el top de *authority* y *hub centrality* no solo porque incrementó su comercio con el mundo, sino porque lo incrementó con países a la cabeza en los *rankings* en los ochenta y noventa; México, en cambio, tuvo otra estrategia, concentró su comercio en un solo país relevante, lo que llevó lo al puesto tres en el 2010 como *hub*.

Finalmente, resta por sugerir que el análisis de redes abre la puerta para estudiar otras cuestiones de la apertura en las que se ha tomado como referencia los coeficientes de intercambio comercial. En ese sentido las relaciones entre las medidas de centralidad e indicadores de desarrollo y crecimiento pueden mostrar resultados distintos y de carácter complementario.

7. Bibliografía.

- Arora, V. & Vamvakidis, A. (2005). Efectos derivados. *Finanzas & desarrollo*, 48-50.
- Bejarano, J. (1997). El despegue cafetero (1900-1928). En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Börner, K., Sanyal, S., & Vespignani, A. (2007). Network Science. *Annual Review of Information Science and Technology*, Vol. 41 (1).
- Brin, S. and Page, L. (1998). Anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference*.
- Craig, B. & Von Peter, G. (2010). Interbank tiering and money center banks. *BIS Working Papers*, No. 322.
- Durán, J., & Álvarez, M. (2008). Indicadores de comercio exterior y política comercial: mediciones de posición y dinamismo comercial. *Serie Documentos de Proyectos*, No. 217.
- Garay, L. (1998). *Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996*. Bogotá: DNP.
- Hayes, B. (2000). Graph Theory in Practice: Part I. *American Scientific* 88, No. 1, 9-13.
- Hopkins, B., & Wilson, R. (2004). The truth about Königsberg. *The College Mathematics Journal*, Vol. 35 (3), 198-207.
- Kalmanovitz, S. (2007). Colombia en las dos fases de globalización. *Revista de Economía Institucional*, Vol. 9 (17), 43-74.
- Kleinberg, J.M. (1998). Authoritative sources in a hyperlinked environment. *Proceedings of the ACM/SLAM Symposium on Discrete Algorithms*.
- Krugman, P. (1995). Dutch and emerging markets. *Foreign Affairs*, 74 (4), 28-44.
- León, C. & Pérez, J. (2013a). *Authority Centrality and Hub Centrality* as metrics of systemic importance of financial market infrastructures. *Borradores de Economía*, No. 754.
- León, C. & Pérez, J. (2013b). El mercado OTC de valores en Colombia: caracterización y comparación con base en el análisis de redes complejas. *Borradores de Economía*, No. 765.

- Maeng, S., Choi, H. & Lee, J. (2012). Complex network and minimal spanning trees in international trade network. *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, Vol. 16, 51-60.
- Melo, J. (1997). Vicisitudes del Modelo Liberal (1850-1899). En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Moschos, D. (1989). Exports expansion, growth and the level of economic development: An empirical analysis. *Journal of development economics*, 30 (1), 93-102.
- Newman, M.E.J. (2010). *Networks an introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Newman, M.E.J. (2008). The physics of networks. *Physics Today*, 33-38.
- Ocampo, J. (2011). Seis décadas de debates económicos latinoamericanos. Disponible en http://policydialogue.org/files/events/SEGIB-PNUD_Ocampo-final.pdf
- Ocampo, J. (1997a). Crisis mundial y cambio estructural (1929-1945). En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Ocampo, J. (1997b). Una década de grandes transformaciones, 1986-1995. En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Ocampo, J. (2001). *Un futuro económico para Colombia*. Bogotá: Alfaomega.
- Ocampo, J., Bernal, J., Avella, M., & Errázuriz, M. (1997). La consolidación del capitalismo moderno (1945-1986). En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.
- Sarmiento, E. (1992). Evaluación y perspectivas de la apertura. *Desarrollo y Sociedad*, Vol. 29, 11-23
- Stiglitz, J. (2003). Whither reform? Toward a new agenda for Latin America. *CEPAL Review*, No. 80, 7-28.
- Taylor, L. (1988). La apertura económica. Problemas hasta fines de siglo. *Trimestre económico*, Vol. LV (217), 67-174.
- Tirado, A. (1971). *Introducción a la Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Tovar, H. (1997). La lenta ruptura con el pasado colonial (1810-1850). En J. Ocampo (Compilador), *Historia Económica de Colombia*. Bogotá: Presidencia de la República.

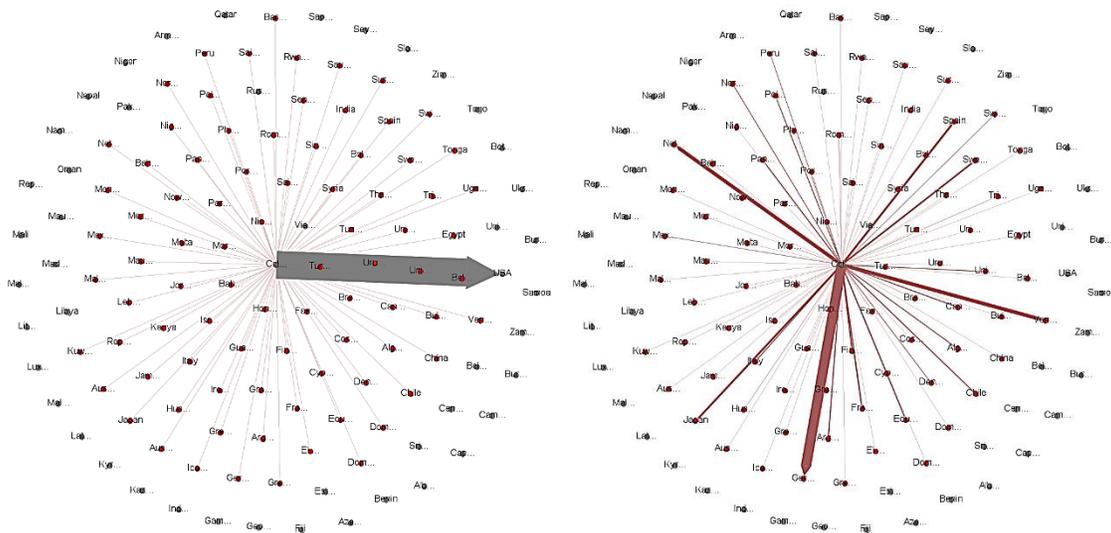
Ugander, J., Karrer, B., Backstrom, L., & Marlow, C. (2011). The anatomy of the Facebook Social Graph. Eprint arXiv:1111.4503.

Villar, L., & Esguerra, P. (2005). El comercio exterior colombiano en el siglo XX. *Borradores de Economía*, No. 358.

8. Anexo. Grafos de exportaciones e importaciones para Colombia.

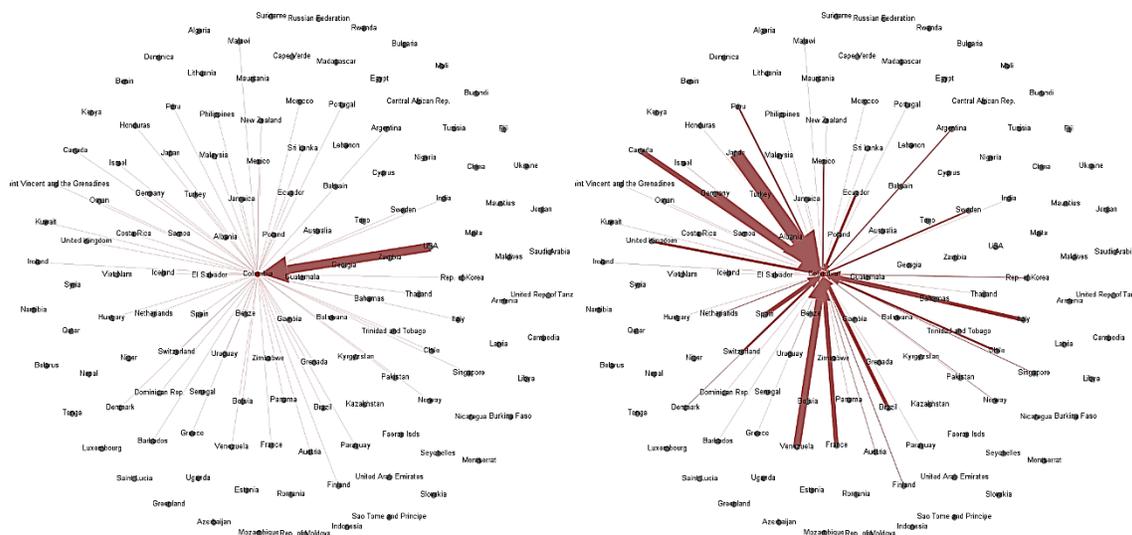
Exportaciones e importaciones de Colombia 1980, 1990, 2000. El grueso de las flechas es proporcional al valor exportado o importado.

1. Exportaciones de Colombia 1980: (izq.) con Estados Unidos, (der.) sin Estados Unidos



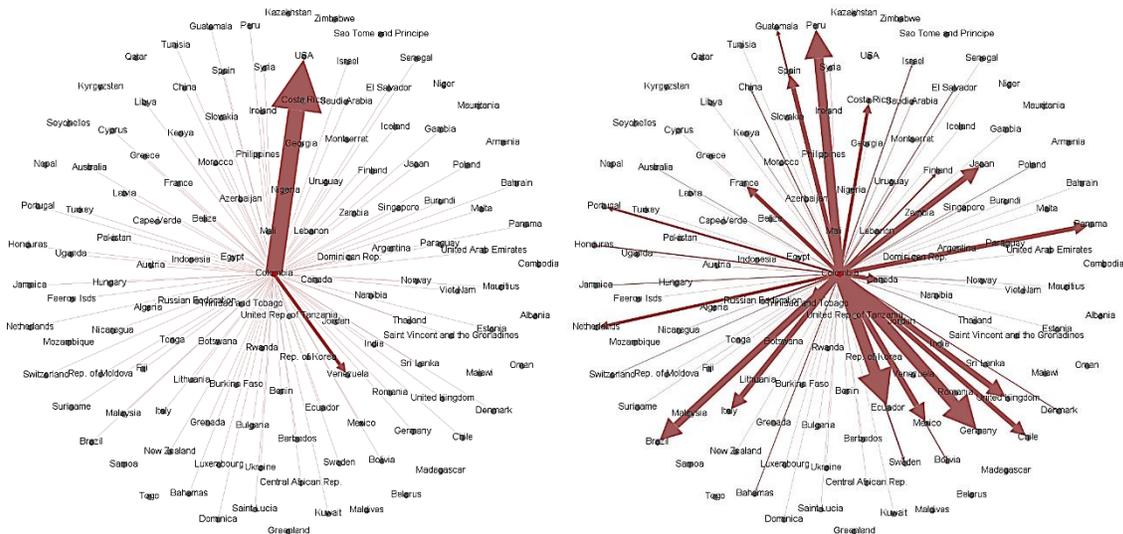
Fuente: Elaboración del autor.

2. Importaciones de Colombia 1980: (izq.) con Estados Unidos, (der.) sin Estados Unidos



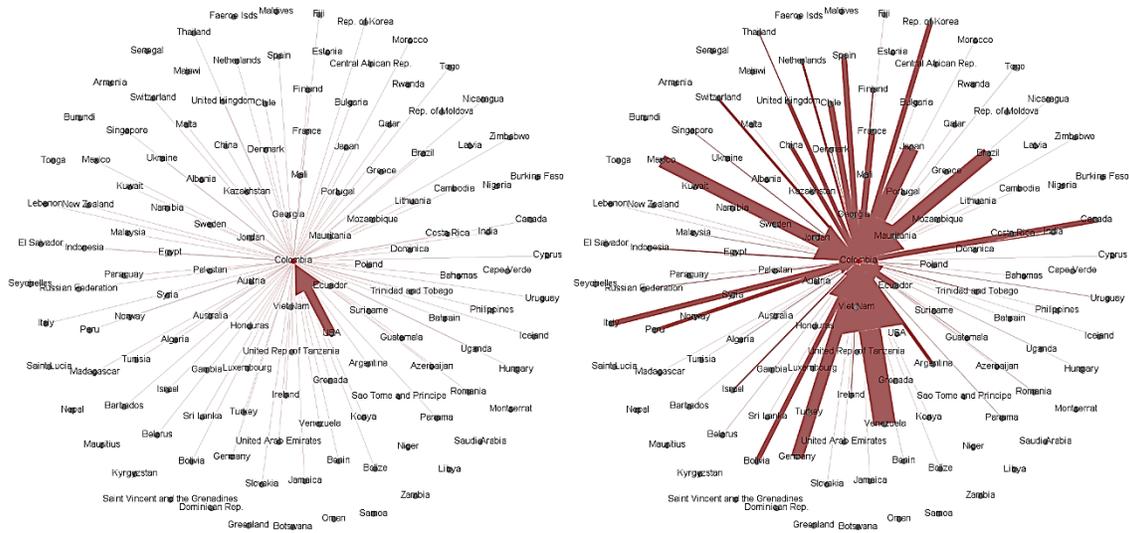
Fuente: Elaboración del autor.

3. Exportaciones de Colombia 2000: (izq.) con Estados Unidos y Venezuela, (der.) sin Estados Unidos y Venezuela.



Fuente: Elaboración del autor.

4. Importaciones de Colombia 2000: (izq.) con Estados Unidos, (der.) sin Estados Unidos



Fuente: Elaboración del autor.