

## Diseño de un modelo de alerta temprana para inferir la ocurrencia de crisis financieras con aplicación a mercados emergentes. El caso del mercado bursátil Colombiano <sup>1</sup>

### Design of an Early Warning Model to Infer the Occurrence of Financial Crises with Application to Emerging Markets. The Case of the Stock Market Colombian

Pismag Ramírez, Carlos Alirio; Bolaños Garcés, Jhon Hayder; Meneses Cerón, Luis Ángel

-  **Carlos Alirio Pismag Ramírez** <sup>2</sup>  
carlos.pismag@unad.edu.co  
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia
-  **Jhon Hayder Bolaños Garcés** <sup>3</sup>  
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia
-  **Luis Ángel Meneses Cerón** <sup>4</sup>  
Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

**Revista Estrategia Organizacional**  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia  
ISSN: 2339-3866  
ISSN-e: 2539-2786  
Periodicidad: Semestral  
vol. 11, núm. 1, 2022  
revista.ecacen@unad.edu.co

Recepción: 01 Septiembre 2021  
Revisado: 01 Noviembre 2021  
Aprobación: 01 Diciembre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/133/1332965001/>

**Resumen:** La presente investigación combina el campo teórico con la implementación empírica del modelo óptimo que permita encontrar la forma de comprender la transmisión de volatilidad producto del contagio financiero y que aumenta los niveles de riesgo. El estudio se centra en determinar los principales indicadores macro prudenciales del riesgo sistémico aplicado a los mercados emergentes, especialmente al mercado bursátil nacional con el fin de inferir con antelación la ocurrencia de fenómenos de crisis financiera. Se estiman los aspectos económicos y financieros claves, tales como el desempeño macro de los mercados, la estructura funcional y el desempeño económico-financiero de los diferentes agentes involucrados en el contagio financiero. Metodológicamente, se tiene en cuenta como población objeto de estudio al mercado bursátil colombiano, durante un periodo de cinco años. Se asume desde el punto de vista teórico que constituye el mercado financiero más representativo de la economía nacional y desde el punto de vista metodológico, que son mercados sobre los cuales existe la mayor cantidad de datos disponible en las diferentes plataformas de información económica-financiera para economías emergentes, como la colombiana. Finalmente, la representación para el análisis del contagio financiero se realiza con modelaciones de tipo GARCH[5], debido a que dichos modelos son adecuados en el estudio de la dinámica de los activos dentro los mercados bursátiles.

**Palabras clave:** interdependencia, globalización, mercado financiero, gestión del riesgo.

**Abstract:** This research combines the theoretical field with the empirical implementation of the optimal model that allows finding a way to understand the transmission of volatility as a result of financial contagion and therefore increases risk levels. The study focuses on determining the main macro-prudential indicators of systemic risk applied to emerging markets, especially the national stock market, in order to infer in advance the occurrence of financial crisis phenomena. The key economic and financial aspects are estimated, such as the macro performance of the markets, the functional structure and the

economic-financial performance of the different agents involved in financial contagion. In this context, the Colombian stock market is taken into account as the population under study, during a period of five (5 years), assuming from the theoretical point of view that it constitutes the most representative financial market of the national economy and from the point of view of methodological view, which are markets on which there is the greatest amount of data available in the different economic-financial information platforms for emerging economies, such as Colombia. Finally, the representation for the analysis of financial contagion is carried out with GARCH-type models, since these models are suitable for studying the dynamics of assets within the stock markets.

**Keywords:** Interdependence, globalization, financial markets, risk management.

## INTRODUCCIÓN

Globalización no es sinónimo de internacionalización dice Castells (1999) pues en sentido estricto es “el proceso resultante de la capacidad de ciertas actividades de funcionar como unidad en tiempo real a escala planetaria” (Castells, 1999, pp. 2). Este naciente fenómeno de las dos últimas décadas del siglo XX se ha podido erigir desde la generación de un sistema tecnológico de información, telecomunicaciones y transporte, que ha articulado todo el planeta en una red de flujos en las que confluyen las funciones y unidades de todos los ámbitos de la actividad humana.

La economía global incluye, dice Castells (1999) en su núcleo fundamental la globalización de los mercados financieros, pues, en su comportamiento determina los movimientos de capital, monedas, crédito y de esta forma las economías nacionales, es así como por ejemplo, el mercado de divisas negocia diariamente alrededor 1,5 billones de dólares según el portal FOREX, haciendo para cualquier gobierno imposible contrarrestar las turbulencias masivas de los mercados financieros.

Las condiciones de las economías actuales, liberalizadas y globalizadas, hacen que los eventos que ocurren en un país, sin importar su ubicación geográfica, puedan tener un enorme impacto en los mercados internacionales, hasta en aquellos en los que aparentemente no existe una conexión comercial relevante, pues la “naturaleza contagiosa de las crisis financieras socava el potencial de reducción del riesgo de diversificación de la cartera internacional (...) y hace que los países sean vulnerables a las crisis que se originan en otros lugares” (Kuusk, Paas y Viikmaa, 2011, pp.2).

El panorama económico global conlleva a un inherente riesgo de contagio, por ello las crisis cada vez son más severas, rompen barreras geográficas y los ciclos económicos son más cortos en el tiempo, por tanto, el

---

## NOTAS DE AUTOR

- 2 Contador Público, Especialista en gerencia de Impuestos, Magister en Gestión de las Organizaciones Universidad Cooperativa de Colombia. Docente en la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios de la UNAD. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9171-7167>
- 3 Profesional en Mercadeo Corporativo, Especialista en Mercadeo Corporativo, Magister en Gestión de las Organizaciones Universidad Cooperativa de Colombia, Gerente Departamental Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación SCARE Fepasde, ST BR3 Oficial POR Ejército de Colombia. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8784-8332>
- 4 Administrador de Empresas, Magister en Administración, Especialista en Finanzas, Doctorando en Economía de los negocios. Profesor universitario en pregrado y posgrado. Es investigador del grupo multicampus CACE de la universidad Cooperativa de Colombia. Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3619-5164> Correo electrónico: [luis.menesesc@campusucc.edu.co](mailto:luis.menesesc@campusucc.edu.co)

estudio de la transmisión de choques entre países, más allá de los explicados por sus vínculos fundamentales, es decir la interdependencia natural[6], adquiere una gran preeminencia.

El fenómeno conocido como contagio financiero, dentro de la teoría financiera aún no tiene una clara definición, puesto que se puede entender como “la propagación de los choques internacionales que no pueden explicarse por la propagación estándar de los choques reales” (Bernardi, 2005, pp. 4), o en términos algo más generales es entendido como “la transmisión o propagación de perturbaciones entre los mercados financieros de los diferentes países” (Villar y Vaya, 2004, pp. 2); por su parte, Marín (2012) que lo define, “como el incremento significativo en el movimiento de los precios y las cantidades a través de los mercados, es decir, cuando la volatilidad se genera de la crisis de un país hacia los mercados financieros de otros países” (Marín, 2012, pp.95).

Con lo anterior, el riesgo financiero se convierte en una variable determinante para el análisis del desempeño de los mercados a nivel empresarial, especialmente en períodos y entornos complejos de aumento de la volatilidad e incertidumbre de las principales variables financieras, el crecimiento del volumen y complejidad de las normativas nacionales y globales, la quiebra de bancos y grandes corporaciones, el descenso de los precios de las materias primas, las afectaciones a la industria, el aumento del desempleo y la pobreza, entre otros.

En ese orden de ideas, la gestión de los negocios a nivel general está directamente expuesta al riesgo, en la medida que puede obtener un resultado distinto al que inicialmente pretendía conseguir. En ese sentido, si bien el riesgo es una constante a nivel empresarial, en términos de las finanzas corporativas, constituye un campo de estudio relativamente nuevo, que se ha revestido de un gran dinamismo después de continuos sucesos de inestabilidad y crisis financieras que se presentaron en las últimas décadas a nivel global.

Establecer la existencia de contagio financiero, permite determinar el grado de dependencia entre los diferentes mercados de valores del mundo (mediante el canal de vínculos financieros), puesto que la evolución de los agentes económicos y del sistema en el cual se desenvuelven, ha propiciado y fomentado la interconexión entre economías geográficamente distantes, dando relevancia al análisis de dichas conexiones y el impacto que pueden ocasionar en periodos de auge y crisis en las economías domésticas, aspecto crucial para las decisiones de política económica y regulación de las instituciones financieras en el país, así como para decisiones de inversión y diversificación de portafolios por parte de los agentes que transan en la bolsa.

Estos acontecimientos de turbulencias constituyen materializaciones de los riesgos existentes, y han puesto de manifiesto la urgente necesidad de la cuantificación y gestión del riesgo en un mundo cada vez más global, interconectado e interdependiente. Por lo tanto, actualmente la medición y la gestión del riesgo se han convertido en práctica ineludible en las diferentes instituciones financieras y en general, en las grandes compañías con operaciones globales, aunque si bien es cierto, los riesgos asociados a una organización pueden ser de distinta naturaleza cabe preguntarse: ¿Cuáles son los principales indicadores macro prudenciales del riesgo sistémico aplicados a un mercado emergente, el caso del mercado bursátil colombiano, que permiten inferir con antelación la ocurrencia de fenómenos de crisis financiera?

Por tal razón este estudio pretendió dar respuesta al objetivo. Analizar los principales indicadores macro prudenciales del riesgo sistémico aplicados al mercado

bursátil colombiano, que permita inferir con antelación la ocurrencia de fenómenos de crisis financiera.

## MARCO TEÓRICO

Según Rigobon (2002), la definición de contagio financiero se divide en dos categorías: La primera categoría, “cambio en las relaciones de dependencia”, plantea la existencia de contagio entre dos mercados, cuando existe un cambio en la fuerza con la que se propagan los choques entre las economías. Es decir que, intuitivamente se presenta contagio, cuando en épocas de crisis cambia la fuerza de propagación de los choques, pues en épocas de calma, los choques que se propagan son una medida de los canales naturales a través de los

cuales las economías funcionan (Rigobon, 2002), en otras palabras, refleja la existencia de una normal interdependencia entre los países.

En la segunda categoría, “de contagio puro”: se presenta cuando la transmisión de choques financieros, económicos y de información de mercado entre dos economías no se realiza vía mecanismos estándares, según Rigobon (2002) esa transmisión de choques que se realiza por fuera de la interdependencia natural entre las economías es lo que se considera contagio. En efecto, el análisis de las crisis financieras ha tratado de identificar empíricamente los denominados choques externos, factores exógenos que inducen fluctuaciones en los fundamentales macroeconómicos. De acuerdo a Lanteri (2009) la importancia de este enfoque radica en el hecho de establecer los impactos que se generan sobre la oferta y demanda agregada, y la posterior generación y propagación de los ciclos económicos.

En la figura 1 y siguiendo a Villar & Vaya (2004), se describen cinco canales de transmisión del contagio entre las economías:

Por perturbaciones comunes

Puede entenderse como una situación en la cual dos economías se ven afectadas por un mismo factor, para ejemplificar se puede tomar los movimientos en las tasas de interés de la Reserva Federal en Estados Unidos (Marín, 2012), o los choques petroleros que afectan negativa o positivamente a dos o más economías produciendo comovimientos en sus mercados (Uribe, 2011).

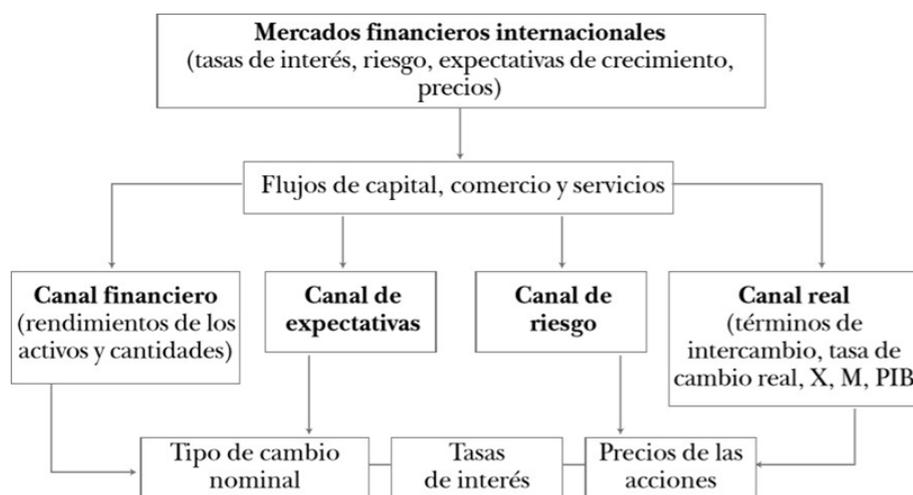


FIGURA 1.  
Canales de transmisión de los choques externos

Fuente: Melo y Rincón, 2017.

### Por similitud en los fundamentales económicos

Los cuales determinan el grado de vulnerabilidad de una economía frente a las crisis; el contagio se presenta cuando los vínculos que se derivan de la relación entre los fundamentales, no explican la totalidad de los comovimientos entre los mercados.

### Por relaciones comerciales

Se debe tener en cuenta, dos posibilidades: la primera, en términos mercantilistas, el canal de transmisión es la devaluación de un competidor comercial, lo que obliga a devaluar la moneda nacional para contrarrestar una posible pérdida de competitividad. La segunda es la devaluación de la moneda nacional causada por la

devaluación de un socio comercial dado que el no devaluar rápidamente puede llevar a perder ese mercado (Villar & Vaya, 2004, pp. 5).

### Por vínculos políticos

Provenientes de procesos de integración, o acuerdos de libre cambio, “*ya que esto puede influenciar el actuar de las policy makers en ambos países, por ejemplo, puede influir a que se tomen políticas de devaluación conjuntas*” (Marín, 2012), por lo cual, en ocasiones este canal es considerado como un canal de transmisión regional o de vecindad.

### Por vínculos financieros

En este caso, las causas del contagio pueden deberse a un prestamista común, o las inversiones directas entre los países. Según (Villar & Vaya, 2004) “*Existen un conjunto de efectos que pueden desencadenar un contagio a través de los vínculos financieros como son efectos riesgo, efectos liquidez, efectos derrame, efectos aviso, o al llamado comportamiento de rebaño o pánico financiero*” (p. 5).

A partir del enfoque de Melo y Rincón (2017), en el contexto de mercados financieros integrados y desarrollados, prioriza el estudio de la propagación de los choques a través de los vínculos financieros, donde se producen: cambios en los rendimientos de los activos que afectan de forma directa y con rapidez la riqueza de los agentes económicos; sus decisiones de consumo; el valor de sus garantías y los niveles de liquidez en la economía.

Los puntos de tensión se han desplazado del campo teórico a la implementación empírica del modelo óptimo, que permita encontrar la forma de vislumbrar la transmisión de volatilidad producto del contagio financiero que aumenta los niveles de riesgo. En tal sentido, dentro de la literatura relacionada con el tema, son muchos los estudios y los modelos implementados que han analizado el fenómeno, haciendo uso de incomparables técnicas y metodologías econométricas; en dicha discusión se toma como referencia la división realizada por Forbes y Rigobon (2001) de los estudios sobre el contagio categorizada en dos generaciones de acuerdo a la implementación de técnicas estadísticas.

La primera generación se puede destacar los artículos que desarrollan la técnica del coeficiente de correlación como King y Wadhvani (1990) que investigaron la crisis enfrentada en octubre de 1987, donde tres de las bolsas más importantes a nivel mundial cayeron. El estudio fue realizado con datos de alta frecuencia de la bolsa de Londres, Nueva York y Tokio, desde julio 1987 hasta febrero de 1988 y mediante el análisis del cambio en los coeficientes de correlación, estimación de coeficientes de contagio con Mínimos Cuadrados Ordinarios (M.C.O) y variables instrumentales.

De igual forma, otro grupo de investigaciones de análisis empírico de los mercados de valores aplicado a los mercados emergentes, utilizan técnicas de detección de contagio, a través de los coeficientes de correlación. Al respecto autores como Calvo y Reinhart (1996); Baig y Goldfajn (1999); Bernardi (2005); Hamao, Masulis y Ng (1990); Longin y Solnik (1995); Tai (2007); Ramírez y Martínez (2009); al igual que otros tipos de modelación utilizada en estudios sobre el contagio como los modelos Probit y Logit que determinan si la probabilidad de que un país esté en crisis es mayor dado que hay otros países en crisis[7].

En cuanto a la segunda generación de estudios, autores como Forbes y Rigobon (1999) examina los movimientos entre diferentes mercados de valores con el fin de probar la existencia de contagio, mediante el uso de un coeficiente de correlación ajustado por la heterocedasticidad. El documento aplica este concepto a los valores diarios de los índices de los diferentes mercados, para probar la existencia de contagio durante la crisis asiática de 1997, colapso del peso mexicano de 1994 y desplome de la bolsa Estado Unidense de 1997. En cada uno de estos casos, las pruebas basadas en los coeficientes de correlación no ajustados encuentran

evidencia de contagio entre varios países, mientras que las pruebas con coeficientes ajustados prácticamente no evidencian ningún contagio. Esto sugiere que los altos movimientos en los mercados durante estos períodos fueron una continuación de fuertes vínculos de mercado cruzado. En otras palabras, durante estas tres crisis no hubo ningún contagio, sólo interdependencia.

Asimismo, los estudios de Uribe (2011); Cabrera, Melo y Parra (2014); Gupta (2016); Zhang & Liu (2018); Fang & Egan (2018); Mahadeo, Heinlein, & Legrenzi (2019); Xu, Ma, Chen, & Zhang (2019), al igual que los trabajos basados en las cópulas[8] condicionales es una forma más robusta es términos estadísticos de calcular relaciones de dependencia, de esta manera, Horta (2010) utiliza los parámetros estimados en las cópulas para determinar el grado de dependencia entre diferentes mercados abordan el tema desde múltiples perspectivas.

## Modelo econométrico

Con soporte en la literatura antes descrita, se toma como referencia el análisis realizado por Ramírez y Martínez (2009) con modelaciones de tipo GARCH, debido a que dichos modelos son adecuados en el estudio de la dinámica de los activos dentro los mercados bursátiles porque permiten eliminar el exceso de curtosis presente en la mayoría de nuestros datos. La sugerencia de Forbes y Rigobon (2000), dice que realizar evaluaciones de contagio financiero con las pruebas tradicionales en la presencia de heterocedasticidad puede generar resultados sesgados a favor de contagio financiero.

Según el modelo utilizado por Ramírez y Martínez (2009) la representación para el análisis del contagio en un GARCH (1,1) viene dada por:

$$r_t = \sum_{i=1}^k \gamma_i r_{t-i} + \varepsilon_t \quad [2.3.1]$$

$$\sigma_t^2 = c + \alpha \varepsilon_t^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad [2.3.2]$$

En la ecuación (2.3.1),  $r_t$  es el  $j$ -ésimo valor de la variable elegida por mercado en análisis,  $r_{t-1}$  el  $j$ -ésimo valor de la variable rezagado en un periodo y el segundo término  $\varepsilon_t$  la media condicional residual de perturbaciones aleatorias. La ecuación (2.3.2) representa la varianza condicional de retornos de las variables financieras en el tiempo. Concerniente en la ecuación de la varianza condicional, el parámetro  $\beta$  mide el grado de reacción a golpes, mientras el parámetro  $\alpha$  captura la persistencia de la volatilidad.

## METODOLOGÍA

La prueba empírica a utilizar para el desarrollo del análisis de contagio financiero en este proyecto consiste en adelantos metodológicos, descritos y en marcados en la primera generación de estudios, puntualmente estimaciones mediante modelos de varianza condicional para medir los cambios en las relaciones de dependencia entre los mercados.

## Modelo GARCH

De acuerdo con Bollerslev (1986) el proceso ARCH introducido por Engle en 1982 explícitamente reconoce la diferencia entre la varianza incondicional y condicional, permitiendo a éste cambiar con el tiempo en función de los errores pasados[9].

En las aplicaciones empíricas del modelo ARCH un desfase de tiempo relativamente prolongado en la ecuación de la varianza condicional es a menudo llamado for y para evitar problemas con variación negativa en los parámetros estimados normalmente se impone una estructura de rezagos fija. En este sentido parece de interés práctico extender la clase de modelos ARCH para permitir tanto una memoria más larga y una estructura más flexible de retraso.

Dejar que  $\varepsilon_t$  denotan un proceso estocástico de tiempo discreto, de valor real y  $\phi_t$ , el conjunto de toda la información a través del tiempo t.

El proceso GARCH (p, q) está dado entonces por

$$\varepsilon_t | \phi_{t-1} \sim N(0, h_t) \quad [3.2.1]$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \\ = \alpha_0 + A(L)\varepsilon_t^2 + B(L)h_t \quad [3.2.2]$$

Teniendo en cuenta que  $\geq 0$ ,  $q > 0$ ;  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $i = 1, \dots, q$ . Y  $\beta_i \geq 0$ ,  $i = 1, \dots, p$

Cuando  $p = 0$ , el proceso se reduce al proceso ARCH (q) y cuando  $p = q = 0$   $\varepsilon_t$  simplemente ruido blanco. En el proceso de ARCH (q) la varianza condicional se especifica como una función lineal de solamente las últimas varianzas, mientras que el proceso GARCH (p, q) permite entrar varianzas condicionales rezagadas también[10].

El modelo de regresión GARCH (p, q) se obtiene por dejar  $\varepsilon_t$  sea innovaciones en una regresión lineal

$$\varepsilon_t = y_t - x_t' \beta \quad [3.2.3]$$

Donde  $y_t$  la variable dependiente,  $x_t$  un vector de variables explicativas y  $\beta$  un vector de parámetros desconocidos.

Finalmente, el modelado de los datos se realiza a través del programa EVIEWS que es una herramienta estadística, de pronóstico y en términos de estimaciones nos permitió realizar todos los análisis del caso.

### Datos

Se tomará como referencia a Colombia para hacer la aplicación de la modelación propuesta, siendo así y haciendo uso de las variables elegidas, resultará posible determinar si la dependencia cambió frente a los choques aleatorios del mercado.

Para el análisis del mercado accionario se utiliza el índice de la Bolsa de Valores de Colombia, dado que este índice mide el comportamiento de los precios de los activos transados en la bolsa sin tener en cuenta los

dividendos. Para ello se toma como referencia el índice COLCAP, el cual condensa la fluctuación de las 20 acciones más líquidas del mercado colombiano.

En cuanto al tipo de cambio el cual representa la fuerza de la economía relacionada con otros países, se mide por el porcentaje de los cambios de moneda nacional por un dólar de los Estados Unidos, se utilizan las series del tipo de cambio publicadas por el Banco Central provenientes de la plataforma Bloomberg.

Por último, la tasa de interés a corto plazo, representada por la tasa de interés interbancaria overnight, la cual se aplica a las colocaciones o captaciones efectuadas en el mercado monetario de muy corto plazo, maneja periodos de vencimiento pautados de 24 horas y se toma como referencia con el fin de capturar la política monetaria interna.

La muestra está compuesta por datos diarios, teniendo en cuenta que, el análisis de riesgo sistémico se presenta como un fenómeno de corto plazo. El periodo contemplado es del 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2018[11].

En la figura 2, se presenta la evolución diaria del índice bursátil COLCAP en niveles para el periodo de la muestra. Como se evidencia, el índice tuvo una fuerte caída a partir del tercer trimestre de 2014, esto se debió a que la cotización de su principal activo para el momento (Ecopetrol S.A.) tuvo un fuerte impacto negativo en su mercado, pues, los precios internacionales del petróleo presentaron reducciones sustanciales y persistentes haciendo que tanto la economía real colombiana, como el mercado bursátil, tuviesen una marcada tendencias a la baja. Una vez absorbido dicho impacto, el mercado colombiano es estable.

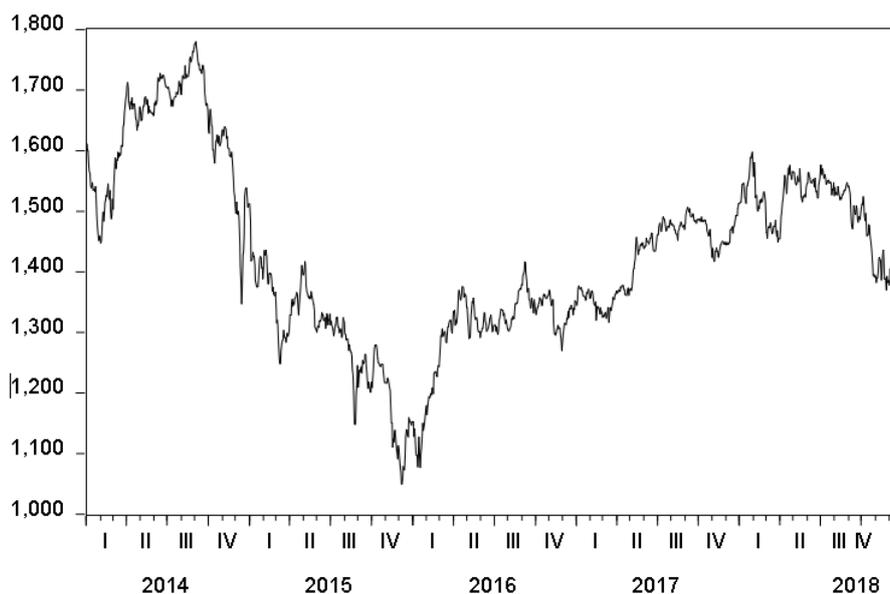


FIGURA 2  
Series en Niveles del Índice Bursátil COLCAP.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

En la figura 3, se presenta la serie de la tasa de interés interbancaria overnight para Colombia, en enero de 2008 comenzó a funcionar el Indicador Bancario de Referencia (IBR[12]).

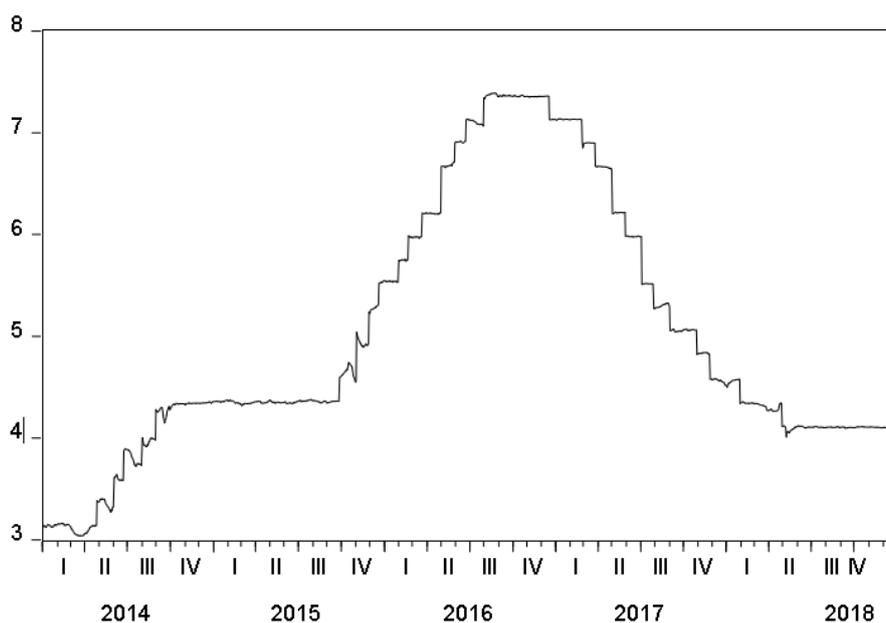


FIGURA 3  
Serie en niveles de la tasa de interés interbancaria.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

Este indicador tiene el objetivo de reflejar la liquidez del mercado monetario colombiano. De esta manera, como se observa durante el año 2016, la tasa de préstamos interbancarios fue en aumento, esto se corresponde a una política monetaria contractiva dado que se busca, elevar el costo de los créditos y a su vez mejorar los intereses de los depósitos, buscando reducir la liquidez del mercado monetario y con ello, controlar el proceso inflacionario que vivía el país por ese momento.

En la figura 4, se observa la evolución diaria en niveles del tipo de cambio del Peso con respecto al dólar estadounidense, para el periodo de referencia.

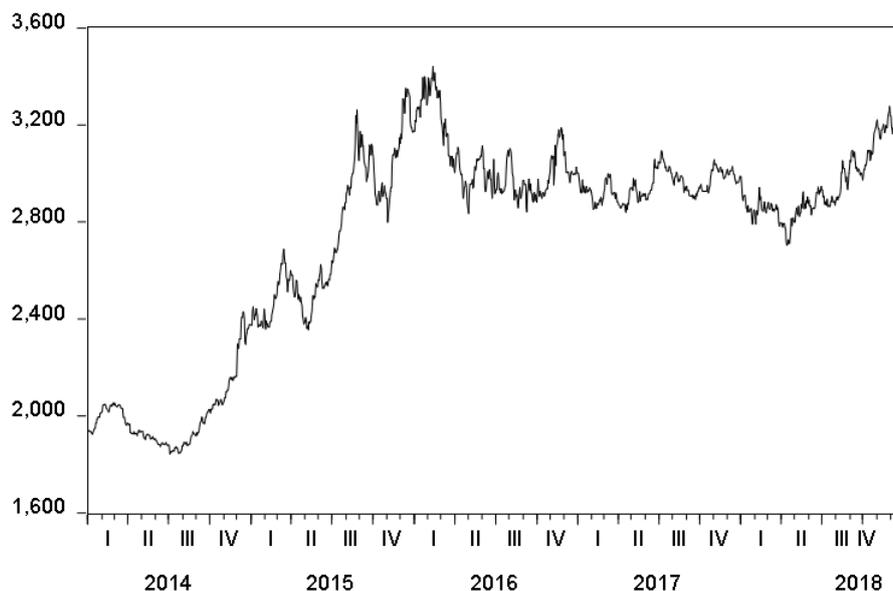


FIGURA 4

Serie en niveles del tipo de cambio frente al dólar.

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

En el gráfico se observa una nueva arremetida de depreciación de la divisa, partir del segundo trimestre de 2014 producto de la caída de las exportaciones<sup>12</sup> del país; adicionalmente, como se comentó anteriormente, el desplome de los precios del petróleo, causó un desbarajuste en los ingresos de la nación, dicho hueco fiscal fue cubierto con un proceso paulatino de devaluación del precio del dólar en Colombia, dicho proceso se mantiene durante todo el periodo de referencia.

## RESULTADOS

Se estima los modelos de varianza condicional expuestos anteriormente, conforme como lo sugerido, por Forbes y Rigobon (2000), teniendo en cuenta que las evaluaciones de contagio financiero con las pruebas tradicionales en presencia de heterocedasticidad pueden generar resultados sesgados a favor de contagio financiero.

Los resultados cumplen la condición necesaria para analizar correctamente los spreads de volatilidad entre los mercados, pues, los residuos no están serialmente correlacionados según los correlogramas calculados para todos los datos.

Respecto a la ecuación de la varianza condicional, los coeficientes de alfa ( $\alpha$ ) miden el grado de reacción a los golpes y los coeficientes betas ( $\beta$ ) capturan la persistencia de la volatilidad. Cabe aclarar que se realiza la estimación de los modelos para el periodo completo, y dividiendo los periodos en cada dos años, lo anterior se realiza teniendo en cuenta que, los procesos de contagio financiero se manifiestan en el corto plazo, con el fin de mejorar la capacidad de estimación de los modelos.

De esta manera en la tabla 1 se presentan las estimaciones de los modelos GARCH (1,1), para los mercados monetario, cambiario y bursátil.

De acuerdo a las estimaciones, el mercado monetario que representa la tasa de interés overnight, los parámetros alfas estimados poseen signo negativo, y no exhiben una marcada reacción. Las estimaciones muestran que no superan el 0,01, en valor absoluto, para ninguno de los periodos. Sin embargo, la persistencia en la volatilidad de estos mercados tiende a decrecer, lo que implica que los efectos de las crisis eventualmente tienden a desaparecer.

En el mercado cambiario, tomando como referencia el tipo de cambio Peso – Dólar, se observa que los coeficientes alfa, aumentan cuando se parte la serie de datos, esto significa que, durante el final del periodo hubo un aumento de la sensibilidad de reacción a los choques del mercado, dicho resultado, es coherente con la dinámica económica que se está experimentando en el país, puesto que, la fuerte caída de los precios del petróleo ha generado una fuerte devaluación de la moneda nacional frente a su par americano, generando que este mercado se convierta en un canal propicio para aumentar el riesgo sistémico del país. Paralelo a dicho fenómeno, la persistencia de volatilidad, tiende a decrecer con el paso del tiempo, dado que, estos fenómenos son de corto plazo. Teniendo principal impacto durante el comienzo de la devaluación, contrastado, con la pérdida de fuerza durante los últimos dos años.

Por otro lado, el mercado bursátil posee cambios interesantes en el marco de sus estimaciones, dado que, el coeficiente alfa, presenta cambios bruscos durante los periodos de estudio, lo cual demuestra que, este mercado es muy sensible a choques generados a largo plazo (periodo total), contrastado, con el análisis de corto plazo donde se evidencia que, durante el periodo de caída de los precios del petróleo se vio más impactado, durante el periodo 2016 – 2018 cuando el mercado ha absorbido los choques, el mercado es menos sensible, contrapuesto, la persistencia de volatilidad aumenta, lo cual permite inferir, mayores turbulencias en el corto plazo.

Por otra parte, haciendo un análisis vertical de los resultados se encuentra que los efectos de los choques son débiles, puesto que, ninguna estimación del parámetro alfa supera el 0.2, pero estos choques pueden generar consecuencias de larga duración.

**TABLA 1**  
**Aplicación del Modelo de Varianza Condicional.**

Periodo Total			
		Coeficiente	P-Valor
Tasa de Cambio	Constante	3.895357	0.00000
		0.036483	0.00000
		0.958144	0.00000
Tasa de Interés	Constante	0.000186	0.00000
		-0.007143	0.00000
		0.904321	0.00000
Indice Bursátil	Constante	6.188271	0.00000
		0.111864	0.00000
		0.843636	0.00000
Periodo de 2014 a 2016			
		Coeficiente	P-Valor
Tasa de Cambio	Constante	1.752841	0.00000
		0.012044	0.00000
		0.988166	0.00000
Tasa de Interés	Constante	0.00018	0.00000
		-0.00693	0.00000
		0.910448	0.00000
Indice Bursátil	Constante	11.38807	0.00010
		0.120373	0.00000
		0.807728	0.00000
Periodo de 2016 a 2018			
		Coeficiente	P-Valor
Tasa de Cambio	Constante	7.005989	0.00240
		0.051556	0.00000
		0.936447	0.00000
Tasa de Interés	Constante	0.001094	0.14750
		-0.012708	0.00000
		0.607898	0.02490
Indice Bursátil	Constante	2.848384	0.00050
		0.05692	0.00000
		0.91312	0.00000

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

## DISCUSIÓN

El estudio pretendió analizar los principales indicadores macro prudenciales del riesgo sistémico aplicados al mercado bursátil colombiano, que permita inferir con antelación la ocurrencia de fenómenos de crisis financiera, por lo cual se toma el análisis realizado por Ramírez y Martínez (2009) con modelaciones de tipo GARCH, debido a que, dichos modelos son adecuados en el estudio de la dinámica de los activos dentro los mercados bursátiles, lo que permitió determinar el contagio financiero.

La metodología propuesta, admitió ser coherentes con las concepciones teóricas que existen sobre el análisis del riesgo por la vía de contagio financiero, dicho lo anterior, el procedimiento aplicado para las pruebas de la transmisión de choques, se analizó los cambios del grado de reacción a los golpes y la persistencia de la volatilidad en diferentes temporalidades con el fin de permitir dar respuesta a la pregunta de investigación.

Dentro de la literatura relacionada con el tema, son muchos los estudios y los modelos implementados que han analizado el fenómeno del contagio durante diversos procesos de crisis financieras, haciendo uso de incomparables técnicas y metodologías econométricas que permitan el análisis de este fenómeno. Desde la perspectiva de Villar & Vaya (2004) y del enfoque de Melo y Rincón (2017), se consideró escoger solo uno

de los canales de contagio, por que hacer el abordaje de los 5 canales es sistémicamente muy complejo, es un análisis coyuntural supremamente amplio de manejo de variables y sería una contrastación total de la teoría de contagio financiero.

Es por este motivo, que el canal financiero es el canal en que las variables se pueden observar más fácilmente, es el canal que mantiene más flujo de información en el mercado y es el más robusto. Aunado a esto, el vínculo financiero une las dos economías, real producción de tangibles y financiera o mercado bursátil.

Para nuestro tema, el pronóstico es una parte importante, y a partir de las evidencias aportadas por Ramírez y Martínez (2009) a través de la modelación GARCH, se buscó pronosticar las variables económicas partiendo del abordaje del problema, con base en los canales del riesgo sistémico para determinar el posible canal de contagio. En efecto, dichos modelos son adecuados en el estudio de la dinámica de los activos dentro los mercados bursátiles, para determinar dispersión de las variables, es decir facilita la identificación de la volatilidad de las variables económicas y de esa manera la predicción del comportamiento; permitiendo, además, el análisis de factores para determinar lo que sucede en cada una de las economías.

De acuerdo con la afirmación de Uribe (2011) las barreras arancelarias y las demás determinantes de inversión de capitales pueden protegerla del contagio. En contraste los resultados indican que un proceso de liberalización de la economía, generaría la apertura de los canales de contagio financiero, aumentante los niveles de riesgo sistémico, y dando paso a la entrada de perturbaciones foráneas que posibiliten la transmisión de crisis al mercado nacional.

## CONCLUSIONES

La transmisión internacional de choques entre las economías, puede devenir en contagio financiero, si la reacción de los mercados financieros es muy sensible y no puede ser asociada al comportamiento de los fundamentales macroeconómicos de la economía.

La propagación y las consecuencias de dicho fenómeno financiero están asociadas a aumentos del riesgo sistémico de los mercados, generando que las aumente la probabilidad de perdida de las decisiones de los inversionistas internacionales, producto de asimetrías en la información relacionada con el país donde se ha invertido.

Los resultados también revelan que las sensibilidades a los choques varían de mercado a mercado, probablemente por diferencias en liquidez y el tipo de inversionistas que intervienen en los mercados, tanto real como bursátil.

Los hallazgos de este trabajo permiten inferir que, tomando como referencia la tasa de interés IBR, la tasa de cambio COP-USD y el índice COLCAP, permiten realizar un análisis integral el comportamiento de la economía colombiana, por lo cual se configuran como los indicadores macro prudenciales de referencia en el contexto de riesgo. El problema con esta afirmación de acuerdo a Uribe (2011) *“es que precisamente pueden ser las leyes que impiden que entren capitales externos las que posibilitan que no haya contagio”* (p. 53).

De esta manera, un proceso de liberalización de la economía, generaría la apertura de los canales de contagio financiero, aumentante los niveles de riesgo sistémico, y dando paso a la entrada de perturbaciones foráneas que posibiliten la transmisión de crisis al mercado nacional.

Si los mercados de activos están más abiertos y atraen enormes cantidades de capitales extranjeros, su sensibilidad a los golpes debe ser mayor en la medida que están más expuestos a los embates del mercado mundial. Es así como, según las cifras del Banco Mundial, la Capitalización en el mercado de las compañías que cotizan en la Bolsa de Valores de Colombia como porcentaje del PIB nacional pasó 35.7% en 2008 al 72.3% en 2017, lo cual, muestra una iniciativa del mercado para generar mayor apertura, la cual genere mayor crecimiento de la economía, pero a su vez se está abriendo la posibilidad de aumentar la exposición ante las crisis.

## REFERENCIAS

- Aloui, R., Aïssa, M.S.B., & Nguyen, D.K. (2011). Global Financial Crisis, Extreme Interdependences, and Contagion Effects: The Role of Economic Structure? *Journal of Banking & Finance*, 35(1), 130-141.
- Baig, T. & Goldfajn, I. (1999). Financial Market Contagion in the Asian Crisis. *IMF Staff Papers*, 46(2).
- Bernardi, B. (2005). El contagio financiero en países emergentes. *Pensamiento y gestión*, 19.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327
- Calvo, S. & Reinhart, C. (1996). Capital Flows to Latin America: Is There Evidence of Contagion Effects? *Policy Research Working Paper*, 1619.
- Carmona, F. (2014). *Un Ejemplo de ACP Paso a Paso*. Departament d'Estadística, Universitat de Barcelona, España.
- Castells, M. (1999). *Globalización, Identidad y Estado en América Latina*. PNUD.
- Concha, J., Berch, A. & García, D. (2011). Índice Elcano: Oportunidades y Riesgos Estratégicos Para La Economía Colombiana. *Estudios gerenciales*, 27(118).
- Eichengreen, B., Rose, A. & Wyplosz, C. (1996). Contagious Currency Crises. *NBER Working Paper*, 5681. <http://www.nber.org/papers/w5681.pdf>
- Engle, F.R. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity whit Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987- 1008.
- Forbes, K. & Rigobon, R. (1999). No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Co-movements. *NBER Working Paper*, 7267. <http://www.nber.org/papers/w7267.pdf>
- Forbes, K. & Rigobon, R. (2000). Contagion in Latin America: definitions, measurement and policy implications. *Working Paper*, 7885.
- Forbes, K. & Rigobon, R. (2001). Measuring Contagion: Conceptual and Empirical Issues. In S. Claessens y K. Forbes (eds.), *International Financial Contagion*, Kluwer Academic Publishers, pp.480.
- Fuentes, M. & Godoy, S. (2005). Sovereign spreads in emerging markets: a principal components análisis. *Documento de Trabajo*, 333, Banco Central de Chile.
- Gonzales, P., Díaz del Pascual, A., Torres, E. & Garnica, E. (1994). Una aplicación del análisis de componentes principales en el área educativa. *Revista Economía*, 9.
- Hamao, Y. Masulis, R. & Ng, V. (1990). Correlations in Price Changes and Volatility across International Stock Markets. *The Review of Financial Studies*, 3(2), 281- 307.
- Horta, P (2010). *Contagion Effects in the European Nyse Euronext Stock Markets in the Context of the 2010 Sovereign Debt Crisis, Portuguese Securities Market*. Commission CEFAGE-UE, Universidade de Évora.
- Horta, P., Mendes, C., & Vieira, I. (2010). Contagion Effects of the Subprime Crisis in the European NYSE Euronext Markets. *Portuguese Economic Journal*, 9(2), 115- 140.
- Kaminsky, G. & Reinhart, C. (1998). On Crises, Contagion, and Confusion. *Journal of International Economics*, 51(1), pp. 145-168.
- Kenourgios, D., Samitas, A., & Paltalidis, N. (2011). Financial Crises and Stock Market Contagion in a Multivariate Time-Varying Asymmetric Framework. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 21(1), 92-106.
- King, M. & Wadhvani, S. (1990). Transmission of volatility between stock market. *The Review of Financial Studies, National Bureau of Economic Research*, 3(1).
- Kuusk, A., Paas, T., & Viikmaa, K. (2011). Financial contagion of the 2008 crisis: is there any evidence of financial contagion from the US to the Baltic States. *Eastern Journal of European Studies*, 2.
- Longin, F. & Solnik, B. (1995). Is the Correlation in International Equity Returns Constant: 1960- 1990. *Journal of International Money and Finance*, 14(1), 3-26

- Marín, N. (2012). Evidencia de contagio financiero en los retornos de los índices accionarios DAX, DJIA e IGBC en la reciente crisis financiera: una aplicación a partir de modelos de cópula (93-123). En *Modelación y estrategias en finanzas*. Sello Editorial Universidad De Medellín.
- Milhoj, A. (1984). The moment structure of ARCH processes. *Research report, 94*. Institute of Statistics, University of Copenhagen.
- Peña, D. (2003). Componentes Principales. En *Análisis de Datos Multivariantes*. McGraw-Hill Interamericana.
- Ramírez, M. & Martínez, C. (2009). International propagation of shock: An evaluation of contagion effects for some Latin America countries. *Serie documentos de trabajo, 17*.
- Rigobon, R. (2002). *International Financial Contagion: Theory and Evidence in Evolution*. The Research Foundation of the Association for Investment Management and Research.
- Rigobon, R. (1999). On the Measurement of the International Propagation of Shocks. *NBER Working Paper, 7354*. <http://www.nber.org/papers/w7354.pdf>
- Rodríguez, J. (2007). Measuring Financial Contagion: A Copula Approach. *Journal of Empirical Finance, 14*(3), 401-423.
- Tai, C. (2007). Market Integration and Contagion in Asian Emerging Stock and Foreign Exchange Markets. *Emerging Markets Review, Elsevier, 8*(4).
- Uribe, J. (2011). Contagio financiero: una metodología para su evaluación mediante coeficientes de dependencia asintótica. *Lecturas de economía, 75*, 29-57.
- Vázquez, G. (2007). *La crisis del sistema monetario europeo (1992-1993): ¿crisis financiera o crisis de políticas de cooperación monetaria?* Universidad Complutense. <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/audesco/dt/wp0702.pdf>
- Villar, O. & Vaya, E. (2004). *Contagio financiero entre economías: un análisis exploratorio espacial*. <http://www.aecr.org/web/congresos/2004/pdf/104.pdf>
- Weiss, A. (1982). Asymptotic theory for ARCH models: Stability, estimation and testing.

## NOTAS

- 1 Artículo de investigación.
- 5 GARCH significa modelo autorregresivo generalizado condicional heterocedástico, del inglés, Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity.
- 6 La interdependencia se interpreta según Concha, Berch & García, (2011) como la intensidad de las relaciones bilaterales entre las economías.
- 7 Ver estudios como Eichengreen, Rose y Wyplosz (1996) y Kaminsky y Reinhart (1998).
- 8 Para ampliar el panorama frente al análisis con cópulas ver los estudios hechos por Rodríguez (2007), Horta, Mendes y Vieira (2010), Aloui, Aïssa y Nguyen (2011), y Kenourgios, Samitas y Paltalidis
- 9 Se ha estudiado las propiedades estadísticas de esta clase de los modelos en Weiss (1982) y de Milhoj (1984).
- 10 Según Bollerslev (1986) “Esto corresponde a una especie de mecanismo de aprendizaje adaptativo” (p.309).
- 11 En vacaciones y días no bancarios se incluyen los mismos datos registrados en la jornada anterior, para que no haya lagunas en las series de cada país.
- 12 El IBR es una tasa de interés de referencia de corto plazo denominada en pesos colombianos, que refleja el precio al que los bancos están dispuestos a ofrecer o a captar recursos en el mercado monetario.