

# Incidencia de las fluctuaciones del índice VIX en la volatilidad de los mercados bursátiles latinoamericanos

## VIX Index Spillover on Latin American Stock Markets Volatility

---

Alejandro Fonseca-Ramírez\*

Roberto J. Santillán-Salgado\*\*

Francisco López-Herrera\*\*\*

Fecha de recepción: 18 de octubre de 2018, Fecha de aceptación: 23 de enero de 2019

### RESUMEN

En este trabajo se estudia la incidencia de las fluctuaciones del índice VIX sobre la volatilidad de los rendimientos de los principales mercados latinoamericanos (Brasil, Chile, Colombia, México y Perú) durante el periodo que va de enero del 2003 hasta principios de abril del 2017. El análisis econométrico utiliza un modelo Multivariado GARCH Asimétrico con correlaciones dinámicas A-MGARCH (DCC), y sus resultados muestran una relación estadísticamente significativa tanto en el corto como en el largo plazo en solamente dos casos: Chile y Perú. También se estudia el contagio de la volatilidad entre pares de países y la presencia de asimetría en el comportamiento de la volatilidad de los mercados estudiados. Como conclusión, se proponen algunas

---

\* EGADE Business School. Tecnológico de Monterrey. Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México.  
afonseca@itesm.mx

\*\* EGADE Business School. Tecnológico de Monterrey. Campus Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México  
roberto.santillan@itesm.mx

\*\*\* División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. de México, México.  
francisco\_lopez\_herrera@yahoo.com.mx

recomendaciones sobre la cobertura de los riesgos de mercado para aquellos inversionistas cuyos portafolios contienen acciones de empresas latinoamericanas.

Clasificación JEL: C32, C58, D53, F36.

**Palabras clave:** América Latina, derrames de volatilidad, mercados financieros, integración financiera internacional, modelos MGARCH asimétricos.

#### ABSTRACT

*In this paper VIX Index fluctuations influence on the returns volatility of the main Latin American Stock Markets (Brazil, Chile, Colombia, México and Peru) is analyzed during the period between January 2003 to April 2017. The econometric model used was a Multivariate GARCH with asymmetric dynamic correlations A-MGARCH (DCC) model, and its results show a statistically significant relationship, both in the short and the long term, in only two cases: Chile and Peru. It also examines the volatility spread between each pair of countries and the presence of asymmetry in the volatility behavior on the Stock Markets studied. As a conclusion, recommendations for investors to cover market risk in portfolios including Latin American companies' stocks are made.*

*JEL Classification: C32, C58, D53, F36.*

*Keywords: Latin America Volatility Spillover, Financial Markets, International Financial Integration, Asymmetric MGARCH Models*

## Introducción

Los inversionistas diversifican sus portafolios de inversión y mantienen o incluso aumentan sus rendimientos, sin que ello signifique un incremento significativo en su volatilidad (ver, por ejemplo, los trabajos de Dwyer *et al.*, 2011; Silvennoinen y Thorp, 2013; Vivian y Wohar, 2012). A fin de aprovechar las oportunidades de invertir en diferentes mercados financieros a nivel internacional, necesitan conocer mejor la manera como influyen unos en otros. Consecuentemente, el número de trabajos de investigación que estudia la relación entre la dinámica de la volatilidad y los rendimientos de mercados financieros a nivel mundial (acciones, materias primas, tipos de cambio y tasas de interés), ha crecido en los últimos años. Sin embargo, aún existe poca investigación sobre el contagio de la volatilidad entre los rendimientos de mercados accionarios de países desarrollados y aquellos de mercados emergentes.

El conocimiento de la volatilidad de los rendimientos es una parte fundamental para la elaboración de estrategias de inversión, porque contar con estimaciones apropiadas de la correlación y volatilidad entre instrumentos y mercados, contribuye a determinar el precio de contratos derivados con más precisión, así como también a construir y optimizar portafolios de activos financieros internacionales.

La inversión en títulos emitidos por empresas y gobiernos de los mercados emergentes comenzó a generalizarse desde los años 1970s y se intensificó en los 1980s. Los administradores de portafolios que invierten en mercados emergentes señalan que las correlaciones de los rendimientos obtenidos con dichos activos son bajas o negativas respecto a los rendimientos de acciones y bonos emitidos en los mercados desarrollados. En consecuencia, un portafolio donde se combinan activos financieros de mercados emergentes, con instrumentos emitidos en países desarrollados tendrá mayores niveles de diversificación, más altos rendimientos y menor riesgo, en comparación con un portafolio que no los tiene, pero la identificación y medición de la sensibilidad de la volatilidad de unos con respecto a la volatilidad de otros, representa también información útil para mejorar la composición de los portafolios (Forbes, 2018).

La regulación financiera y fiscal prevaleciente tanto en los países desarrollados como en los emergentes, permite a los inversionistas internacionales diversificar sus portafolios de manera segura y eficiente (Kawai y Prasad, 2011). Por lo general, quienes invierten en los activos financieros de mercados emergentes son inversionistas locales, pero también participan fondos de inversión internacionales. Con el progreso registrado en el sistema financiero internacional en cuanto a la estandarización de instrumentos y su operación, así como la introducción de tecnologías de comunicación y manejo de datos cada vez más confiables, una creciente liquidez, la generación de una gran variedad de índices accionarios que reflejan el comportamiento de sus respectivos mercados, la proliferación de índices sectoriales, y el advenimiento de los *Exchange Traded Funds* (ETF's), es relativamente sencillo para los inversionistas internacionales invertir actualmente en los mercados emergentes (Strauss, 2018).

Este trabajo contribuye a la literatura de estudios sobre el tema del contagio de la volatilidad entre distintos mercados de capital y se inscribe en la línea de trabajos que han investigado la dinámica y relaciones de volatilidad entre precios de acciones y precios de materias primas, entre las acciones de mercados desarrollados y acciones de otros mercados desarrollados,

así como entre los precios de acciones de mercados desarrollados y los de mercados de acciones de países emergentes. En contraste con la literatura mencionada, este trabajo se concentra en el estudio de la dinámica de la volatilidad de los rendimientos de las acciones de los principales mercados accionarios latinoamericanos y la incidencia que tiene sobre la misma el índice de volatilidad del mercado de derivados de Estados Unidos, conocido como el índice VIX.

Durante los últimos 30 años, América Latina ha experimentado cambios institucionales que se han reflejado en una modernización con altas tasas de crecimiento económico promedio. Para entender la importancia de las economías emergentes latinoamericanas en la economía mundial, es suficiente mencionar que, de acuerdo con el Fondo Monetario Internacional (FMI), este grupo de países daba cuenta del 32% del Producto Interno Bruto (PIB) global en 1980, en tanto que las economías desarrolladas explicaban el 69% restante. Para el año 2010, el FMI (2010), informó que las economías desarrolladas habían reducido su participación en el PIB global a 52%, y las economías emergentes contribuían con el 48% (Bekaert y Harvey, 2017). El dato de la inversión extranjera hacia las economías emergentes a nivel mundial durante 2015 ayuda a dimensionar su importancia. Durante el año 2015, se reportó que se recibieron cerca de 60 mil millones de dólares de inversión extranjera directa, y cerca del doble de inversión de portafolio.

Aunado al crecimiento económico y a la modernización de sus economías, los países latinoamericanos han registrado un crecimiento importante de su industria financiera. Además, la desregulación de grandes sectores económicos, la apertura comercial, y la liberalización financiera, han impulsado el desarrollo y consolidación de mercados de capital, los cuales han experimentado una creciente profundización y mayor diversificación. Los inversionistas locales e internacionales cada vez están más interesados en conocer la forma como operan y se relacionan estos mercados, para tomar decisiones más informadas y diseñar mejores estrategias de inversión y cobertura (Strauss, 2018).

## 1. Justificación metodológica

La literatura que ha abordado el estudio de la volatilidad de los rendimientos de los mercados accionarios latinoamericanos ha utilizado o bien modelos GARCH univariados con variables exógenas, o modelos GARCH bivariados. El presente trabajo propone un enfoque original al utilizar un modelo DCC-

GARCH multivariado para estudiar la dinámica de la volatilidad de los rendimientos de los mercados accionarios latinoamericanos y las correlaciones entre los mismos, destacando la influencia que tiene sobre ellos el comportamiento de la volatilidad del mercado bursátil de Estados Unidos, medido a través del índice VIX del mercado de derivados de Chicago. De las diferentes especificaciones posibles para un modelo GARCH Multivariado, se optó por el modelo DCC —Correlación Dinámica Constante— ya que es el que mejor se ajusta a los datos de la muestra seleccionada, y describe de mejor manera el comportamiento de las relaciones entre los mercados latinoamericanos y la volatilidad del mercado norteamericano.

## 2. Revisión de la literatura

Numerosos artículos han estudiado el fenómeno de la expansión de la volatilidad entre los diferentes mercados financieros. Los primeros trabajos en esta línea se dedicaron a estudiar la relación entre el precio de las acciones y el precio del petróleo. Autores como Hamilton (1983), Cuñado y Perez de García (2005) y Kilian (2008) estudiaron la manera en la cual los *shocks* reportados en el precio del petróleo, inciden sobre el crecimiento económico y la inflación en los países desarrollados o emergentes. Gran parte de los trabajos publicados sobre este tema encuentran que las fluctuaciones del precio del petróleo influyen sobre las variables económicas de manera distinta, en función del periodo considerado y de los mercados estudiados, y que de manera frecuente asume formas no lineales. Hay que destacar que las formas están expuestas a cambios de régimen y que el incremento del precio del petróleo tiene un mayor efecto que un decremento sobre las variables económicas. En consecuencia, es mejor suponer que un modelo no lineal es más apropiado para capturar las asimetrías y la inestabilidad estructural (ver, por ejemplo, Hamilton 2003; Zhang *et al.* 2008; Lardic y Mignon 2008; y, Cologni y Manera 2009).

También, varios trabajos han estudiado el efecto “contagio de la volatilidad entre mercados accionarios”. Ng (2000), por ejemplo, propone un modelo GARCH bivariado para estudiar la magnitud y naturaleza de la expansión de la volatilidad entre los mercados accionarios de seis países de la Cuenca del Pacífico, el mercado japonés y el mercado de Estados Unidos, encontrando efectos significativos entre los países de la Cuenca, así como también desde Japón y Estados Unidos hacia aquellos. El mismo autor encuentra que cambios en la regulación, fluctuaciones en el tipo de cambio y cambios en

el premio al riesgo-país afectan la importancia de los factores regionales o mundiales a lo largo del tiempo.

Bae *et al.* (2003), proponen un enfoque de regresión multinomial logística, para estimar el efecto de contagio entre los países de una región y entre regiones. En el trabajo, concluyen que el contagio es predecible y depende de factores tales como las fluctuaciones observadas en las tasas de interés, los tipos de cambio y las volatilidades condicionales de los rendimientos y que la intensidad del contagio se acentúa en respuesta a los rendimientos negativos. Con otras variantes de la familia GARCH, Miyakoshi (2003) utiliza un modelo EGARCH bivariado para analizar el efecto contagio de la volatilidad desde Japón y los Estados Unidos hacia los mercados asiáticos, encontrando que es más relevante la influencia de la volatilidad del mercado norteamericano sobre los mercados asiáticos que la de Japón.

Worthington y Higgs (2004) emplean un modelo GARCH multivariado para analizar el efecto contagio de la volatilidad desde los mercados asiáticos más desarrollados hacia países asiáticos emergentes, concluyendo que existen efectos positivos significativos de contagio de rendimientos y volatilidad, aunque los efectos no son homogéneos para todos los países. Frank y Hesse (2009), utilizan un modelo GARCH multivariado para analizar la relación entre la liquidez y las medidas de solvencia bancarias en economías desarrolladas y emergentes, y encuentran una alta correlación entre el estrés de financiamiento y los mercados accionarios en economías desarrolladas y emergentes.

En la misma línea, Islam *et al.* (2013) emplean un modelo GARCH Multivariado-VECH Diagonal, para analizar la transmisión de la volatilidad entre 15 países pertenecientes a dos continentes (Asia-Pacífico y Europa), y capturan el cambio en la estructura del mercado regional con un modelo EGARCH asimétrico. De acuerdo con los resultados que reportan, antes y después de la crisis del 2008, el tamaño y los efectos de contagio cambiaron, y se fortalece la transmisión de la volatilidad entre mercados. Li y Giles (2013) analizan la propagación de la volatilidad de los rendimientos entre mercados desarrollados y emergentes en Asia, usando un modelo GARCH Multivariado asimétrico, y hallan efectos de contagio unidireccional significativo desde Estados Unidos hacia Japón y otros países asiáticos, durante la crisis financiera del 2008. Asimismo, encuentran que después de la crisis ha crecido la correlación financiera entre Japón y los mercados asiáticos.

Islam (2014) emplea un modelo no lineal para analizar la media condicional de los rendimientos y su varianza antes y después de la crisis financie-

ra de 2008 para los mercados asiáticos y encuentra que, después de la crisis, el efecto contagio de las volatilidades se da en mayor escala como resultado de una creciente integración de los mercados asiáticos. Bekiros (2014) analiza los efectos de contagio de la volatilidad desde el mercado financiero de Estados Unidos y la Comunidad Europea hacia los mercados financieros de los BRIC's, con un modelo GARCH Multivariado para un periodo después de la crisis de las hipotecas y la crisis de la deuda soberana de algunos países europeos. El hallazgo más importante reportado en este trabajo es que, después de la crisis financiera, los mercados financieros de los BRIC's se integran de manera más estrecha.

Gilenko y Fedorova (2014) estudian los efectos de contagio en medias y volatilidad de los rendimientos de los mercados accionarios de Estados Unidos, Alemania y Japón hacia los BRIC's, por medio de un modelo BEKK-GARCH Multivariado en la media. En su trabajo, encuentran ligera evidencia de la hipótesis de "desacomplamiento" (*decoupling*) y efectos de transmisión de los desarrollados hacia los BRIC's. Yildirim y Masih (2014) estudian los efectos de contagio de volatilidad entre países del Medio Oriente utilizando un modelo GARCH Multivariado-DCC-MODWT, y reportan que inversionistas del Medio Oriente tienen mejores oportunidades de inversión en Estados Unidos, seguidos de los mercados europeos, y que los mercados BRIC's no ofrecen ninguna oportunidad substancial de diversificación.

Existen algunos estudios más ambiciosos, que usan modelos más sofisticados y periodos más amplios, como por ejemplo, el de Guesmi y Fattoum (2014), quienes estudian la propagación de la volatilidad en mercados bursátiles maduros y emergentes a través de un modelo trivariado VAR-GARCH(1,1) en media para 41 economías emergentes de Asia, Europa, América Latina, y el Medio Oriente. Los modelos, capturan un rango de posibles canales de transmisión: contagio de la volatilidad en los rendimientos promedio, volatilidad, y efectos GARCH en media, y llevan a cabo pruebas de hipótesis sobre la importancia de cada uno de ellos. Los resultados sugieren que el efecto contagio de la volatilidad desde los mercados globales, se hace presente en los mercados de economías emergentes. Sin embargo, los vínculos entre mercados se modifican entre países y regiones.

Otros estudios abordan relaciones de contagio de volatilidad más complejas porque involucran, además de mercados accionarios, los precios del petróleo en los mercados internacionales. En este sentido, Malik y Hamoudeh (2007) estudian la transmisión de la volatilidad entre el mercado accionario estadounidense, el mercado de petróleo mundial y los mercados

accionarios de los países del Golfo Pérsico. Estos autores reportan evidencia significativa de contagio de la volatilidad. En todos los casos analizados los mercados de los países del Golfo son receptores de la influencia de la volatilidad del mercado petrolero, pero sólo en el caso de Arabia Saudita se encuentra una propagación de volatilidad significativa desde su mercado accionario hacia el mercado petrolero mundial.

Malik y Ewing (2009) implementan un modelo BEKK-GARCH (1,1) para estudiar el efecto contagio de la volatilidad entre los cambios en el precio del petróleo y los índices accionarios a nivel sectorial del mercado accionario de Estados Unidos, y concluyen que hay una transmisión significativa de *shocks* y volatilidad entre el precio del petróleo y algunos sectores industriales. Arouri *et al.* (2011a) emplean un modelo GARCH-Bivariado, con observaciones semanales de enero de 1998 a diciembre de 2009, para analizar el efecto de contagio de las fluctuaciones del precio del petróleo y los mercados accionarios en Europa, y de manera adicional un efecto bidireccional de contagio entre los precios del petróleo y algunos sectores accionarios de Estados Unidos.

Arouri *et al.* (2011b) utilizan modelos GARCH bivariados sobre el periodo 2005 a 2010 con el fin de analizar la transmisión de la volatilidad entre precios del petróleo y mercados accionarios en países del Consejo de Cooperación del Golfo, concluyendo que existe contagio entre estos mercados. Arouri (2011) emplea datos diarios y semanales desde enero de 1998 hasta diciembre de 2009 para estudiar el efecto contagio de la volatilidad entre el precio del petróleo y los mercados accionarios en Europa. Para ello emplean un índice comprensivo del mercado accionario europeo, así como índices accionarios específicos de sectores industriales. Principalmente encuentran que hay evidencia de efectos de contagio entre el precio del petróleo y precios de las acciones para los mercados analizados.

Chang *et al.* (2013) emplean un modelo GARCH (1,1) multivariado para el análisis de la propagación de volatilidad entre los precios del petróleo y los precios de las acciones en los mercados de Estados Unidos y Reino Unido, pero no encuentran evidencia significativa. Sadorsky (2012) utiliza un modelo multivariado GARCH (1,1) para analizar el efecto contagio de la volatilidad entre el precio de las acciones de compañías que usan energía limpia, de empresas tecnológicas y los precios del petróleo, y encuentran ligera evidencia de contagio de la volatilidad. En su trabajo, los precios de las acciones de compañías que usan energía limpia tienen mayor correlación con los precios de las acciones de compañías tecnológicas, que con el precio del petróleo.

Una forma diferente de analizar el efecto contagio de la volatilidad consiste en estudiar la relación entre el comportamiento de variables macroeconómicas y financieras, y los rendimientos de índices accionarios. Molllick y Assefa (2013) se ubican en esta línea. En su trabajo utilizan modelos GARCH multivariados para estudiar la dinámica de la volatilidad entre el rendimiento de índices accionarios de Estados Unidos y diferentes variables macroeconómicas y financieras (la inflación, el índice VIX, las tasas de interés, los precios del acero y los tipos de cambio). Los autores encuentran que la dinámica de la correlación entre los elementos de la mayoría de los activos mencionados cambió después de la crisis financiera del 2008.

Otro estudio con un enfoque similar pero un periodo más amplio es el de Hwang *et al.* (2013) donde se emplea un modelo GARCH-DCC para estimar la correlación condicional dinámica entre los índices accionarios del mercado de Estados Unidos y diez mercados accionarios de países emergentes. Los resultados muestran un incremento en la correlación de todos los países. Los resultados de un modelo DCCX-MGARCH muestran que ante un incremento del diferencial entre los CD's (certificados de depósito) y de los TED's (diferencial entre el t-bill y la tasa LIBOR a tres meses de Estados Unidos) se provoca una baja en las correlaciones condicionales, mientras que incrementos en el índice VIX, en la inversión institucional extranjera, y en la volatilidad del tipo de cambio, incrementan las correlaciones condicionales.

En un estudio dentro de la misma vertiente, Sadraoui *et al.* (2016) proponen un enfoque diferente para estimar el coeficiente de correlación constante y los factores que lo determinan con el tiempo, en un modelo GARCH-Multivariado. Encuentran que la inversión extranjera, el *spread* entre la libor-dólar, y el premio en los CD's, juegan un papel importante.

El efecto que tienen los precios de materias primas —*commodities*— sobre la volatilidad de los mercados accionarios ha sido objeto de estudio por parte de varios autores. En este rubro, Hammoudeh y Yuan (2008) emplean un modelo GARCH univariado con el cual analizan la volatilidad del comportamiento de precios del oro, plata y cobre como respuesta a *shocks* en el precio del petróleo o la tasa de interés. En su estudio, encuentran que el efecto de apalancamiento es significativo sólo en el cobre. El efecto de *shocks* pasados del petróleo en los precios de los metales depende sólo del metal que se estudia. Hammoudeh *et al.* (2011) estudian la correlación y la dinámica de la volatilidad en el rendimiento del precio del oro, plata, platino y paladio. Emplean el valor en riesgo para estimar el riesgo de pérdida y soportar el diseño de estrategias óptimas de administración del mismo.

Creti *et al.* (2013) utilizan modelos DCC-GARCH para estudiar la correlación entre 25 materia primas y el índice S&P500 sobre el periodo de enero 3 de 2001, al 28 de noviembre de 2011. En varios casos la correlación entre el índice S&P 500 y los precios de las materias primas creció durante 2007 y 2008. Este trabajo es una extensión de Choi y Hammoudeh (2010), en el cual se investiga la correlación cambiante en el tiempo entre el precio del petróleo Brent, WTI (*West Texas Intermediate*), el cobre, el oro, la plata y el S&P500. Estos autores reportan que las correlaciones se han incrementado desde el 2003.

Una línea de investigación más reciente se concentra en el estudio del efecto contagio de la volatilidad entre el precio del petróleo y los precios de distintos alimentos. Zhang *et al.* (2009) modelan las interacciones de la volatilidad entre los mercados para alimentos y el mercado de energía en Estados Unidos, por medio de un modelo GARCH Multivariado. Encuentran que la volatilidad del precio del etanol es influida por la volatilidad registrada en el precio del alimento para ganado. Du *et al.* (2011), utilizan métodos de cadena de Markov Bayesianos y datos semanales para estudiar la relación entre los futuros del petróleo crudo, del maíz y del trigo. El principal hallazgo indica que existe efecto contagio de la volatilidad después del tercer trimestre del 2006. Los autores sugieren que el crecimiento en la producción de etanol puede haber incrementado la correlación entre estos mercados.

Serra (2011) emplea un modelo GARCH Bivariado-Semiparamétrico para probar el efecto contagio y la transmisión de la volatilidad entre los precios semanales del petróleo y del etanol, de los etanos y el azúcar en Brasil, para el periodo de julio de 2000 a noviembre de 2009, y reporta evidencia de interdependencia en la volatilidad de estos mercados. En la misma línea, Serra *et al.* (2011) emplean un modelo MGARCH para investigar la interacción de la volatilidad en los mercados de etanol brasileños, y encuentran evidencia del contagio de la volatilidad con pruebas de causalidad en la varianza y funciones de impulso-respuesta.

Nazlioglu *et al.* (2013) estudian el efecto contagio de la volatilidad entre los precios del petróleo y los precios de algunas materias primas agrícolas (frijol de soya, trigo y azúcar) y aplican una prueba de causalidad en la varianza y funciones de impulso-respuesta a una serie de datos diarios que comprenden el periodo del 1 de enero de 1986 al 21 de marzo de 2011. Con la intención de identificar el impacto de la crisis de los precios de los alimentos, los datos se dividieron en dos subperíodos: un período precrisis (del 1º de enero de 1986 al 31 de diciembre de 2005) y un período postcrisis (del

1º de enero de 2006 al 21 de marzo de 2011). Las pruebas de causalidad en la varianza, muestran que, mientras no existe riesgo de transmisión entre los precios del petróleo y los precios de los productos agrícolas durante el periodo precrisis, la volatilidad de los precios del petróleo se contagia hacia los mercados de productos agrícolas (exceptuando el azúcar) durante el periodo postcrisis. El análisis impulso-respuesta también indica que un *shock* en la volatilidad de los precios del petróleo se transmite a los mercados agrícolas solamente durante el periodo postcrisis. En consecuencia, al final de la crisis, la transmisión de riesgos surge como una nueva dimensión de la dinámica de las relaciones entre la energía y los mercados agrícolas.

Beckmann y Czudaj (2014) emplean un modelo VAR-M GARCH para estudiar el efecto contagio en los precios del maíz, algodón y trigo, y encuentran efectos negativos en la propagación de la volatilidad entre algodón y maíz, pero positivos entre el maíz y el trigo.

También existen estudios cuyo principal interés se centra en la manera de cómo la crisis financiera del 2008 genera contagio de la volatilidad hacia el resto del mundo. Un ejemplo es el trabajo de Shalini y Prasanna (2016), quienes analizan el impacto de la crisis financiera en la economía hindú mediante un modelo EGARCH con integración fraccional. En su trabajo, muestran que existe un cambio de régimen de baja a alta volatilidad en el mercado de materias primas en la India durante la crisis y, según el tipo de producto, con mayor o menor duración, de acuerdo al grado de integración que tienen con respecto a los mercados internacionales. En un contexto similar, Kim *et al.* (2015) estudian el efecto de contagio de la Gran Crisis de Estados Unidos hacia mercados asiáticos con un modelo GARCH Multivariado. Entre sus hallazgos destaca que la inversión extranjera, el *spread* dólar-libor, y el premio en los CD's son factores que afectan notoriamente el comportamiento de los mercados de tipo de cambio en estos países.

Yavas y Dedi (2016) utilizan modelos MARMA y GARCH multivariados para estimar el efecto contagio basados en ET's entre Alemania y países emergentes reportando el haber encontrado que la propagación de la volatilidad tiene lugar entre países emergentes, y entre desarrollados y emergentes. En uno de los estudios más ambiciosos Qian y Diaz (2017) utilizan un modelo M-GARCH, CCC, BEKK para estudiar el efecto contagio de la volatilidad entre 14 mercados desarrollados y subdesarrollados y el mercado de Malasia, Alemania, Reino Unido, y Francia. Sus principales resultados muestran que existe una creciente integración del mercado de Malasia con el resto de los países, y que existe propagación de la volatilidad desde los países

desarrollados hacia los subdesarrollados, pero que también existe contagio de volatilidades cruzadas entre países similares a Malasia.

Recientemente autores como Sadorsky (2014) han orientado el enfoque en el uso de los modelos DCC-MGARCH para estudiar el impacto de la volatilidad de índices de precios de acciones de compañías socialmente responsables, petróleo y oro, sobre portafolios de inversión. En su modelo encuentra que la volatilidad del índice de precios de inversión socialmente responsables (SRI) tiene el mismo efecto en términos de cobertura de un portafolio que la que se podría hacer con el índice SP&500.

De Oliveira *et al.* (2018) utilizan datos diarios de 2014 a 2016 para estudiar el efecto del mercado accionario brasileño hacia los mercados de materias primas y el mercado accionario norteamericano. Emplean un modelo M-GARCH, DCC y BEKK con t-copulas y encuentran que la política monetaria de Estados Unidos y el rebalanceo de portafolios por parte de grandes fondos de inversión norteamericanos generan volatilidad en Brasil, pero también que el índice Bovespa genera volatilidad que afecta a los mercados de materias primas y al mercado de bonos norteamericano.

Cardona *et al.* (2017), estudian la transmisión de la volatilidad con datos diarios de marzo de 1993 al mismo mes de 2013. Con un modelo M-GARCH, BEKK encuentran evidencia de la transmisión de la volatilidad de Estados Unidos hacia los seis principales mercados accionarios latinoamericanos pero, en sentido inverso, sólo recientemente se observa transmisión de volatilidad desde Brasil hacia Estados Unidos. También rechazan la hipótesis de “desacoplamiento” (*decoupling*) del mercado brasileño y del mexicano con respecto al norteamericano, y encuentran que con el paso del tiempo las correlaciones condicionales y la transmisión de la volatilidad se han hecho más significativas.

En este trabajo se emplea una variante del modelo de correlación dinámica constante (ADCC-GARCH) de Engle y Sheppard (2001), con asimetría para modelar la dinámica de la volatilidad y las correlaciones condicionales entre los índices bursátiles de los principales mercados latinoamericanos y el índice de volatilidad VIX del Mercado de Derivados Norteamericano.

### 3. Metodología y datos

Como queda constatado en la sección anterior, los modelos multivariados GARCH (MGARCH) son muy populares para estudiar los efectos de contagio de volatilidad entre mercados financieros (e.g., Booth y Ciner, 1997; Cha

y Jithendranathan, 2009; Karolyi, 1995; Karolyi y Stulz, 1996; Koutmos y Booth, 1995; Lin *et al.*, 1994). Los mismos modelos también se han utilizado en la literatura sobre economía y finanzas para estudiar el comportamiento del precio de materias primas importantes, como es el caso del petróleo, y otros (e.g. Chang *et al.*, 2010; Cifarelli y Paladino, 2010; Elder y Serletis, 2009; Malik y Hammoudeh, 2007; Sardosky, 2006). Dada la similitud de los objetivos que persigue el presente trabajo, se escogió el modelo de Engle y Sheppard (2001) conocido como el DCC-GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heterostedastic-Dynamic Conditional Correlation*) con una variante para hacerlo asimétrico, basado en una descomposición de la matriz de covarianza condicional en desviaciones estándar condicionales, previa verificación de que éste es el modelo de mejor ajuste, dadas las características de las series de rendimientos de los índices bursátiles utilizados.

El modelo de Correlación Condicional Dinámica propuesto por Engle y Sheppard (2001) es una combinación no lineal de modelos GARCH univariados, y su versión generalizada es el modelo CCC (Correlación Condicional Constante). La forma matricial del modelo DCC de Engle puede representarse de la siguiente manera:

$$H_t = D'_t R D_t \quad (1)$$

En la ecuación 1,  $H_t$  es la matriz de covarianzas,  $R$  es la matriz de correlaciones condicionales cambiante en el tiempo y definida positiva y  $D_t$  corresponde a una matriz diagonal con las desviaciones estándar en la diagonal.

$$D_t = \text{diag} \left( h_{1t}^2, \dots, h_{Nt}^2 \right) \quad (2)$$

El modelo para el proceso de rendimiento  $h_{it}$  es miembro de la clase de modelos GARCH univariados. Por lo general se modelan como GARCH ( $p, q$ ), en cuyo caso las varianzas condicionales pueden escribirse de la siguiente manera:

$$h_t = \omega + \sum_{j=1}^q A_j r_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^p B_j h_{t-j} \quad (3)$$

donde  $\omega$  es un vector de dimensiones  $N \times 1$ ,  $A_j$  y  $B_j$  son matrices diagonales de dimensiones  $N \times N$ , y  $r_t^2 = r_t * r_t$ . Cuando la matriz de correlación condicional

$R$  es positiva definida y tanto los elementos de  $\omega$  como los elementos diagonales de  $A_j$  y  $B_j$  son positivos, la matriz de covarianza condicional  $H_t$  es definida positiva. El que los elementos de  $A_j$  y  $B_j$  sean positivos no es una condición necesaria para que  $R$  sea positiva definida, a menos que  $p=q=1$ .<sup>1</sup>

Adicionalmente  $R$  puede ser visto como:

$$R_t = \text{diag} \left( q_{11t}^{\frac{1}{2}}, \dots, q_{NNt}^{\frac{1}{2}} \right) Q_t \text{diag} \left( q_{11t}^{\frac{1}{2}}, \dots, q_{NNt}^{\frac{1}{2}} \right) \quad (4)$$

Donde  $Q_t=(q_{ijt})$  es la matriz definida positiva "asimétrica", la cual tiene la forma:

$$Q_t = (1-\alpha-\beta) Q Q^- + \alpha u_{t-1} u'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (5)$$

Donde,  $u_{it} = \varepsilon_{it}/h_{iit}$ ,  $\alpha$ , y  $\beta$  son escalares no negativos de tal forma que  $\alpha + \beta < 1$ ,  $Q^-$  es la matriz de varianza no condicional  $N \times N$  de  $u_{it}$ . La ventaja de este planteamiento es que no todas las correlaciones condicionales tienen que seguir la misma estructura dinámica.

El número de parámetros a ser estimado  $(N + 1) (N + 4) / 2$  es relativamente menor, comparado con los que serían necesarios en caso de utilizar la forma completa EKK, con la misma dimensión, cuando  $N$  es pequeña. Cuando  $N$  es grande, la estimación del modelo ADCC puede llevarse a cabo por un procedimiento de 2 pasos, el cual disminuye la complejidad del proceso de estimación. En resumen, primero la varianza condicional es estimada por medio de un modelo GARCH univariado para cada variable. El siguiente paso es estimar los parámetros para la correlación condicional. El modelo ADCC puede hacer la matriz de covarianza positiva definida en cualquier momento.

La estimación de los modelos M-GARCH con correlaciones constantes dinámicas, resulta ser computacionalmente atractivo en el presente, sobre todo cuando el sistema estudiado contiene más de cinco variables independientes pues, a pesar que la capacidad de procesamiento requerida es importante, los notables avances en la materia de computación han resuelto satisfactoriamente el problema.

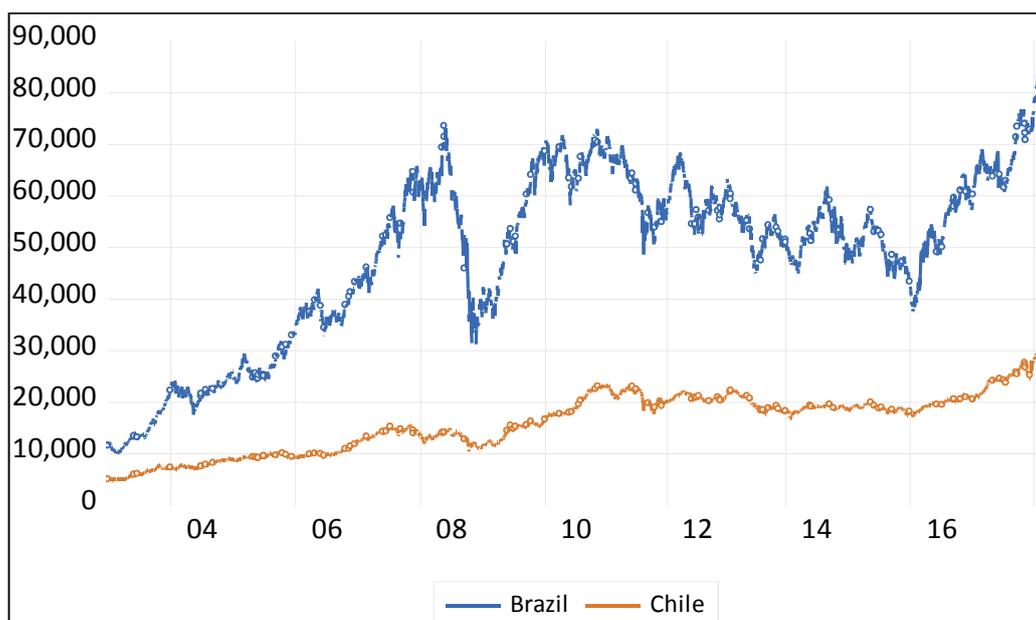
<sup>1</sup> Vease a Nelson y Cao (1992) para la discusión de la condiciones para que  $h_{it}$  sea positiva en modelos GARCH(p,q) univariados.

Los modelos MGARCH se estiman generalmente con el método QMLE (por sus siglas en inglés: Estimación de Cuasi-Máxima Verosimilitud), utilizando el algoritmo BFGS, y los estadísticos t se calculan utilizando una estimación robusta de la matriz de covarianzas.

En este trabajo se utilizan los datos del valor de los índices de cinco de los mercados accionarios latinoamericanos más importantes por tamaño (Brasil, Chile, Colombia, México y Perú) y del índice VIX, al cierre de las operaciones diarias, obtenidos del servicio de información Bloomberg para el periodo del 15 de enero de 2003 al 3 de mayo del 2018.

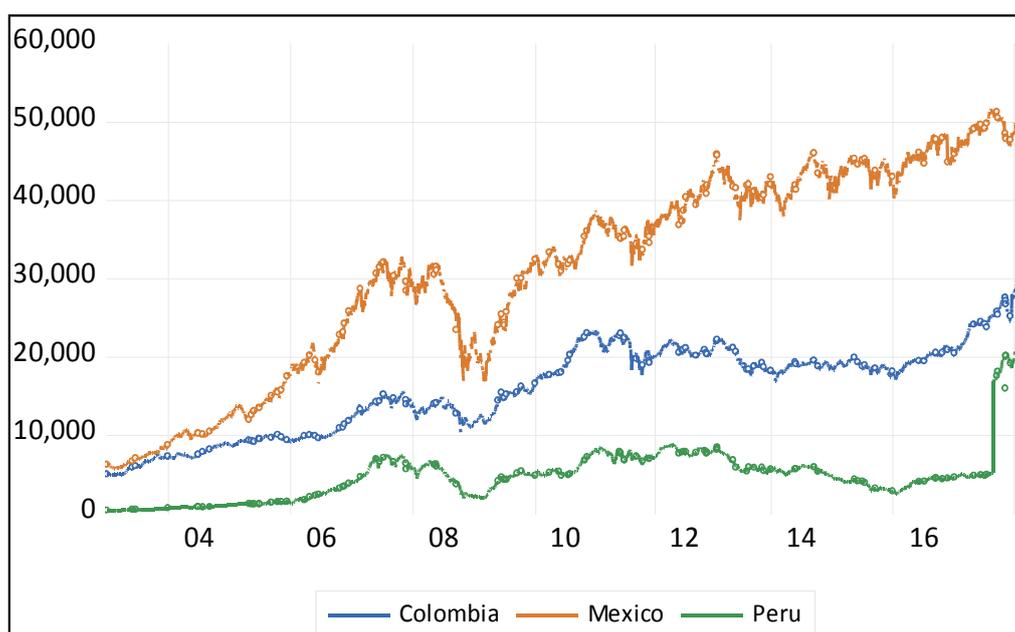
Como puede apreciarse en la Gráfica 1a y Gráfica 1b, los índices latinoamericanos muestran patrones de crecimiento semejantes. Destaca particularmente la fuerte baja del mercado asociada con la crisis financiera en Estados Unidos durante el 2008 y, en el caso de Brasil, Colombia y Perú, una tendencia descendente a partir de 2010, posiblemente asociada con la crisis de la deuda soberana en Europa, aunque en el caso del primero hay una importante recuperación a partir de fines de 2015. En los casos de Chile y México no es fácil discernir el efecto de la crisis europea, aunque en el caso de Chile podría llegar a detectarse una inflexión en la tendencia ascendente, pero en menor magnitud que en el caso de los tres primeros mercados.

Gráfica 1a. Índices de los principales mercados bursátiles latinoamericanos



Fuente: elaboración propia con datos de Bloomberg.

Gráfica 1b. Índices de los principales Mercados Bursátiles Latinoamericanos



Fuente: elaboración propia con datos de Bloomberg.

Para cada una de las series se calcularon los rendimientos continuos como la primera diferencia del logaritmo natural. Las estadísticas de resumen de las series se muestran en la Tabla 1. Cada una de ellas muestra un ligero

Tabla 1: Estadísticas descriptivas para los rendimientos diarios

	<b>Brazil</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>	<b>México</b>	<b>Perú</b>	<b>Vix</b>
<b>Media</b>	0.0006	0.0005	0.0007	0.00061	0.0009	-0.0003
<b>Mediana</b>	0.0009	0.0008	0.0011	0.00076	0.0009	-0.0053
<b>Máximo</b>	0.1547	0.1171	0.1554	0.11112	0.2306	0.4960
<b>Mínimo</b>	-0.1210	-0.0624	-0.2019	-0.07266	-0.2165	-0.4450
<b>Dev. Est.</b>	0.0193	0.0090	0.0143	0.01338	0.0183	0.0768
<b>Sesgo</b>	-0.0850	0.0984	-0.8834	0.08836	0.5561	0.5736
<b>Curtosis</b>	7.0789	17.4581	26.7359	8.61796	32.4667	7.0928
<b>Jarque-Bera</b>	2241.6350	28120.530	76196.300	4249.22100	116950.5000	2429.9880
<b>Probabilidad</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000	0.0000	0.0000
<b>Suma</b>	1.9013	1.6660	2.3962	1.98237	2.8998	-1.0207
<b>Observations</b>	3228.0000	3228.0000	3228.0000	3228.0000	3228.0000	3228.0000

Fuente: Elaboración propia, con datos de Bloomberg.

sesgo y una gran curtosis, indicando que la distribución de los rendimientos dista de ser normal. Las pruebas de raíces unitarias (D-F aumentada y Zivot-Andrews y KPSS, presentadas en el anexo) sobre cada una de las series, muestran que el rendimiento de cada una de las series es estacionario.

La matriz de correlaciones (Tabla 2) confirma que existe una relación moderada y positiva entre las series estudiadas.

Tabla 2: Correlaciones entre los rendimientos diarios de los cinco principales mercados Latinoamericanos y el índice VIX

	Brazil	Chile	Colombia	México	Perú	Vix
Brazil	1.0000	0.5383	0.3797	0.6561	0.4471	-0.5052
Chile		1.0000	0.3576	0.5452	0.4392	-0.4054
Colombia			1.0000	0.3937	0.3478	-0.3107
México				1.0000	0.4247	-0.5439
Peru					1.0000	-0.3033
Vix						1.0000

Fuente: elaboración propia, con datos de Bloomberg.

## 4. Resultados empíricos y análisis

Esta sección presenta los resultados empíricos obtenidos de la estimación del modelo GARCH multivariado, seguidos por las correlaciones dinámicas condicionales.

### 4.1 Los resultados de la regresión

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos del modelo MVGARCH-ADCC para los cinco mercados latinoamericanos. El modelo se estimó para el período de estudio de enero 15 de 2003 al 1° de mayo de 2018.

Los cinco primeros renglones reportados en la Tabla 3 corresponden a la ecuación de la media del modelo e indican que, en todos los casos, el coeficiente estimado es muy pequeño, pero altamente significativo. El modelo estimado es capaz de determinar la magnitud y significancia que tiene el índice VIX sobre el comportamiento de la volatilidad de los mercados latinoamericanos cuando se incorpora como parte de la estimación de la ecuación GARCH. A partir del renglón seis y hasta el renglón diez se reporta el coefi-

Tabla 3. Modelo MVGARCH-ADCC con contagio de Volatilidad–Estimado con BFGS (medias, coeficientes del VIX, coeficientes de asimetría y coeficientes del DCC)

Variable	Coef	Des. Est.	Estad t	Signif.
Bra	0.001096319	0.000211631	5.180340000	0.000000220
Chi	0.000961857	0.000128224	7.501380000	0.000000000
Col	0.000919805	0.000179077	5.136360000	0.000000280
Mex	0.000864506	0.000154167	5.607580000	0.000000020
Per	0.001140041	0.000239969	4.750790000	0.000002030
VIX (Bra)	0.000000088	0.000000150	0.586670000	0.557424180
VIX (Chi)	0.000000183	0.000000066	2.751950000	0.005924080
VIX (Col)	-0.000000074	0.000000123	-0.602090000	0.547117510
VIX (Mex)	0.000000039	0.000000067	0.581060000	0.561197440
VIX (Per)	0.000000540	0.000000279	1.935090000	0.052979590
DCC(1)	0.011713301	0.001945626	6.020330000	0.000000000
DCC(2)	0.980126739	0.004414512	222.023790000	0.000000000
DCC(3)	0.000000365	0.000000000	0.000000000	0.000000000

Fuente: Elaboración propia, con resultados de Eviews 10, RATS 9.

ciente estimado para el VIX para cada uno de los cinco mercados estudiados y permite corroborar que los únicos coeficientes estadísticamente significativos a un nivel convencional corresponden a Chile (a menos del 1%) y a Perú (a menos del 6%), si bien cabe destacar que el tamaño absoluto de los mismos es muy pequeño. Es decir, la volatilidad del mercado de Estados Unidos incide en la volatilidad de dichos mercados, pero en muy pequeña medida, en tanto que puede afirmarse que no existe evidencia de contagio de la volatilidad del mercado estadounidense sobre la volatilidad de los mercados de Brasil, Colombia, y México pues en ninguno de estos casos se observa una significancia estadística convencionalmente aceptable. Una posible explicación de esas diferencias en la sensibilidad de los mercados latinoamericanos al VIX es que no todos los factores afectan a todos los mercados latinoamericanos por igual, y que el peso específico que puede tener el comportamiento de determinadas variables del entorno económico internacional es muy

distinto. Por ejemplo, algunos pueden ser más sensibles a variables como el precio de determinadas materias primas (petróleo, minerales), el comportamiento del tipo de cambio, o la mayor o menor sensibilidad de cada economía a lo que ocurre en los mercados bursátiles internacionales, todas variables que se reflejan en la volatilidad del mercado estadounidense.

Los últimos tres renglones de la Tabla 3 reportan los coeficientes y la significancia estadística de los dos componentes de la correlación condicional dinámica DCC (1 y 2) y su nivel de asimetría DCC (3). Al sumar los dos primeros coeficientes agregados se obtiene un valor muy cercano a uno, lo cual sugieren una muy elevada persistencia de la volatilidad de la correlación condicional dinámica (la suma de ambos coeficientes es muy cercana a uno), en tanto que el tercer componente corrobora la presencia de efectos asimétricos en la misma, aun cuando el coeficiente es muy pequeño. En los tres casos, los coeficientes de la DCC son altamente significativos.

En la Tabla 4 se reportan los coeficientes del modelo MVGARCH ADCC, identificados por pares de países, con los cuales se estima el contagio de la volatilidad, y se interpretan como el impacto que tiene el choque rezagado al cuadrado del mercado que aparece después del guión sobre la volatilidad del mercado que aparece antes del guión. En este caso, la significancia estadística es importante para corroborar la importancia económica del contagio. Por ejemplo, el impacto rezagado al cuadrado de la volatilidad de Brasil, Chile y Perú sobre el mercado colombiano indican la significativa reactividad de la volatilidad de éste. El signo del impacto es positivo en el caso de la influencia de Brasil, pero negativo en el caso de Chile y Perú. En el mismo sentido, el impacto del choque al cuadrado rezagado del mercado colombiano sobre la volatilidad del mercado mexicano es significativo, positivo y pequeño, y el impacto del mercado mexicano sobre el peruano es, igualmente positivo y moderado. Cuando se repite el nombre del país, el coeficiente se refiere al choque al cuadrado del mercado en cuestión rezagado, sobre sí mismo en el siguiente periodo. En todos estos casos, la significancia estadística es muy alta y el tamaño de los coeficientes es importante. Por ejemplo, en los casos de Colombia (0.1496) y Perú (.1285), el tamaño absoluto del coeficiente del choque rezagado al cuadrado sobre la volatilidad es incluso mayor al 10%.

En la Tabla 5 se presentan los resultados del modelo MVGARCH-ADCC correspondientes al componente ARCH de la volatilidad de cada mercado. Como puede observarse, en todos los casos el valor absoluto del coeficientes es elevado y altamente significativo, hecho que sugiere una importante persistencia. El último de los objetivos de este trabajo, además de estudiar

Tabla 4. Modelo MVGARCH-ADCC con efecto contagio de Volatilidad – Estimado con BFGS  
(Coeficientes de efecto contagio de Volatilidad)

<b>Derrama de Volatilidad</b>	<b>Coef.</b>	<b>Des. Est.</b>	<b>Valor-t</b>	<b>Signif.</b>
Bra-Bra	0.04132	0.00789	5.23700	0.00000
Bra-Chi	-0.00918	0.01117	-0.82186	0.41116
Bra-Col	0.00174	0.00483	0.36024	0.71867
Bra-Mex	-0.00948	0.00977	-0.96963	0.33223
Bra-Per	-0.00010	0.00082	-0.12423	0.90113
Chi-Bra	-0.00145	0.00180	-0.80532	0.42064
Chi-Chi	0.07256	0.00889	8.15879	0.00000
Chi-Col	-0.00073	0.00072	-1.01576	0.30974
Chi-Mex	-0.00165	0.00343	-0.48010	0.63116
Chi-Per	0.00069	0.00068	1.02158	0.30698
Col-Bra	0.00754	0.00441	1.70766	0.08770
Col-Chi	-0.01609	0.00135	-11.94372	0.00000
Col-Col	0.14962	0.01481	10.10316	0.00000
Col-Mex	0.00793	0.01076	0.73753	0.46080
Col-Per	-0.00141	0.00031	-4.53802	0.00001
Mex-Bra	0.00099	0.00201	0.49218	0.62259
Mex-Chi	0.00920	0.00712	1.29282	0.19607
Mex-Col	0.00453	0.00235	1.92659	0.05403
Mex-Mex	0.01851	0.00729	2.54032	0.01108
Mex-Per	-0.00014	0.00087	-0.16478	0.86912
Per-Bra	-0.00702	0.00413	-1.70196	0.08876
Per-Chi	-0.00344	0.02432	-0.14138	0.88757
Per-Col	0.00104	0.00841	0.12362	0.90162
Per-Mex	0.03463	0.01140	3.03939	0.00237
Per-Per	0.12845	0.02380	5.39663	0.00000

las relaciones de propagación o efecto contagio de volatilidad entre los cinco mayores mercados bursátiles de Latinoamérica y su sensibilidad al índice VIX, es determinar si existe asimetría en el comportamiento de la volatilidad condicional de los distintos mercados. Los resultados de la estimación del coeficiente de asimetría de volatilidad para cada uno de los mercados

Tabla 5. Modelo MVGARCH-ADCC con contagio de Volatilidad-Estimado con BFGS (componente ARCH y coeficiente de asimetría)

Variable	Coef.	Des. Est.	Valor-t	Signif.
ARCH Bra	0.925256	0.013065	70.81814	0.00000
ARCH Chi	0.826025	0.018517	44.60893	0.00000
ARCH Col	0.77222	0.025487	30.29886	0.00000
ARCH Mex	0.934808	0.012556	74.4516	0.00000
ARCH Per	0.774816	0.036694	21.11535	0.00000
Asimetría Bra	0.030818	0.012655	2.4352	0.01488
Asimetría Chi	0.067001	0.012466	5.37457	0.00000
Asimetría Col	0.034569	0.025766	1.34167	0.17970
Asimetría Mex	0.044964	0.010745	4.18464	0.00003
Asimetría Per	0.045806	0.020854	2.19648	0.02806

Fuente: Elaboración propia, con resultados de Eviews 10 y RATS 9.

corroboran la existencia de una asimetría en la volatilidad de cuatro de los cinco mercados estudiados, con la sola excepción de Colombia.

## Conclusiones

El rápido desarrollo y la creciente integración de los mercados bursátiles latinoamericanos a la globalización ofrecen oportunidades y retos para los inversionistas y para las empresas que se fondean en ellos. Este trabajo analiza un modelo MGARCH-ADCC para estimar la dinámica de la volatilidad y las correlaciones entre los rendimientos de los principales mercados latinoamericanos, así como la posible incidencia del índice VIX sobre la volatilidad de aquellos.

Los resultados del modelo MGARCH-ADCC permiten identificar las principales direcciones en las cuales se presenta un efecto contagio de volatilidad entre mercados (Brasil, Chile y Perú sobre Colombia; México sobre Perú, y Colombia sobre México), así como también la importancia de los choques rezagados al cuadrado de los propios mercados en la ecuación de su varianza condicional dinámica. Asimismo, se confirma que el comportamiento de

los mercados latinoamericanos no es afectado en todos los casos por la volatilidad del mercado norteamericano (las excepciones son Chile y Perú), hecho que sorprende dada la enorme disparidad en el tamaño de la economía de Estados Unidos con respecto a cinco de las principales latinoamericanas (incluso con respecto a la suma total de dichas economías) y el peso relativo de sus mercados bursátiles en el contexto mundial. Finalmente, este trabajo contribuye a la literatura con una estimación de la persistencia y asimetría de las correlaciones condicionales dinámicas entre los mercados latinoamericanos.

## Referencias bibliográficas

- Arouri, M. E. H., Jouini, J., y Nguyen, D. K. (2011a). "Volatility Spillovers between Oil Prices and Stock Sector Returns: Implications for Portfolio Management". *Journal of International Money and Finance*, vol. 30, núm. 7, pp. 1387-1405.
- Arouri, M. E. H., Lahiani, A., y Nguyen, D. K. (2011b). "Return and Volatility Transmission between World Oil Prices and Stock Markets of the GCC Countries". *Economic Modelling*, vol. 28, núm. 4, pp. 1815-1825.
- Arouri, M. E. H. (2011). "Does Crude Oil Move Stock Markets in Europe? A sector investigation". *Economic Modelling*, vol. 28, núm. 4, pp. 1716-1725.
- Bae, K. H., Karolyi, G. A. y Stulz, R. M. (2003). "A New Approach to Measuring Financial Contagion". *Review of Financial Studies*, vol. 16, núm. 3, pp. 717-763.
- Bekaert, G. y Harvey, C. R., (april 7, 2017). "Emerging Equity Markets in a Globalizing World". Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2344817>.
- Beckmann, J. y Czudaj, R. (2014). "Volatility Transmission in Agricultural Futures Markets". *Economic Modelling*, núm. 36, pp. 541-546.
- Bekiros, S. D. (2014). "Contagion, Decoupling and the Spillover Effects of the US Financial Crisis: Evidence from the BRIC Markets". *International Review of Financial Analysis*, núm. 33, pp. 58-69.
- Booth, G. G. y Ciner, C. (1997). "International Transmission on Information in Corn Futures Markets". *Journal of Multinational Financial Management*, vol. 7, núm. 3, pp. 175-187.
- Cardona, L., Gutiérrez, M. y Agudelo, D. A. (2017). "Volatility Transmission between US and Latin American Stock Markets: Testing the Decoupling Hypothesis". *Research in International Business and Finance*, núm. 39, pp. 115-127.

- Cha, H. J. y Jithendranathan, T. (2009). "Time-varying Correlations and Optimal Allocation in Emerging Market Equities for the US Investors". *International Journal of Finance & Economics*, vol. 14, núm. 2, pp. 172-187.
- Chang, C. Y., Lai, J. Y., y Chuang, I. Y. (2010). "Futures Hedging Effectiveness under the Segmentation of Bear/Bull Energy Markets". *Energy Economics*, vol. 32, núm. 2, pp. 442-449.
- Chang, C. L., McAleer, M., y Tansuchat, R. (2013). "Conditional Correlations and Volatility Spillovers Between Crude Oil and Stock Index Returns". *The North American Journal of Economics and Finance*, núm. 25, pp. 116-138.
- Choi, K. y Hammoudeh, S. (2010). "Volatility Behavior of Oil, Industrial Commodity and Stock Markets in a Regime-Switching Environment". *Energy Policy*, vol. 38, núm. 8, pp. 4388-4399.
- Cifarelli, G. y Paladino, G. (2010). "Oil Price Dynamics and Speculation: A Multivariate Financial Approach". *Energy Economics*, vol. 32, núm. 2, pp. 363-372.
- Creti, A., Joëts, M., y Mignon, V. (2013). "On the Links Between Stock and Commodity Markets Volatility". *Energy Economics*, núm. 37, pp. 16-28.
- Cognigni, A. y Manera, M. (2009). "The Asymmetric Effects of Oil Shocks on Output Growth: A Markov-Switching Analysis for the G-7 Countries". *Economic Modelling*, vol. 26, núm. 1, pp. 1-29.
- Cuñado, J. y Perez de Garcia, F. (2005). "Oil prices, Economic Activity and Inflation: Evidence for some Asian Countries". *The Quarterly Review of Economics and Finance*, núm. 45, pp. 65-83.
- De Oliveira, F. A., Maia, S. F., de Jesús, D. P., y Besarria, C. D. N. (2018). "Which Information Matters to Market Risk Spreading in Brazil? Volatility Transmission Modelling Using MGARCH-BEKK, DCC, t-Copulas". *The North American Journal of Economics and Finance*.
- Du, X., Yu, C.L., y Hayes, D.J. (2011). "Speculation and Volatility Spillover in the Crude Oil and Agricultural Commodity Markets: a Bayesian Analysis". *Energy Economics*, núm. 33, pp. 497-503.
- Dwyer, A., Gardner, G., y Williams, T. (2011). "Global Commodity Markets-Price Volatility and Financialisation". *RBA Bulletin, June*, pp. 49-57.
- Elder, J. y Serletis, A. (2009). "Oil Price Uncertainty in Canada". *Energy Economics*, vol. 31, núm. 6, pp. 852-856.
- Engle, R. F. y Sheppard, K. (2001). "Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH (No. w8554)". *National Bureau of Economic Research*.

- Fondo Monetario Internacional (2010). "World Economic Outlook".
- Frank, N. y Hesse, H. (2009). *Financial Spillovers to Emerging Markets during the Global Financial Crisis* (No. 9-104). International Monetary Fund.
- Gilenko, E. y Fedorova, E. (2014). "Internal and External Spillover Effects for the BRIC Countries: Multivariate GARCH-in-mean Approach". *Research in International Business and Finance*, núm. 31, pp. 32-45.
- Guesmi, K. y Fattoum, S. (2014). "Measuring Contagion Effects Between Crude oil and OECD Stock Markets (No. 2014-090)".
- Hamilton, J. D. (1983). "Oil and the Macroeconomy since World War II". *The Journal of Political Economy*, pp. 228-248.
- Hamilton, J. D. (2003). "What is an Oil Shock?" *Journal of Econometrics*, vol. 113, núm. 2, pp. 363-398.
- Hammoudeh, S. y Yuan, Y. (2008). "Metal Volatility in presence of Oil and Interest Rate Shocks". *Energy Economics*, vol. 30, núm. 2, pp. 606-620.
- Hammoudeh, S., Malik, F., y McAleer, M. (2011). "Risk Management of Precious Metals". *The Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 51, núm. 4, pp. 435-441.
- Hwang, E., Min, H.G., Kim, B.H., y Kim, H. (2013). "Determinants of Stock Market Co-movements among US and Emerging Economies during the US Financial Crisis". *Economic Modelling*, núm. 35, pp. 338-348.
- Islam, R., Islam, M. T., y Chowdhury, A. H. (2013). "Testing for Global Volatility Spillover, Financial Contagion and Structural Break in Fifteen Economies from Two Regions: A Diagonal VECM Matrix and EGARCH (1, 1) Approach". *International Journal of Economics and Finance*, vol. 5, núm. 5, p. 159.
- Islam, R. (2014). "Comparing Financial Contagion and Volatility Spill over and Structural Break Within Major Asian Economies Pre and Post Global Recession to that of Asian Crisis". *The Journal of Applied Business and Economics*, vol. 16, núm. 4, p. 92.
- Kim, B. H., Kim, H., y Lee, B. S. (2015). "Spillover Effects of the US Financial Crisis on Financial Markets in Emerging Asian Countries". *International Review of Economics & Finance*, núm. 39, pp. 192-210.
- Karolyi, G. A. (1995). "A Multivariate GARCH M of International Transmissions of Stock Returns and Volatility: The case of the United States and Canada". *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 13, núm. 1, pp. 11-25.
- Karolyi, G. A. y Stulz, R. M. (1996). "Why do Markets Move Together? An Investigation of US-Japan Stock Return Comovements". *The Journal of Finance*, vol. 51, núm. 3, pp. 951-986.

- Kawai, M. y Prasad, E. S. (Eds.). (2011). *Financial Market Regulation and Reforms in Emerging Markets*. Brookings Institution Press.
- Kilian, L. (2008). "The Economic Effects of Energy Price Shocks". *Journal of Economic Literature*, vol. 46, núm. 4, pp. 871-909.
- Koutmos, G., y Booth, G. G. (1995). "Asymmetric Volatility Transmission in International Stock Markets". *Journal of International Money and Finance*, vol. 14, núm. 6, pp. 747-762.
- Lardic, S., y Mignon, V. (2008). "Oil Prices and Economic Activity: An Asymmetric Cointegration Approach". *Energy Economics*, vol. 30, núm. 3, pp. 847-855.
- Li, Y., y Giles, D. E. (2013). "Modelling Volatility Spillover Effects Between Developed Stock Markets and Asian Emerging Stock Markets". University of Victoria, *Econometrics Working Paper*, (EWP1301).
- Lin, W. L., Engle, R. F., e Ito, T. (1994). "Do Bulls and Bears Move Across Borders? International Transmission of Stock Returns and Volatility". *Review of Financial Studies*, vol. 7, núm. 3, pp. 507-538.
- Malik, F. y Hammoudeh, S. (2007). "Shock and Volatility Transmission in the Oil, US and Gulf Equity Markets". *International Review of Economics & Finance*, vol. 16, núm. 3, pp. 357-368.
- Malik, F. y Ewing, B. T. (2009). "Volatility Transmission Between Oil Prices and Equity Sector Returns". *International Review of Financial Analysis*, vol. 3, núm. 18, pp. 95-100.
- Miyakoshi, T. (2003). "Spillovers of Stock Return Volatility to Asian Equity Markets from Japan and the US". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, vol. 13, núm. 4, pp. 383-399.
- Mollick, A. V. y Assefa, T. A. (2013). "US Stock Returns and Oil Prices: The Tale from Daily Data and the 2008–2009 Financial Crisis". *Energy Economics*, núm. 36, pp. 1-18.
- Nazlioglu, S., Erdem, C. y Soytas, U. (2013). "Volatility Spillover Between Oil and Agricultural Commodity Markets". *Energy Economics*, núm. 36, pp. 658-665.
- Nelson, D. B., y Cao, C. Q. (1992). "Inequality Constraints in the Univariate GARCH Model". *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 10, núm. 2, pp. 229-235.
- Ng, A. (2000). "Volatility Spillover Effects from Japan and the US to the Pacific-Basin". *Journal of International Money and Finance*, vol. 19, núm. 2, pp. 207-233.

- Qian, P. Y. y Diaz, J. F. (2017). "Volatility Integration of Global Stock Markets with the Malaysian stock Market: A Multivariate GARCH approach". *Malaysian Journal of Economic Studies*, vol. 54, núm. 1, pp. 83-117.
- Sadorsky, P. (2012). "Correlations and Volatility Spillovers Between Oil Prices and the Stock Prices of Clean Energy and Technology Companies". *Energy Economics*, vol. 34, núm. 1, pp 248-255.
- Sadorsky, P. (2014). "Modeling Volatility and Conditional Correlations Between Socially Responsible Investments, Gold and Oil". *Economic Modelling*, núm. 38, pp. 609-618.
- Sadraoui, T., Deghachi, B. y Aissa, R. B. (2016). "A New Cointegration Econometric Analysis for Contagious and Volatility Spillovers of Subprime Crisis Effects". *International Journal of Econometrics and Financial Management*, vol. 4, núm. 2, pp. 29-38.
- Serra, T. (2011). "Volatility Spillovers Between Food and Energy Markets: a Semiparametric Approach". *Energy Economics*, núm. 33, pp. 1155-1164.
- Serra, T., Zilberman, D. y Gil, J.M. (2011). "Price Volatility in Ethanol Markets". *European Review of Agricultural Economics*. núm. 38, pp. 259-280.
- Shalini, V. y Prasanna, K. (2016). "Impact of the Financial Crisis on Indian Commodity Markets: Structural Breaks and Volatility Dynamics". *Energy Economics*, núm. 53, pp. 40-57.
- Silvennoinen, A. y Thorp, S. (2013). "Financialization, Crisis and Commodity Correlation Dynamics". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, núm. 24, pp. 42-65.
- Strauss, A. (2018 October). "Five reasons to buy emerging markets". Forbes. Disponible en <https://www.forbes.com/sites/adamstrauss/2018/10/15/five-reasons-to-buy-emerging-markets/#309cd37b661b>.
- Vivian, A., y Wohar, M.E. (2012). "Commodity Volatility Breaks". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, núm. 22, pp. 395-422.
- Worthington, A., y Higgs, H. (2004). "Transmission of Equity Returns and Volatility in Asian Developed and Emerging Markets: A Multivariate GARCH Analysis". *International Journal of Finance & Economics*, vol. 9, núm. 1, pp 71-80.
- Yavas, B. F. y Dedi, L. (2016). "An Investigation of Return and Volatility Linkages Among Equity Markets: A Study of Selected European and Emerging Countries". *Research in International Business and Finance*, núm. 37, pp. 583-596.
- Yildirim, R. y Masih, A. M. M. (2014). "The Effect of Recent Financial Crisis Over Global Portfolio Diversification Opportunities—Empirical Evidence". *A Comparative Multivariate GARCH-DCC, MODWT and Wavelet Correlation Analysis*. Online en <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/58269/>.

- Zhang, Y. J., Fan, Y., Tsai, H. T., y Wei, Y. M. (2008). "Spillover Effect of US Dollar Exchange Rate on Oil Prices". *Journal of Policy Modeling*, vol. 30, núm. 6, pp. 973-991.
- Zhang, Z., Lohr, L., Escalante, C., y Wetzstein, M. (2009). "Ethanol, Corn, and Soybean Price Relations in a Volatile Vehicle-fuels Market". *Energies*, vol. 2, núm. 2, pp. 320-339.