

Transmisiones de volatilidad en mercados accionarios y
precios internacionales de bienes básicos

Ángela Buitrago Cortés

Asesor: José Eduardo Gómez González

Junio 2019

Universidad del Rosario

Facultad de Economía

Maestría en Finanzas Cuantitativas

Resumen

En un mercado de capitales robusto, se puede identificar que la interconexión de diversos activos influye de manera importante en el desempeño de estos. Utilizando la descomposición generalizada de la varianza de un modelo VAR, es posible medir niveles de contagio o conectividad en la volatilidad de los mercados a través de las correlaciones entre un activo y otro para cuantificar los choques direccionales, y así evidenciar patrones de comportamiento regionales, sectoriales y globales.

Los resultados evidencian una fuerte dependencia hacia economías desarrolladas tanto en los clústers regionales como en el contexto general del sistema, mientras que los bienes básicos, en particular el petróleo, se muestran como receptores netos de volatilidad.

Palabras clave

Mercado accionario, commodities, conectividad, volatilidad, contagio, vector autorregresivo, descomposición de la varianza.

Tabla de Contenido

Capítulo 1 Introducción	5
Capítulo 2 Revisión de la literatura	7
Capítulo 3 Descripción del modelo y caracterización de la muestra	13
3.1 Descripción del modelo	13
3.2 Caracterización de los datos y estadísticas descriptivas	17
Capítulo 4 Resultados	20
Capítulo 5 Conclusiones	27
Referencias.....	28

Lista de tablas

Tabla 1. Índices de mercado accionario por país e identificador en bloomberg.....	18
Tabla 2. Estadísticas descriptivas	19
Tabla 3. Transmisión de volatilidad por activo financiero	20

Lista de figuras

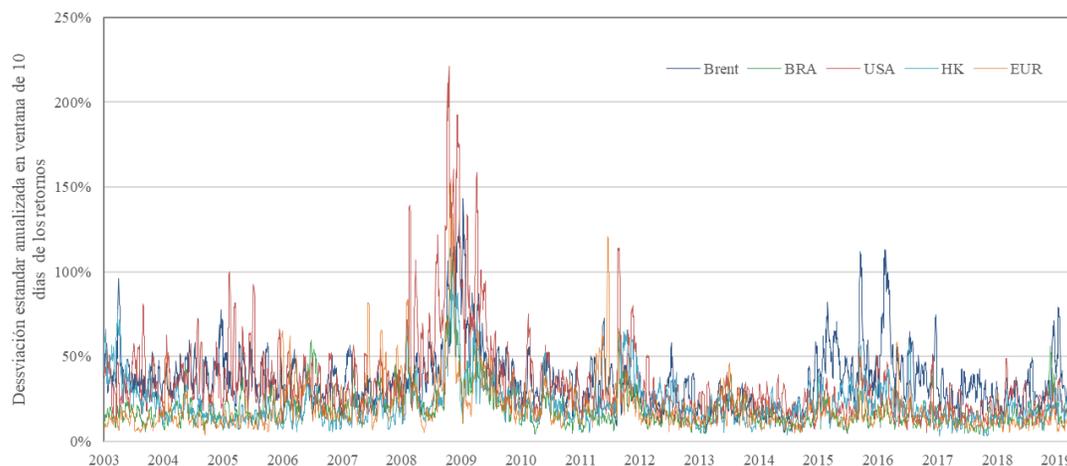
Gráfica 1. Volatilidad de retornos accionarios y el precio del petróleo.....	5
Gráfica 2. Transmisión total de volatilidad del sistema.....	21
Gráfica 3. Indicador neto de transmisión de los bienes básicos	22
Gráfica 4. Indicador neto de transmisión de los mercados de América.....	23
Gráfica 5. Indicador neto de transmisión de los mercados de Europa.....	24
Gráfica 6. Indicador neto de transmisión de los mercados de Asia y Oceanía.....	25

Capítulo 1

Introducción

El mercado de capitales ha venido creciendo de manera permanente en los últimos años, no solo en volúmenes de negociación, sino también en términos de activos, vehículos de inversión y sistemas transaccionales, como parte de la necesidad de diversificación de inversiones que surge a la hora de estructurar un portafolio. De hecho, esta ampliación del mercado asociada a la financiarización de las economías mundiales surge como consecuencia de la especialización de los mecanismos de información y de negociación. Este mayor acceso a los mercados financieros ha incidido en la tendencia de determinados activos, afectando los resultados obtenidos por otros, sin que exista una relación evidente entre ellos. En la Gráfica 1 se evidencia que en periodos donde se acentúan los picos de volatilidad en algunos mercados, parece existir una retroalimentación con los demás, aunque geográfica, política y económicamente sean grupos y mercados diferentes.

Gráfica 1. Volatilidad de retornos accionarios y el precio del petróleo



Fuente: Cálculos propios

Usualmente se asume que la evolución de los precios de los bienes básicos afecta el comportamiento de los mercados accionarios ya que, en principio, éstos son subyacentes

de la renta variable. Un ejemplo de este fenómeno es el desempeño del precio del petróleo, el cual es generalmente aceptado como un activo exógeno cuando se analizan activos financieros del sector petrolero, lo cual no permite incorporar la transmisión entre ambos mercados. Este supuesto no considera que la inversión en un sector o en una acción de una compañía particular, pueda transmitir efectos de volatilidad hacia el mercado de materias primas, lo que distorsiona el análisis trasversal de las medidas de riesgo.

Asimismo, existen evidencias que, en los picos de volatilidad presentados en economías desarrolladas, otros mercados menos desarrollados se ven alterados, sin que existan fundamentales que expliquen este comportamiento. Sobre este tema, se han desarrollado numerosos estudios que buscan caracterizar ese grado de integración entre mercados. No obstante, estos análisis se han concebido desde perspectivas segmentadas que contemplan enfoques regionales, dinámicas del crudo con determinadas economías y afectación sectorial de mercados respecto al desempeño de un mercado, considerado más desarrollado.

Resulta pertinente entonces, explorar ese proceso de integración de diversos mercados y la transferencia de choques entre ellos, desde una perspectiva sistémica regional y global, en el marco de un análisis de descomposición de varianza de los retornos para la muestra seleccionada, siguiendo la metodología de Diebold y Yilmaz (2009), con el objetivo de obtener un indicador de transferencia de volatilidad entre diferentes mercados accionarios y de materias primas.

Este documento está compuesto por cuatro apartes, que inician con la presente introducción. En el capítulo dos se explora la literatura relacionada con avances en la identificación de transferencias de volatilidad entre mercados. El capítulo tres describe la muestra seleccionada para el estudio y la caracterización del modelo utilizado, y en el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en el capítulo cinco se presentan las conclusiones y reflexiones del análisis desarrollado

Capítulo 2

Revisión de la literatura

Dada la complejidad que conlleva la medición de la interconexión entre mercados por los riesgos sistémicos que se puedan materializar, muchos autores han desarrollado trabajos teóricos con este enfoque; y si bien en la academia no existe un consenso frente a la metodología óptima para la medición de choques entre mercados (Diebold & Yılmaz, 2014), es claro que esas relaciones pueden constituir un riesgo de contagio financiero, lo que cobra una relevancia significativa a la hora de entender la sensibilidad del particular.

De igual forma, Schweitzer, Fagiolo, Sornette, Vega-Redondo, Vespignani & White (2009), argumentan que existe un reto en modelar el comportamiento de los mercados financieros, el cual consiste en que éstos deben entenderse como una red compleja en la cual los enlaces entre activos no son binarios, sino que se ponderan de acuerdo con la interacción económica en cuestión a partir de volúmenes negociados, capital invertido, entre otras variables, y su ponderación puede cambiar con el tiempo.

Por las razones nombradas anteriormente, en la literatura se encuentran varios métodos para medir y estimar el contagio, la interacción y el grado de conexión entre mercados de activos financieros, entre ellos Engle & Kelly (2012) y Adrian & Brunnermeier (2011), quienes exploran métodos tales como la correlación de pares promedio y las aproximaciones CoVaR¹, respectivamente. Una interesante aplicación de CoVaR, es la que presenta Castro & Stijn (2014), quienes examinan e ilustran la importancia de este método en el estudio de la transmisión de incertidumbre, ejemplificándolo mediante un modelo que usa datos de mercados accionarios europeos. No obstante, otras investigaciones como las de Diebold & Yılmaz (2014) señalan que existen otras metodologías tales como la *del*

¹ CoVaR: el valor en riesgo (VaR) del sistema financiero condicional sobre instituciones que se encuentran etapas de volatilidad financiera.

*déficit marginal esperado*² (*Marginal Expected Fallouts - MES*, por sus siglas en inglés) y que estas son superiores en términos metodológicos a las inicialmente mencionadas, pues van más allá de la correlación entre pares porque “rastrea” la asociación que existe entre las dinámicas de los activos financieros individuales y los movimientos del mercado en general, en una u otra dirección.

En este orden de ideas, resulta pertinente mencionar la revisión de metodologías de medición de conectividad y volatilidad entre activos y mercados financieros llevada a cabo por Diebold & Yilmaz (2014) puesto que describen, desarrollan y aplican un marco unificado para conceptualizar y medir empíricamente la conexión en una variedad de niveles, desde pares hasta todo el sistema, utilizando descomposiciones de varianzas a partir de varios modelos.

Otros de los autores que han explorado los desarrollos que se han realizado alrededor del tema de contagio e interconexión de economías globales, son Acemoglu, Ozdaglar & Tahbaz-Salehi (2010), quienes proporcionan un marco general para el estudio de los efectos de tipo cascada creados por las interconexiones entre sectores, empresas o instituciones financieras. Los autores se centran en una economía multisectorial, vinculada a través de una red de suministro y muestran cómo las propiedades estructurales de la red determinan si la volatilidad agregada desaparece a medida que aumenta el número de sectores.

Asimismo, el desarrollo metodológico y el estudio del comportamiento de las redes de activos financieros bursátiles llevado a cabo por Adamic, Brunetti, Harris & Kirilenko (2017), en el cual muestran que las variables de la red, es decir la dinámica de la interconexión entre activos, definen el volumen de operaciones, la duración entre intercambios, los desequilibrios comerciales y otras medidas de liquidez del mercado. Esta dinámica sistémica refleja información (o su asimetría) y busca predecir las condiciones

² Para más información consultar Acharya, Engle & Richardson (2012).

futuras del mercado antes de las medidas de volumen o liquidez derivado del contagio de las expectativas de volatilidad y estabilidad de los periodos inmediatamente anteriores.

En este sentido, como parte de una literatura emergente que utiliza perspectivas de red en contextos económicos, e introduce perspectivas económicas en contextos de red se puede también mencionar a Allen, Babus & Carletti (2012) y Billio, Getmansky, Lo & Pelizzon (2012), quienes desarrollan modelos de contagio de volatilidad e interconexiones entre activos financieros bajo una visión de riesgo sistémico, concluyendo que el contagio de información es más probable en estructuras de activos en *clústers* (agrupados por características similares), y a su vez proponen varias medidas econométricas de conexión basadas en el análisis de componentes principales y las redes de causalidad de Granger.

Otro tipo de visión sistémica del comportamiento de los mercados de activos financieros y de cómo sus expectativas son contagiadas al resto de los actores de los mercados, es desarrollada por autores como Easley & Kleinberg (2010) y Babus (2016), quienes argumentan que es necesario usar una visión sistémica en el modelado de los comportamientos de los activos financieros y las decisiones que toman los actores de estos mercados, basándose en información desde un punto de vista interconectado. Por ejemplo, Babus (2016) investiga si los bancos pueden comprometerse de manera ex-ante para asegurarse mutuamente entre sí, cuando existe un riesgo de contagio en el sistema financiero mediante modelaciones de las posibles decisiones de los bancos para compartir este riesgo a través de acuerdos en una red financiera que permitan que las pérdidas se repartan entre varios de los actores de este mercado.

Por lo anterior, se han explorado las direcciones en las cuales se mueven estos contagios de información y volatilidad en los mercados financieros, puesto que nunca estas relaciones son unidireccionales; en tanto al estar inmersas en relaciones sistémicas, una acción se verá reflejada en un sinnúmero de consecuencias en todos los actores que componen este sistema de comercialización de activos financieros. Es así como Demirer, Diebold, Liu &

Yilmaz (2018), usando el método LASSO³, demuestran que la conectividad del comportamiento de capitales globales es definida, en gran parte, por la cercanía geográfica de los mercados que comercializan los activos financieros y que existen dos grandes “receptores” mundiales de volatilidad en la cadena del contagio de información de expectativas financieras: Norte América y Europa.

Aunque resulte evidente que estos dos grandes mercados contagien a los demás mercados más pequeños de sus expectativas y volatilidades, este efecto de transmisión es aún más pronunciado en periodos de crisis financieras. En este sentido, Diebold & Yilmaz (2012) señalan que los *spillovers* de volatilidad emitidos por los activos financieros tranzados en Estados Unidos eran relativamente estables y limitados hasta que se vieron desbordados hacia mercados extranjeros durante el inicio de la crisis financiera en 2007 y se aumentaron aún más durante el colapso de Lehman Brothers Holdings en septiembre de 2008. Por su parte, Alper & Yilmaz (2004) develan una situación similar al mostrar que, durante las crisis presentadas en los grandes mercados bursátiles asiáticos, se han presentado contagios de volatilidad a las cotizaciones de activos financieros en la bolsa de Estambul.

Hasta este punto es intuitivo pensar que existe dependencia de los mercados pequeños hacia los grandes en términos de transmisión de incertidumbre y que, a la vez, este efecto se tiende a multiplicar en periodos de crisis. Esta hipótesis es confirmada por Beirne, Caporale, Schulze-Ghattas & Spagnolo (2013), quienes usando modelos GARCH estiman que los *spillovers* de volatilidad desde economías maduras a mercados emergentes se cumple constantemente y la dependencia aumenta en periodos de crisis.

Para el caso de América Latina, los estudios de Kaminsky & Reinhart (1998) y Abugri. (2008) coinciden en señalar que la región es muy vulnerable a ser “contagiada” de la volatilidad proveniente de mercados más grandes y desarrollados, pudiendo afectar

³ Least Absolute Shrinkage and Selection Operator. Para más información leer Tibshirani, R. (1996) y su aplicación en Demirer, Diebold, Liu & Yilmaz (2018)

variables macroeconómicas clave tales como el tipo de cambio, la tasa de interés, la producción industrial y la oferta monetaria.

Aunque esta dependencia del comportamiento de los mercados de capitales en países emergentes pudiera estar explicada por la teoría macroeconómica clásica al ser economías pequeñas que no pueden influir en los retornos promedio mundiales, Moguillansky (2002) señala que existen mecanismos microeconómicos de transmisión de volatilidad que amplifican y propagan los efectos iniciales de los choques monetarios o financieros, actuando como aceleradores financieros que aumentan la volatilidad de los mercados.

Pese a que el contagio de la volatilidad es recibido en los mercados latinoamericanos, en mayor parte, desde Norte América y Europa (Demirer, Diebold, Liu & Yilmaz, 2018), también existe una transmisión de volatilidad al interior de la región. Edwards & Susmel (2001) analizan los datos de varias bolsas de valores del continente y demuestran que los episodios de alta volatilidad son, en general, de corta duración (de 2 a 12 semanas) y que existe evidencia de transmisión de volatilidad en los países, especialmente entre los países del Mercosur. Igualmente, Edwards (1998) describe que existe una tendencia al contagio en las tasas de interés entre los mercados de México, Argentina y Chile, aun cuando se establezcan tasas de cambio fijas.

Ahora bien, al analizar la correlación de la volatilidad entre Latinoamérica y Norteamérica (mercado más grande y más cercano geográficamente), se destacan los estudios de Valenzuela & Rodríguez (2015) y Cardona, Gutiérrez, & Agudelo (2017) quienes usando modelos VECM, de descomposición de varianza y MGARCH, encuentran evidencia de la existencia de la transmisión de volatilidad entre los mercados bursátiles latinoamericanos y el estadounidense, sugiriendo así la existencia de cierta dependencia de estos mercados hacia Estados Unidos, siendo esta más pronunciada a partir de 2003.

Al analizar el caso de la transmisión de volatilidad hacia Colombia, los estudios de Corredor & Vega (2012), Gamba, Gómez, Hurtado & Melo (2017) y Sandoval, G. (2019) coinciden en señalar que Colombia es un país receptor neto de volatilidad, y que la mayoría

de ésta proviene de Estados Unidos, e igualmente este contagio es más pronunciado en épocas de crisis. De igual forma, se evidencia una mayor correlación en los activos de renta variable que en los de renta fija, y que los choques de transmisión de volatilidad de corto plazo son más frecuentes en Colombia.

Así las cosas, los estudios que se han realizado alrededor de este tema se han enfocado en el análisis de mercados segmentados, con grupos de evaluación en economías desarrolladas o en desarrollo y, aunque esta perspectiva es generalmente aceptada, pues resulta sensato caracterizar los países en grupos según sus fundamentales, lineamientos políticos, monedas, actividad económica, entre otras; este documento busca estudiar las transferencias de volatilidad entre mercados que no tienen relación aparente, siguiendo la aproximación planteada por Agmon (1974), la cual concibe al mercado de capitales global como un conjunto de multiactivos en el que la información específica que reciba un comprador o vendedor le permita tomar decisiones respecto a cualquier mercado.

Capítulo 3

Descripción del modelo y caracterización de la muestra

Para el desarrollo de esta estimación de transferencias de volatilidad, se estructura la cuantificación de los efectos de retornos en un modelo autorregresivo (VAR) siguiendo a Engle (1990) y con el enfoque de series de tiempo multivariada propuesta Diebold & Yilmaz (2009, 2012, 2014), el cual se basa en la descomposición de la varianza asociada a ese modelo, teniendo en cuenta que el objetivo es caracterizar la relación de los diferentes activos a través de un sistema de ecuaciones sin restringir. El modelo VAR resulta favorable cuando existe evidencia de simultaneidad entre un grupo de variables, como es el caso de los mercados accionarios de distintos países y las materias primas que se transan en mundo.

Con el planteamiento de un modelo VAR, es posible asumir que todas las variables son potencialmente endógenas, y con la descomposición generalizada de la varianza como método de identificación, se establecen los niveles de conectividad de los activos a través las correlaciones entre un activo y otro para cuantificar los choques direccionales.

3.1 Descripción del modelo

Como primera medida, se plantea el siguiente modelo VAR(p):

$$Y_t = \varphi_0 + \sum_{j=1}^{\infty} \varphi_j Y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde Y_t es un vector de tamaño N que está compuesto por los retornos de cada uno de los activos en el tiempo t , φ representa la matriz de parámetros, $\varepsilon_t | t-1 \sim F(0, \Sigma_t)$ es el vector de perturbaciones independiente e idénticamente distribuidas, F es la distribución de probabilidad condicional de errores, y finalmente Σ_t es la matriz de covarianza del error condicional.

Este modelo VAR(p) puede expresarse de la siguiente manera para obtener un modelo de media móvil vectorial VMA(∞):

$$Y_t = \Phi_0 + \sum_{j=1}^{\infty} \Phi_j \varepsilon_{t-j} \quad (2)$$

El error de pronóstico h-periodos adelante, será:

$$e_{t+h}|t = \Phi_0 \varepsilon_{t+h} + \Phi_1 \varepsilon_{t+h-1} + \Phi_2 \varepsilon_{t+h-2} + \dots + \Phi_{h-1} \varepsilon_{t+1} \quad (3)$$

Y la matriz de covarianza se expresa así:

$$H_{t+h}^e|t = \Phi_0 \Sigma_{t+h} \Phi_0' + \Phi_1 \Sigma_{t+h-1} \Phi_1' + \Phi_2 \Sigma_{t+h-2} \Phi_2' + \dots + \Phi_{h-1} \Sigma_{t+1} \Phi_{h-1}' \quad (4)$$

Donde cada elemento de la diagonal de $H_{t+h}^e|t$ incluye los términos de la matriz de covarianza del término de error ε en la ecuación (1), $\Sigma_{t+i} \forall i = 1, 2, \dots, h$.

Así las cosas, las descomposiciones de la varianza $\Theta_{ij,t}(h)$ se definen de tal manera que contienen la proporción de la varianza del error de pronóstico del periodo h que proviene del activo i hacia j en el tiempo t :

$$\Theta_{ij,t}(h) = \frac{\sum_{k=0}^{h-1} \left[\frac{(\rho_i' \Phi_k H_{t+k}^e | t \rho_i)^2}{\sqrt{\rho_j' H_{t+k}^e | t \rho_j}} \right]}{\sum_{k=0}^{h-1} [\rho_i' \Phi_k H_{t+k}^e | t \Phi_k' \rho_i]} \quad (5)$$

Donde ρ_i y ρ_j son vectores de selección iguales a uno en la posición i -ésima y j -ésima respectivamente, e iguales a cero en las demás.

Debido a que la estimación está en el marco de un VAR generalizado, siguiendo a Koop, Pesaran & Potter (1996) y Pesaran & Shin (1980), los aportes de la varianza de manera agregada no necesariamente son iguales a 1:

$$\sum_{g=1}^N \Theta_{ij,t}(h) \neq 1 \quad (6)$$

Por lo tanto, es necesario normalizar cada entrada de la matriz de descomposición de varianza generalizada de la ecuación (1) con la suma de la fila para obtener una conexión direccional por pares del activo i al activo j .

En este sentido, $\tilde{\Theta}_{ij,t}(h)$ será la participación de varianza del error de pronóstico del periodo h del activo i , generada por j en el tiempo t :

$$\tilde{\Theta}_{ij,t}(h) = \frac{\Theta_{ij,t}(h)}{\sum_{j=1}^N \Theta_{ij,t}(h)} \quad (7)$$

Ahora, por construcción $\sum_{j=1}^N \tilde{\Theta}_{ij,t}(h) = 1$ y $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\Theta}_{ij,t}(h) = N$; lo cual permite el cálculo un índice de desbordamiento total que se expresa así:

$$\zeta_t(h) = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ij,t}(h)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\Theta}_{ij,t}(h)} = \frac{\sum_{i,j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ij,t}(h)}{N} \quad (8)$$

Igualmente, los índices de desbordamiento direccionales permitirán evidenciar la contribución de los efectos secundarios a la variación del error de pronóstico del sistema. Por una parte, se calcula el índice de transmisión direccional, que contiene las contribuciones generadas por el activo i hacia el resto del sistema:

$$\zeta_{i \rightarrow \bullet, t}(h) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ji,t}(h)}{\sum_{i,j=1}^N \tilde{\Theta}_{ji,t}(h)} = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ji,t}(h)}{N} \quad (9)$$

Mientras que el índice de recepción direccional para cada activo incorpora la suma de los desbordamientos de otros mercados hacia el activo i , y está dado por la siguiente expresión:

$$\zeta_{i \leftarrow \bullet, t}(h) = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)}{\sum_{i, j=1}^N \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)} = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)}{N} \quad (10)$$

Los índices de desbordamiento neto serán la diferencia entre los índices de transmisión y la recepción direccional:

$$\zeta_{i, t}(h) = \zeta_{i \rightarrow \bullet, t}(h) - \zeta_{i \leftarrow \bullet, t}(h) \quad (11)$$

Finalmente, es posible obtener los índices por pares de activos utilizando el desbordamiento de volatilidad del activo i hacia el j y viceversa, de la siguiente manera:

$$\zeta_{ij, t}(h) = \frac{\tilde{\Theta}_{ji, t}(h) - \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)}{\sum_{i, j=1}^N \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)} = \frac{\tilde{\Theta}_{ji, t}(h) - \tilde{\Theta}_{ij, t}(h)}{N} \quad (12)$$

Teniendo en cuenta la metodología que se implementará y la robustez de los activos observados, se requiere que el modelo sea estimable con alta dimensionalidad, para lo cual se debe ajustar la estimación con un método que adapte los coeficientes de la regresión, con el objetivo de minimizar la influencia de aquellos predictores menos relevantes. Precisamente, el método LASSO, utilizado previamente por Demirer, Diebold, Liu & Yilmaz (2018), permite aproximar a cero los coeficientes menos representativos para la estimación y adicionalmente reduce la varianza a través de la siguiente optimización:

$$\hat{\varphi} = \min_{\varphi_0, \varphi} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(y_i - \varphi_0 - \sum_{j=1}^N \varphi_j Y_{t-j} \right)^2 \right\} \quad (13)$$

Sujeto a la siguiente restricción:

$$\sum_{j=1}^N |\varphi_j|^q \leq c \quad (14)$$

Donde q es la penalización para los coeficientes. El problema de optimización penalizado se replantea de la siguiente manera:

$$\hat{\varphi} = \min_{\varphi_0, \varphi} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(y_i - \varphi_0 - \sum_{j=1}^N \varphi_j Y_{t-j} \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^N |\varphi_j|^q \right\} \quad (15)$$

El método resuelve la regresión penalizada con $q = 1$, de manera que reduce y selecciona los coeficientes mediante una minimización, y utiliza la q más pequeña para la cual el problema de minimización es convexo. Entre más grande sea el valor de λ , será mayor la contracción, ya que los coeficientes se contraen hacia cero. Zou & Zhang (2009), propusieron una extensión al método que además de reducir y seleccionar, proponen la red elástica como una versión mejorada del método LASSO para analizar datos de alta dimensión, como es el caso de este estudio. Siguiendo a Demirer, Diebold, Liu & Yilmaz (2018), esta implementación utiliza el siguiente problema de minimización:

$$\hat{\varphi}_{AEnet} = \min_{\varphi_0, \varphi} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(y_i - \varphi_0 - \sum_{j=1}^N \varphi_j Y_{t-j} \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^N w_j \left(\frac{1}{2} |\varphi_j| + \frac{1}{2} \varphi_j^2 \right) \right\} \quad (16)$$

3.2 Caracterización de los datos y estadísticas descriptivas

Los bienes básicos, conocidos en el mercado de capitales como *commodities*, son materias primas que se transan en mercados financieros y hacen parte de esas inversiones alternativas que pueden componer un portafolio de inversiones diversificado, a través de ETF o de futuros. Sobre estos activos, se obtienen ganancias por la variación en los precios, ya que no ofrecen retornos en intereses como es el caso de los bonos, o dividendos de las participaciones accionarias de compañías que coticen en bolsa.

Por otra parte, los índices accionarios reflejan las variaciones de los precios de un número determinado de acciones de empresas que cotizan en el mercado de capitales de un país, en el cual generalmente, el valor de capitalización bursátil, la liquidez u otros factores asignan la ponderación dentro del índice para cada una de las compañías. Estos índices

pretenden mostrar el desempeño específico de un país, sector o industria, registrando de manera rápida y precisa el comportamiento general de un mercado.

La muestra incluye retornos diarios de 5 bienes básicos, y 23 mercados accionarios que representan el desempeño de sus países de origen, tal como se caracterizan en la Tabla 1, con datos que inician el 6 de diciembre de 2002 y terminan el 30 de abril de 2019, obtenidos de Bloomberg.

Tabla 1. Índices de mercado accionario por país e identificador en bloomberg

Abreviación	País	Índice	Ticker
USA	Estados Unidos	S&P500	SPX
CAN	Canadá	S&P/TSX	SPTSX
MEX	México	S&P/BMV	MEXBOL
BRA	Brasil	Bovespa	IBOV
CHL	Chile	Ipsa	IPSA
COL	Colombia	Colcap	COLCAP
ARG	Argentina	Merval	MERVAL
PER	Perú	S&P/BVL	SPBLPGPT
EUR	Europa	Euro Stoxx	SXXP
UK	Reino Unido	FTSE 100	UKX
ITA	Italia	FTSE MIB	FTSEMIB
ESP	España	Ibex 35	IBEX
FRA	Francia	CAC 40	CAC
GER	Alemania	DAX	DAX
JAP	Japón	Nikkei 225	NKY
HK	Hong Kong	Hang Seng	HSI
SH	Shangai	Shanghai SE	SHSZ300
KOR	Corea	Kospi SE	KOSPI
MAL	Malasia	FTSE Bursa	FBMKLCI
SIN	Singapur	FTSE Straits	STI
IND	Indonesia	Jakarta Stock	JCI
AUS	Australia	S&P/ASX	AS51
NZL	Nueva Zelanda	S&P/NZX	NZSE50FG

Fuente: Elaboración propia

Dada la línea de tiempo que se está estudiando, se incluyen eventos importantes de los mercados financieros como la crisis de 2007-2008. De igual manera, se contempla la crisis de la deuda en Europa, la Guerra de Divisas y un ciclo completo de precios del petróleo y otros bienes básicos. Esto permitirá evidenciar posibles conexiones entre mercados en

diferentes coyunturas económicas globales. Con los datos obtenidos, se cuenta con 4,278 observaciones por activo, es decir un total de 119,784 observaciones. A partir de los cierres diarios, se calcularon los retornos para cada uno de los activos con el objetivo de normalizar la muestra.

En la Tabla 2 se presentan algunos estadísticos descriptivos de cada uno de los activos para la muestra seleccionada, entre ellos la media, desviación estándar, asimetría y curtosis. El mercado que más ha rentado en el periodo en análisis ha sido el de Perú, mientras que el menos rentable ha sido el mercado francés. En términos de asimetría, se evidencia que 24 de los 28 activos presentan una distribución con sesgo hacia la izquierda. Respecto a la curtosis, para la mayoría de los activos se observan niveles altos, lo cual sugiere que los activos no se distribuyen normalmente, comportamiento que suele presentarse en series de tiempo de mercados financieros.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas

	Brent	SOYA	MAIZ	CAFÉ	CME	USA	CAN	MEX	BRA	CHL	COL	ARG	PER	EUR
Media	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0008	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0010	0.0006
Des_est	0.0209	0.0232	0.0162	0.0184	0.0191	0.0221	0.0113	0.0101	0.0115	0.0166	0.0094	0.0121	0.0194	0.0137
Asimetría	-0.0107	0.1218	-0.8833	-0.1917	0.0874	-0.1331	-0.3469	-0.7410	0.0149	-0.0847	0.0234	-0.1000	-0.4430	-0.4693
Curtosis	2.662	5.039	5.868	2.836	2.073	13.069	12.009	13.081	7.209	5.304	11.614	24.032	3.845	12.472
JB	1,261.3	6,691.6	1,461.9	770.2	30,507	25,838	30,944	9,282.8	5,019.9	24,062	102,990	2,736.4	27,939.0	9,222.2
LB	24.62	14.97	16.12	13.34	47.32	78.10	80.02	55.22	19.24	119.37	151.17	19.59	160.52	33.42
ADF	-67.798	-64.556	-64.04	-67.057	-69.285	-72.032	-66.778	-60.2	-66.545	-56.337	-55.71	-62.338	-55.516	-65.849

	UK	ITA	ESP	FRA	GER	JAP	HK	SH	KOR	MAL	SIN	IND	AUS	NZL
Media	0.0002	0.0001	0.0001	-0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0007
Des_est	0.0143	0.0114	0.0109	0.0147	0.0138	0.0133	0.0134	0.0143	0.0139	0.0163	0.0124	0.0070	0.0105	0.0126
Asimetría	-0.1885	-0.2074	-0.1300	-0.2515	-0.1397	-0.0254	-0.0345	-0.5373	-0.0190	-0.4656	-0.5239	-0.9291	-0.2001	-0.6464
Curtosis	2.855	7.170	8.589	6.154	8.370	6.837	5.909	8.404	10.469	4.398	8.054	13.935	6.679	8.033
JB	13,180.0	6,813.9	12,526.0	8,357.6	6,243	12,822	19,558	3,587.7	11,729.0	35,275	7,985	11,791.0	6,517.3	5,590.4
LB	50.59	39.91	29.08	46.89	20.29	14.71	19.62	35.85	13.62	66.92	20.39	60.04	16.30	52.81
ADF	-68.295	-67.414	-64.722	-67.687	-66.325	-67.34	-66.68	-64.147	-64.142	-58.493	-63.789	-59.314	-67.074	-61.157

Fuente: Cálculos propios

De igual manera, se incluyen las pruebas de normalidad de Jarque-Bera (JB), la de autocorrelación de Ljung-Box (LB) y la de raíces unitarias Dickey-Fuller aumentadas (ADF). En cada una de las pruebas que se llevaron a cabo, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede utilizar en el modelo VAR planteado en la sección anterior.

Capítulo 4

Resultados

En esta sección se muestran y discuten los resultados de los modelos descritos anteriormente. Inicialmente, se analiza el comportamiento de transmisión y recepción de volatilidad de cada activo financiero de forma individual en la Tabla 3, en la que se confirman varios de los argumentos descritos en la literatura más reciente, que plantea que los bienes básicos suelen ser receptores de volatilidad, especialmente el petróleo, que tiene un comportamiento de receptividad neta, particularmente en periodos de crisis sociales o geopolíticas. (Regnier, 2007; Liu, Ji & Fan, 2013 y Choi & Hammoudeh, 2010).

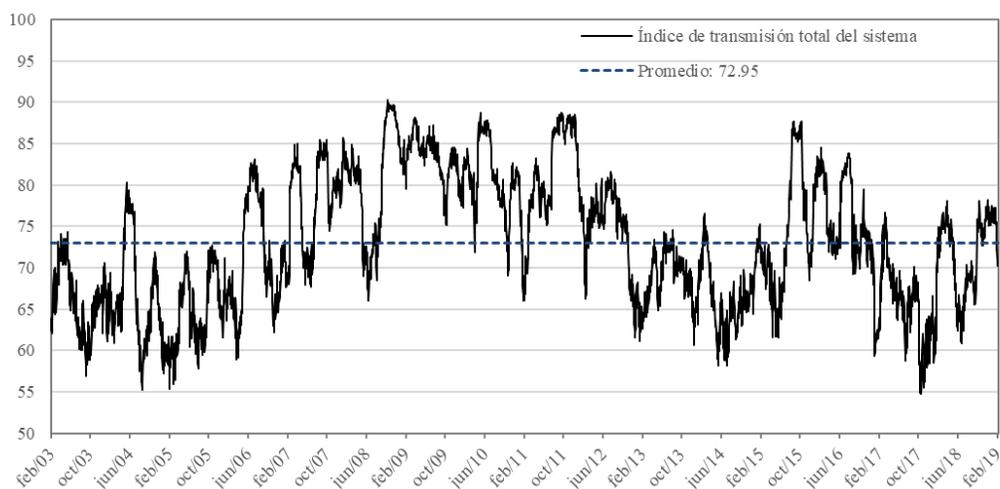
Tabla 3. Transmisión de volatilidad por activo financiero

Activo	Emite	Recibe	Neto
Brent	37.9790	46.3220	-8.3420
SOYA	37.3880	48.5340	-11.1460
MAIZ	38.0620	41.0540	-2.9910
CAFÉ	25.8760	63.7170	-37.8410
CME	35.3540	45.8660	-10.5130
USA	131.8410	81.7390	50.1010
CAN	80.8390	82.5590	-1.7200
MEX	63.1300	64.5420	-1.4120
BRA	71.2350	68.1290	3.1060
CHL	52.3370	61.2500	-8.9130
COL	71.1560	69.7870	1.3690
ARG	47.5000	60.1910	-12.6910
PER	63.8780	85.8800	-22.0020
EUR	139.3700	84.2560	55.1150
UK	117.7270	80.9030	36.8240
ITA	112.1230	81.3790	30.7440
ESP	91.1870	78.1060	13.0810
FRA	142.1870	83.7800	58.4070
GER	115.6660	80.8470	34.8190
JAP	57.9160	86.8870	-28.9710
HK	85.7140	81.8110	3.9030
SH	68.7640	71.8620	-3.0980
KOR	62.8480	76.7490	-13.9010
MAL	23.9580	49.7850	-25.8270
SIN	53.2190	68.8020	-15.5840
IND	48.3310	61.4700	-13.1390
AUS	30.0290	85.9060	-55.8770
NZL	34.4000	47.9020	-13.5010
Total	69.2862		

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores netos de cada uno de los mercados fortalecen el planteamiento intuitivo de que mientras más grande y desarrollado sea el mercado, éste emitirá más volatilidad en periodos donde se acentúa el estrés financiero, mientras que las economías en desarrollo suelen, más bien, ser receptoras de volatilidad. Este comportamiento se puede observar de forma visual en la Gráfica 2, en la cual se evidencia que en periodos de crisis, tensiones o incertidumbre (especialmente en mercados desarrollados; por ejemplo, el auge a finales de 2008, en plena crisis financiera), existen picos de volatilidad que se transmiten y contagian a todos los actores del sistema financiero global. De acuerdo con el resultado obtenido, durante el periodo en análisis el índice de transmisión total del sistema, que cuantifica el nivel de volatilidad que es explicado por los activos elegidos es 69.286% (Tabla 3), y en promedio, el indicador es 72.95%, lo que corrobora que el sistema tiene un alto grado de integración.

Gráfica 2. Transmisión total de volatilidad del sistema

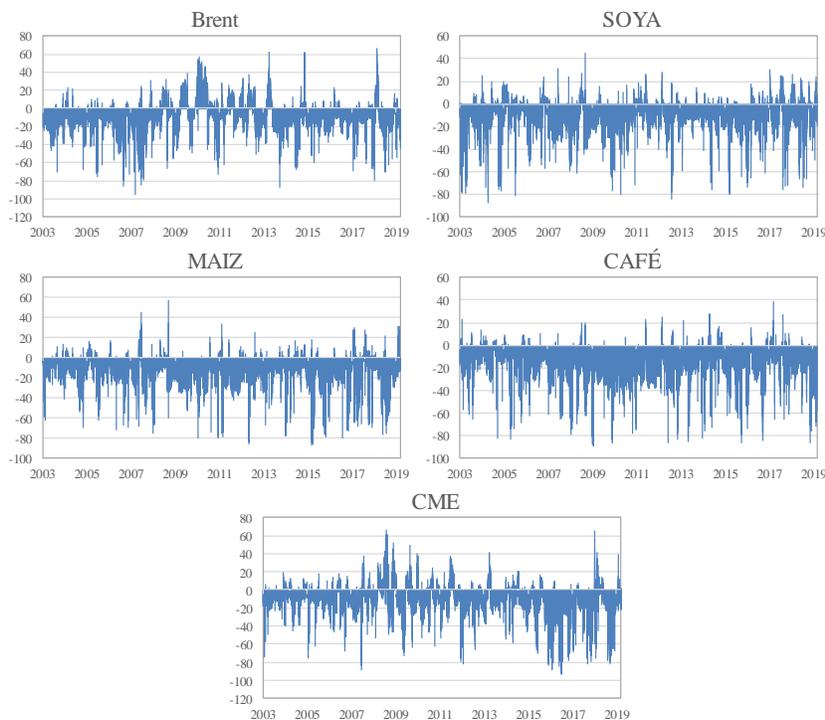


Fuente: Elaboración Propia

Al entrar un poco más al detalle en el análisis individual de los bienes básicos de la muestra, en la Gráfica 3 evidencia la dinámica de cada uno de los bienes básicos en términos de transmisión de volatilidad es negativa neta, lo cual quiere decir que tienen más periodos siendo receptores de volatilidad que aquellos lapsos en los que son emisores. Igualmente, se observa que el índice de la bolsa de Chicago (CME), ampliamente conocido como el sistema transaccional más importante en términos de derivados, ETFs y materias primas

del mundo, es también un receptor neto de volatilidad. Sin embargo, en el lapso en el que la crisis financiera de 2008 estaba más acentuada, se resalta también los niveles de transmisión desde Chicago hacia los demás actores del sistema.

Gráfica 3. Indicador neto de transmisión de los bienes básicos

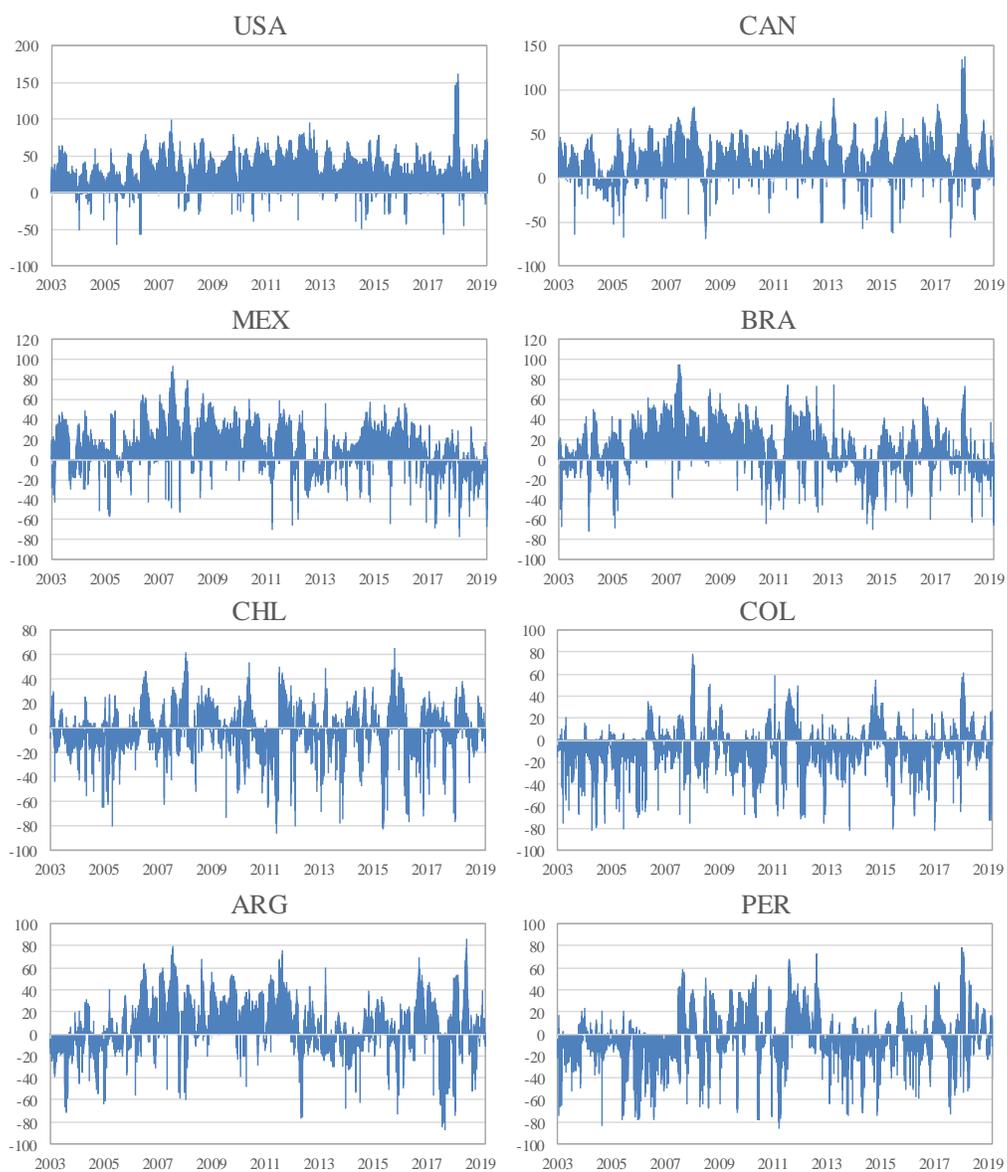


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los mercados accionarios, la Gráfica 4 infiere que los más desarrollados suelen ser los mayores transmisores de volatilidad, como es el caso de Estados Unidos, mientras que los mercados emergentes de América son receptores netos, a excepción de Brasil y Colombia (Tabla 3), lo cual tiene dos explicaciones fundamentales relevantes: por una parte, Brasil es el mercado más robusto de América del Sur y fue la economía con mayor crecimiento de la región durante gran parte del periodo de estudio. En cuanto a Colombia, se presume que este comportamiento se deriva del ingreso del país en los índices internacionales de mercados emergentes GBI-EM Global Diversified y GBI-EM Global calculados por JP Morgan, que buscan establecer un *benchmark* para la inversión, lo que utilizan los grandes fondos para definir la composición de sus portafolios, no solo para la

deuda soberana sino también para la inversión en el mercado accionario. Particularmente, en el año 2014, en el que la ponderación de Colombia incrementó cerca de 5% en cada indicador, llegaron al país más de US\$12.430 millones, marcando un hito en la inversión extranjera en el mercado local, de acuerdo con ANIF (2015).

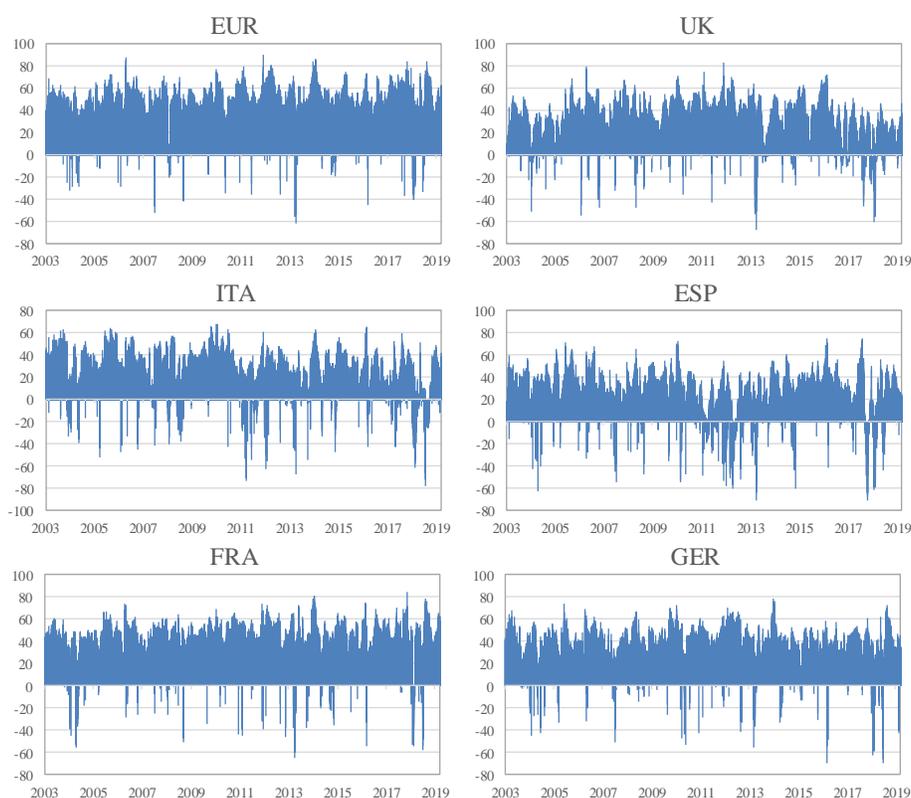
Gráfica 4. Indicador neto de transmisión de los mercados de América



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Gráfica 5, en el caso de los índices accionarios europeos, se corrobora que la robustez de sus economías las consolida como emisoras netas de volatilidad. Particularmente, se destaca Francia que ha sido consistentemente positivo en el indicador de transmisión hacia los demás mercados del sistema. Sin embargo, en promedio el mayor emisor es el Euro Stoxx, que incorpora el conjunto de empresas más sólidas y con mayor liquidez de la zona europea.

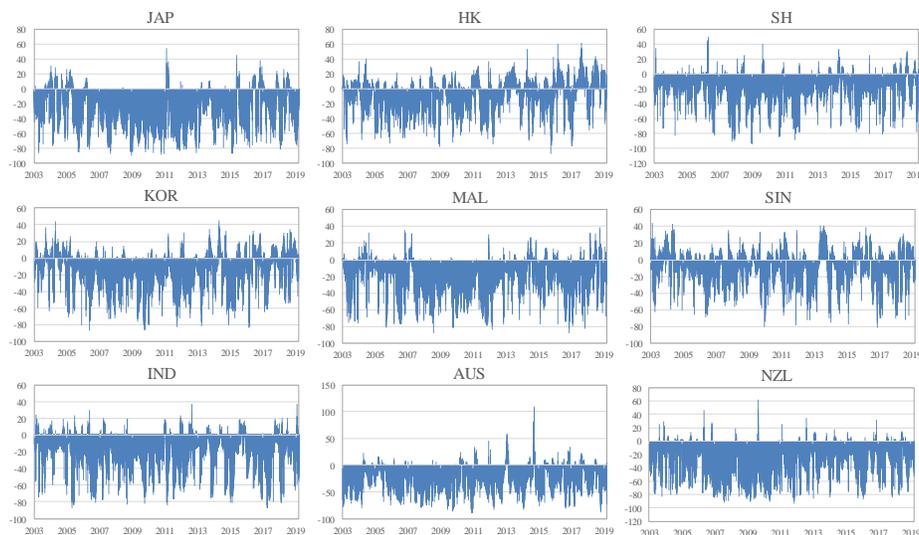
Gráfica 5. Indicador neto de transmisión de los mercados de Europa



Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, los mercados asiáticos y de Oceanía se destacan como receptores importantes de volatilidad, debido a que son agentes de mercado fuertemente importadores de bienes básicos, sobre todo de petróleo. Entre los resultados más relevantes, aparece Japón con el mayor promedio de recepción del conjunto, seguido de Nueva Zelanda (Gráfica 6)

Gráfica 6. Indicador neto de transmisión de los mercados de Asia y Oceanía



Fuente: Elaboración Propia

Lo anterior sugiere una dependencia, que se hace evidente al analizar el índice S&P500 de Nueva York, el cual es mayor emisor de volatilidad del mundo (Tabla 3). Estos resultados, que en su mayoría coinciden con lo encontrado en la literatura, contrastan con lo hallado por Koutmos & Booth (1995), quienes identifican que los mercados de Nueva York, Londres y Japón son emisores de volatilidad, pues han crecido de forma independiente. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que, mientras Londres y Nueva York siguen siendo emisores, Japón es un fuerte receptor de Asia, posiblemente por ser un país importador neto de petróleo y materias primas, como se mencionó anteriormente.

Por otra parte, se ve un comportamiento de clústers geográficos similares al descrito en Demirer, Diebold, Liu & Yilmaz (2018), por lo que los mercados emergentes en una región geográfica son receptores netos mientras que los más desarrollados de esa región son los emisores (intra-regionalmente), resaltando el caso de Hong Kong para Asia. No obstante, esta situación es particular en América Latina ya que no se puede observar un patrón de comportamiento de contagio de volatilidad puesto que varias de las grandes economías de la región (México y Chile) no son emisoras netas y, de hecho, son receptoras, con excepción de Brasil, sugiriendo así una especie de dependencia de los mercados

latinoamericanos economías más robustas (Brasil en la región, Estados Unidos y Europa en términos globales).

Ahora bien, al realizar el análisis de forma sistémica, interpretando la interacción entre cada mercado y los bienes básicos (Anexo 1), el primer resultado en evidenciarse es la gran potencia que tiene el S&P500 en el contagio global de la volatilidad, sugiriendo que la transmisión de las primas de riesgo y precios de los activos financieros no son determinados de forma global (Gagnon & Karolyi, 2006) sino que es muy posible que se retroalimenten del mercado estadounidense.

Por otro lado, al analizar el caso colombiano, se confirma la gran dependencia que existe hacia mercados desarrollados, por ser un receptor neto frente al S&P500, a Europa, Londres, Francia, Alemania y en menor medida, Hong Kong, probablemente por la distancia geográfica. No obstante, se muestra un emisor frente al maíz, al café y el petróleo, así como hacia el mercado de Chicago y varios de los mercados de países emergentes. Caso similar sucede con la mayoría de los países latinoamericanos, los cuales son muy propicios a recibir volatilidad proveniente de mercados desarrollados.

Igualmente, se observa que el Reino Unido, Europa en general, Francia y Alemania son los otros grandes emisores globales de volatilidad y que solo son receptores cuando ésta proviene del S&P500 y entre éstos tres mercados, con excepción a Europa, que es emisor frente a Estados Unidos. Otro resultado que vale la pena resaltar es que Japón se muestra como un receptor neto de volatilidad para casi todas las relaciones, con excepción de Shanghái, Malasia, Corea, Singapur e Indonesia, sugiriendo que este mercado es muy vulnerable a choques provenientes de occidente, pero no de los mercados asiáticos. En cuanto a la relación entre los *bienes básicos* y el petróleo, se observa que el éste es un emisor neto hacia, el maíz y el café. Asimismo, es interesante observar que el petróleo se muestra como un receptor de volatilidad desde la mayoría de los mercados del mundo, con excepción de algunos tales como Canadá, Perú y Australia. Este hecho sugiere que este activo es particularmente vulnerable a cambios y crisis en básicamente cualquier lugar o economía del mundo.

Capítulo 5

Conclusiones

Tras el análisis de la sección anterior, es posible determinar que, en efecto existe una interconexión financiera de facto en los mercados globales, aunque con una fuerte dependencia hacia los más desarrollados. Los canales de transmisión de volatilidad evidencian que las fluctuaciones acentuadas de un mercado pueden influir en los demás contribuyendo a materializar riesgos sistémicos, no solamente a nivel regional, sino también sectorial y global.

En los grupos geográficamente más cercanos, también se observa que los mercados más desarrollados suelen explicar en una proporción importante los niveles de riesgo de los demás actores, a través de la transmisión de volatilidad. En Colombia, los resultados fueron interesantes porque resalta la relevancia que este mercado cobra en América Latina, pues genera rendimientos que llaman la atención de los grandes fondos de inversión del mundo y, si bien continua con una exposición importante a la transmisión de volatilidad de mercados más robustos, a nivel local fue el segundo emisor de riesgo después de Brasil.

La internacionalización financiera impone grandes retos para los mercados menos desarrollados por su alta exposición a las perturbaciones de riesgo, retos que se materializan a través de las salidas de flujos de capital, las presiones cambiarias y el costo del financiamiento externo. Visibilizar los efectos de la transmisión y recepción de volatilidad e interpretar sus factores determinantes puede anticipar la ocurrencia de potenciales crisis y minimizar el impacto que esta pueda tener en cada economía.

En este mismo contexto, a la hora de gestionar inversiones resulta pertinente hacer seguimiento a la dinámica de riesgo de los mercados, principalmente con el objetivo de encontrar correlaciones negativas que permitan componer portafolios diversificados con una baja exposición al riesgo.

Referencias

- Abugri, B. A. (2008). Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from Latin American markets. *International Review of Financial Analysis*, 17(2), 396-410.
- Acemoglu, D., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. (2010). Cascades in networks and aggregate volatility (No. w16516). National Bureau of Economic Research.
- Acharya, V.V., Engle, R., Richardson, M., (2012). Capital shortfall: a new approach to ranking and regulating systemic risks. *American Economic Review Papers and Proceedings* 102 (May), 59–64.
- Adamic, L., Brunetti, C., Harris, J. H., & Kirilenko, A. (2017). Trading networks. *The Econometrics Journal*, 20(3), S126-S149.
- Adrian, T., & Brunnermeier, M. K. (2011). CoVaR (No. w17454). *National Bureau of Economic Research*.
- Agmon, T. (1974). The relationship among equity markets: Reply. *Journal of Finance*, 29(4), 1318-1319.
- Allen, F., Babus, A., & Carletti, E. (2012). Asset commonality, debt maturity and systemic risk. *Journal of Financial Economics*, 104(3), 519-534.
- Alper, C. E., & Yilmaz, K. (2004). Volatility and contagion: evidence from the Istanbul stock exchange. *Economic Systems*, 28(4), 353-367.
- ANIF (2015). Guía empresarial ANIF 2015. ISSN 1794-2365. Disponible en: http://anif.co/sites/default/files/private/restricted/publicaciones_old/GUIA%20ABR-JUN-15.pdf

- Babus, A. (2016). The formation of financial networks. *The RAND Journal of Economics*, 47(2), 239-272
- Beirne, J., Caporale, G. M., Schulze-Ghattas, M., & Spagnolo, N. (2013). Volatility spillovers and contagion from mature to emerging stock markets. *Review of International Economics*, 21(5), 1060-1075.
- Billio, M., Getmansky, M., Lo, A. W., & Pelizzon, L. (2012). Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. *Journal of financial economics*, 104(3), 535-559.
- Cardona, L., Gutiérrez, M., & Agudelo, D. A. (2017). Volatility transmission between US and Latin American stock markets: Testing the decoupling hypothesis. *Research in International Business and Finance*, 39, 115-127.
- Choi, K., & Hammoudeh, S. (2010). Volatility behavior of oil, industrial commodity and stock markets in a regime-switching environment. *Energy Policy*, 38(8), 4388-4399.
- Corredor, C. A., & Vega, S. (2012). The Short-term analysis of contagion variables and financial news in the United States and Colombia. *Revista de Economía del Caribe*, (9), 42-78
- Demirer, M., Diebold, F. X., Liu, L., & Yilmaz, K. (2018). Estimating global bank network connectedness. *Journal of Applied Econometrics*, 33(1), 1-15.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2009). Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets. *Economic Journal*, 119, 158-171.

- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of Forecasting*, 28(1), 57-66.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics*, 182(1), 119-134.
- Easley, D., & Kleinberg, J. (2012). Networks, crowds, and markets. *Cambridge Books*.
- Engle & Kelly (2012) Dynamic Equicorrelation, *Journal of Business & Economic Statistics*, 30:2, 212-228
- Edwards, S. (1998). Interest rate volatility, contagion and convergence: an empirical investigation of the cases of Argentina, Chile and Mexico. *Journal of Applied Economics*, 1(1), 55-86.
- Edwards, S., & Susmel, R. (2001). Volatility dependence and contagion in emerging equity markets. *Journal of Development Economics*, 66(2), 505-532.
- Gamba, S., Gómez, J. E., Hurtado, J. L., & Melo, L. F. (2017). Stock market volatility spillovers: Evidence for Latin America. *Finance Research Letters*, 20, 207-216.
- Gagnon, L., & Karolyi, G. A. (2006). Price and volatility transmission across borders. *Financial Markets, Institutions & Instruments*, 15(3), 107-158.
- Koutmos, G., & Booth, G. G. (1995). Asymmetric volatility transmission in international stock markets. *Journal of international Money and Finance*, 14(6), 747-762.
- Liu, M. L., Ji, Q., & Fan, Y. (2013). How does oil market uncertainty interact with other markets? An empirical analysis of implied volatility index. *Energy*, 55, 860-868

- Malik, F., & Hammoudeh, S. (2007). Shock and volatility transmission in the oil, US and Gulf equity markets. *International Review of Economics & Finance*, 16(3), 357-368.
- Moguillansky, G. (2002). Investment and financial volatility in Latin America. *Cepal Review*.
- Kaminsky, G. L., & Reinhart, C. M. (1998). Financial crises in Asia and Latin America: Then and now. *The American Economic Review*, 88(2), 444-448.
- Regnier, E. (2007). Oil and energy price volatility. *Energy economics*, 29(3), 405-427.
- Sandoval, G. (2019). Modelación de la correlación condicional para el mercado bursátil colombiano: una aplicación de DCC–MGARCH. MPRA Paper No. 92534. Disponible en: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/92534/>
- Schweitzer, F., Fagiolo, G., Sornette, D., Vega-Redondo, F., Vespignani, A., & White, D. R. (2009). Economic networks: The new challenges. *Science*, 325(5939), 422-425
- Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 58(1), 267-288.
- Valenzuela, G., & Rodríguez, A. (2015). Market Interdependence and Transmission of Volatility in Latin America. *Innovar*, 25(55), 171-183.

Anexo 1a. Transmisión y recepción de volatilidad total del sistema

Activo	Brent	SOYA	MAIZ	CAFÉ	CME	USA	CAN	MEX	BRA	CHL	COL	ARG	PER	EUR	UK	ITA	ESP	FRA	GER	JAP	HK	SH	KOR	MAL	SIN	IND	AUS	NZL	Recibe
Brent	53.68	0.06	4.16	1.38	0.20	1.77	2.49	4.84	7.18	1.06	3.46	1.11	0.45	1.52	1.86	0.89	0.82	1.31	0.48	1.63	0.64	1.33	1.18	0.29	0.48	4.22	0.16	1.34	46.32
SOYA	0.00	51.47	12.18	2.37	0.52	2.37	1.99	1.52	1.13	0.20	0.63	1.67	3.88	1.22	1.15	0.82	2.64	1.66	0.65	4.61	0.44	0.55	2.78	0.01	1.48	0.00	0.11	1.97	48.53
MAIZ	4.55	13.95	58.95	0.65	0.50	0.65	1.61	0.32	0.79	0.09	2.35	0.44	0.99	0.00	0.29	0.43	0.04	0.30	0.37	1.56	0.00	1.72	1.42	2.82	1.06	1.13	0.30	2.71	41.05
CAFÉ	1.38	2.04	0.60	36.28	0.58	2.91	2.32	1.61	2.39	3.14	1.60	0.91	3.01	3.51	2.42	2.75	2.61	2.65	4.41	1.02	3.22	5.39	0.99	5.18	1.14	1.35	1.24	3.32	63.72
CME	0.11	0.55	0.46	0.00	54.13	5.51	1.64	1.86	1.04	0.88	0.20	0.93	0.55	3.33	0.11	4.49	5.50	5.82	9.46	0.62	0.06	0.21	0.01	1.02	0.07	0.19	0.72	0.54	45.87
USA	0.59	0.84	0.20	0.26	1.86	18.26	6.76	3.76	5.31	2.40	4.19	2.48	2.64	7.89	8.56	5.25	2.59	8.82	6.35	2.75	2.28	1.07	2.41	0.16	0.79	0.42	0.01	1.09	81.74
CAN	3.56	1.21	1.10	0.67	1.88	6.84	17.44	3.00	1.88	2.63	1.66	1.61	0.51	5.34	5.75	4.11	5.10	6.06	5.89	3.11	2.63	2.67	2.94	0.93	1.76	6.22	2.75	0.76	82.56
MEX	3.12	1.04	0.19	0.97	1.22	7.31	2.44	35.46	4.08	4.39	4.74	6.86	3.40	1.51	3.89	2.86	1.69	3.95	1.90	0.55	0.94	0.79	0.79	0.57	0.22	0.07	1.90	3.15	64.54
BRA	4.23	0.74	0.47	1.40	0.62	9.30	3.09	3.78	31.87	7.60	6.36	8.49	3.43	2.72	3.41	0.20	0.42	3.47	2.25	0.14	0.90	0.16	0.08	0.46	0.11	0.77	0.44	3.08	68.13
CHL	0.62	0.15	0.06	0.98	0.63	5.10	3.15	4.80	9.22	38.75	2.73	5.75	2.31	2.60	3.53	0.75	1.44	3.35	3.37	0.30	1.91	2.41	0.81	0.28	0.56	3.62	0.69	0.16	61.25
COL	1.93	0.37	1.20	0.15	0.11	6.93	1.61	4.04	5.96	2.12	30.21	0.72	6.41	5.10	6.25	5.02	0.94	4.82	1.87	0.70	4.36	3.04	0.50	0.76	0.16	0.35	0.16	4.19	69.79
ARG	0.72	1.30	0.30	0.40	0.70	5.51	3.52	7.75	10.72	6.65	1.03	39.81	6.90	0.45	3.98	0.49	0.24	1.96	0.15	0.14	0.70	2.44	0.35	0.11	1.35	0.82	0.45	1.08	60.19
PER	1.81	2.47	5.10	1.50	11.18	3.47	0.78	3.21	2.35	2.26	3.06	6.38	14.12	3.88	1.05	3.03	3.41	3.88	6.37	0.79	3.09	3.64	0.42	3.17	1.52	0.62	2.57	4.86	85.88
EUR	0.44	0.37	0.00	0.27	0.97	6.80	3.61	0.67	1.34	1.06	2.66	0.14	0.79	15.74	7.16	9.94	8.76	13.12	11.86	2.16	3.68	2.31	2.31	0.00	2.71	0.89	0.19	0.06	84.26
UK	0.65	0.43	0.10	0.00	0.04	8.95	6.26	2.10	2.03	1.74	3.95	1.86	0.53	8.69	19.10	6.53	3.81	9.64	5.22	2.02	4.47	2.81	3.36	0.04	3.33	1.29	0.74	0.31	80.90
ITA	0.30	0.31	0.14	0.05	1.54	5.35	2.33	1.50	0.11	0.36	3.09	0.17	2.13	11.76	6.36	18.62	12.90	11.25	7.98	2.30	4.19	4.16	2.11	0.01	0.79	0.05	0.12	0.01	81.38
ESP	0.33	1.12	0.02	0.47	2.22	3.11	2.84	1.04	0.28	0.82	0.68	0.09	0.88	12.18	4.36	15.17	21.89	12.05	11.26	1.73	2.42	2.17	1.33	0.01	1.37	0.00	0.14	0.01	78.11
FRA	0.39	0.52	0.08	0.04	1.74	7.84	3.49	1.81	1.76	1.40	2.59	0.76	0.69	13.51	8.19	9.80	8.93	16.22	11.44	1.35	1.99	1.59	1.61	0.06	1.93	0.22	0.00	0.06	83.78
GER	0.16	0.31	0.14	0.99	3.52	6.67	3.54	1.04	1.36	1.66	1.20	0.03	0.98	14.42	5.22	8.21	9.85	13.50	19.15	0.91	1.77	1.64	0.89	0.11	2.41	0.11	0.01	0.18	80.85
JAP	0.90	1.47	0.48	0.15	1.25	8.78	4.53	2.58	2.71	1.76	5.29	0.96	2.04	7.27	6.26	5.78	3.67	7.55	5.28	13.11	4.36	2.52	6.49	0.14	2.41	1.48	0.32	0.47	86.89
HK	0.35	0.58	0.38	0.07	0.38	4.75	3.36	1.06	1.37	1.35	3.43	0.54	3.40	6.45	6.00	5.54	3.15	4.89	3.54	4.55	18.19	9.11	6.67	0.41	5.39	2.91	2.10	0.08	81.81
SH	0.64	0.30	0.82	0.00	0.11	1.65	3.33	0.62	0.00	1.75	2.83	1.08	3.61	4.13	4.14	6.29	2.78	2.75	2.40	3.46	14.03	28.14	3.46	0.28	2.87	4.51	3.09	0.93	71.86
KOR	0.57	1.49	0.76	0.06	0.26	5.00	4.34	1.06	0.78	1.34	1.00	0.53	0.86	4.83	5.33	3.54	2.10	3.98	2.34	10.76	8.57	3.15	23.25	0.06	9.38	3.79	0.80	0.09	76.75
MAL	0.28	0.11	2.43	6.88	0.98	2.01	1.25	1.17	1.09	0.71	1.89	0.42	6.45	1.71	3.10	1.33	0.96	2.01	1.38	0.77	1.86	1.00	0.64	50.21	0.75	5.87	2.65	0.08	49.79
SIN	0.28	0.92	0.56	0.33	0.08	1.83	1.81	0.30	0.14	0.52	0.29	1.08	0.09	5.61	5.73	1.48	2.03	3.98	4.10	4.78	9.05	3.22	12.22	0.12	31.20	4.18	2.96	1.12	68.80
IND	3.02	0.03	0.75	0.14	0.24	1.30	3.75	0.19	0.75	3.65	0.66	0.53	0.46	2.90	3.01	1.16	0.74	1.23	0.72	4.29	6.40	6.41	6.27	4.35	5.19	38.53	1.98	1.35	61.47
AUS	5.81	2.72	2.99	1.07	1.49	7.02	4.57	2.88	1.71	0.62	2.34	0.62	0.51	6.65	9.78	6.24	4.02	7.98	4.40	0.86	1.73	1.56	0.80	2.57	2.15	1.43	14.09	1.40	85.91
NZL	1.24	1.99	2.40	4.60	0.52	3.11	0.43	4.62	3.77	0.21	7.23	1.34	5.99	0.20	0.84	0.02	0.03	0.20	0.20	0.06	0.04	1.72	0.00	0.04	1.84	1.81	3.45	52.10	47.90
Emite	37.98	37.39	38.06	25.88	35.35	131.84	80.84	63.13	71.24	52.34	71.16	47.50	63.88	139.37	117.73	112.12	91.19	142.19	115.67	57.92	85.71	68.76	62.85	23.96	53.22	48.33	30.03	34.40	69.29
Neto	-8.34	-11.15	-2.99	-37.84	-10.51	50.10	-1.72	-1.41	3.11	-8.91	1.37	-12.69	-22.00	55.11	36.82	30.74	13.08	58.41	34.82	-28.97	3.90	-3.10	-13.90	-25.83	-15.58	-13.14	-55.88	-13.50	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 1b. Transmisión y recepción de volatilidad neta del sistema

Activo	Brent	SOYA	MAIZ	CAFÉ	CME	USA	CAN	MEX	BRA	CHL	COL	ARG	PER	EUR	UK	ITA	ESP	FRA	GER	JAP	HK	SH	KOR	MAL	SIN	IND	AUS	NZL
Brent	0.00	0.06	-0.39	0.00	0.09	1.19	-1.07	1.72	2.95	0.44	1.53	0.38	-1.36	1.08	1.21	0.59	0.49	0.92	0.32	0.73	0.28	0.69	0.61	0.01	0.20	1.20	-5.65	0.10
SOYA	-0.06	0.00	-1.77	0.33	-0.03	1.53	0.79	0.47	0.40	0.05	0.26	0.37	1.41	0.84	0.72	0.51	1.52	1.14	0.34	3.14	-0.14	0.25	1.29	-0.11	0.56	-0.03	-2.61	-0.02
MAIZ	0.39	1.77	0.00	0.06	0.04	0.45	0.51	0.13	0.32	0.03	1.14	0.14	-4.11	0.00	0.20	0.29	0.03	0.22	0.23	1.08	-0.38	0.90	0.66	0.39	0.49	0.39	-2.70	0.32
CAFÉ	0.00	-0.33	-0.06	0.00	0.58	2.65	1.65	0.64	0.99	2.16	1.45	0.51	1.51	3.23	2.42	2.70	2.14	2.61	3.42	0.87	3.15	5.39	0.93	-1.70	0.81	1.21	0.17	-1.27
CME	-0.09	0.03	-0.04	-0.58	0.00	3.65	-0.24	0.64	0.41	0.25	0.09	0.23	-10.63	2.36	0.07	2.94	3.27	4.07	5.94	-0.63	-0.32	0.10	-0.26	0.04	-0.01	-0.04	-0.76	0.02
USA	-1.19	-1.53	-0.45	-2.65	-3.65	0.00	-0.09	-3.54	-3.99	-2.69	-2.74	-3.03	-0.83	1.09	-0.39	-0.10	-0.52	0.99	-0.32	-6.03	-2.47	-0.58	-2.58	-1.85	-1.04	-0.88	-7.00	-2.02
CAN	1.07	-0.79	-0.51	-1.65	0.24	0.09	0.00	0.56	-1.21	-0.53	0.06	-1.91	-0.27	1.73	-0.51	1.78	2.26	2.57	2.35	-1.42	-0.73	-0.67	-1.39	-0.31	-0.05	2.47	-1.82	0.33
MEX	-1.72	-0.47	-0.13	-0.64	-0.64	3.54	-0.56	0.00	0.30	-0.41	0.70	-0.89	0.19	0.84	1.79	1.36	0.65	2.14	0.86	-2.03	-0.12	0.16	-0.27	-0.60	-0.07	-0.12	-0.98	-1.48
BRA	-2.95	-0.40	-0.32	-0.99	-0.41	3.99	1.21	-0.30	0.00	-1.62	0.41	-2.23	1.08	1.38	1.38	0.09	0.14	1.71	0.89	-2.57	-0.47	0.16	-0.70	-0.63	-0.02	0.02	-1.27	-0.69
CHL	-0.44	-0.05	-0.03	-2.16	-0.25	2.69	0.53	0.41	1.62	0.00	0.60	-0.90	0.06	1.55	1.79	0.39	0.63	1.95	1.70	-1.46	0.56	0.66	-0.52	-0.43	0.04	-0.04	0.07	-0.05
COL	-1.53	-0.26	-1.14	-1.45	-0.09	2.74	-0.06	-0.70	-0.41	-0.60	0.00	-0.31	3.35	2.44	2.30	1.93	0.26	2.23	0.67	-4.58	0.93	0.21	-0.50	-1.13	-0.13	-0.31	-2.18	-3.04
ARG	-0.38	-0.37	-0.14	-0.51	-0.23	3.03	1.91	0.89	2.23	0.90	0.31	0.00	0.52	0.31	2.13	0.32	0.14	1.20	0.12	-0.82	0.16	1.36	-0.18	-0.31	0.26	0.29	-0.17	-0.26
PER	1.36	-1.41	4.11	-1.51	10.63	0.83	0.27	-0.19	-1.08	-0.06	-3.35	-0.52	0.00	3.09	0.52	0.91	2.53	3.19	5.40	-1.25	-0.31	0.02	-0.44	-3.28	1.43	0.17	2.06	-1.13
EUR	-1.08	-0.84	0.00	-3.23	-2.36	-1.09	-1.73	-0.84	-1.38	-1.55	-2.44	-0.31	-3.09	0.00	-1.53	-1.82	-3.42	-0.40	-2.56	-5.11	-2.78	-1.82	-2.52	-1.71	-2.90	-2.01	-6.46	-0.14
UK	-1.21	-0.72	-0.20	-2.42	-0.07	0.39	0.51	-1.79	-1.38	-1.79	-2.30	-2.13	-0.52	1.53	0.00	0.17	-0.55	1.46	0.00	-4.23	-1.52	-1.33	-1.97	-3.06	-2.39	-1.72	-9.04	-0.53
ITA	-0.59	-0.51	-0.29	-2.70	-2.94	0.10	-1.78	-1.36	-0.09	-0.39	-1.93	-0.32	-0.91	1.82	-0.17	0.00	-2.27	1.45	-0.23	-3.49	-1.35	-2.13	-1.43	-1.33	-0.69	-1.10	-6.12	-0.02
ESP	-0.49	-1.52	-0.03	-2.14	-3.27	0.52	-2.26	-0.65	-0.14	-0.63	-0.26	-0.14	-2.53	3.42	0.55	2.27	0.00	3.12	1.40	-1.94	-0.73	-0.62	-0.77	-0.95	-0.67	-0.74	-3.89	-0.02
FRA	-0.92	-1.14	-0.22	-2.61	-4.07	-0.99	-2.57	-2.14	-1.71	-1.95	-2.23	-1.20	-3.19	0.40	-1.46	-1.45	-3.12	0.00	-2.07	-6.20	-2.90	-1.17	-2.37	-1.95	-2.05	-1.01	-7.98	-0.14
GER	-0.32	-0.34	-0.23	-3.42	-5.94	0.32	-2.35	-0.86	-0.89	-1.70	-0.67	-0.12	-5.40	2.56	0.00	0.23	-1.40	2.07	0.00	-4.37	-1.77	-0.77	-1.45	-1.27	-1.69	-0.61	-4.39	-0.02
JAP	-0.73	-3.14	-1.08	-0.87	0.63	6.03	1.42	2.03	2.57	1.46	4.58	0.82	1.25	5.11	4.23	3.49	1.94	6.20	4.37	0.00	-0.19	-0.94	-4.27	-0.63	-2.36	-2.81	-0.54	0.41
HK	-0.28	0.14	0.38	-3.15	0.32	2.47	0.73	0.12	0.47	-0.56	-0.93	-0.16	0.31	2.78	1.52	1.35	0.73	2.90	1.77	0.19	0.00	-4.91	-1.90	-1.45	-3.66	-3.49	0.38	0.04
SH	-0.69	-0.25	-0.90	-5.39	-0.10	0.58	0.67	-0.16	-0.16	-0.66	-0.21	-1.36	-0.02	1.82	1.33	2.13	0.62	1.17	0.77	0.94	4.91	0.00	0.31	-0.72	-0.35	-1.90	1.52	-0.79
KOR	-0.61	-1.29	-0.66	-0.93	0.26	2.58	1.39	0.27	0.70	0.52	0.50	0.18	0.44	2.52	1.97	1.43	0.77	2.37	1.45	4.27	1.90	-0.31	0.00	-0.58	-2.84	-2.49	0.00	0.09
MAL	-0.01	0.11	-0.39	1.70	-0.04	1.85	0.31	0.60	0.63	0.43	1.13	0.31	3.28	1.71	3.06	1.33	0.95	1.95	1.27	0.63	1.45	0.72	0.58	0.00	0.63	1.53	0.08	0.05
SIN	-0.20	-0.56	-0.49	-0.81	0.01	1.04	0.05	0.07	0.02	-0.04	0.13	-0.26	-1.43	2.90	2.39	0.69	0.67	2.05	1.69	2.36	3.66	0.35	2.84	-0.63	0.00	-1.02	0.81	-0.72
IND	-1.20	0.03	-0.39	-1.21	0.04	0.88	-2.47	0.12	-0.02	0.04	0.31	-0.29	-0.17	2.01	1.72	1.10	0.74	1.01	0.61	2.81	3.49	1.90	2.49	-1.53	1.02	0.00	0.55	-0.46
AUS	5.65	2.61	2.70	-0.17	0.76	7.00	1.82	0.98	1.27	-0.07	2.18	0.17	-2.06	6.46	9.04	6.12	3.89	7.98	4.39	0.54	-0.38	-1.52	0.00	-0.08	-0.81	-0.55	0.00	-2.05
NZL	-0.10	0.02	-0.32	1.27	-0.02	2.02	-0.33	1.48	0.69	0.05	3.04	0.26	1.13	0.14	0.53	0.02	0.02	0.14	0.02	-0.41	-0.04	0.79	-0.09	-0.05	0.72	0.46	2.05	0.00
Neto	-8.34	-11.15	-2.99	-37.84	-10.51	50.10	-1.72	-1.41	3.11	-8.91	1.37	-12.69	-22.00	55.11	36.82	30.74	13.08	58.41	34.82	-28.97	3.90	-3.10	-13.90	-25.83	-15.58	-13.14	-55.88	-13.50

Fuente: Elaboración Propia