



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA
del Estado de Chile

Semestral. Volumen 17, n.º 2, Diciembre 2023

REVISTA CHILENA DE ECONOMÍA Y SOCIEDAD

ARTÍCULOS

VOLATILIDAD IMPLÍCITA: APLICACIÓN EN EL MERCADO EMERGENTE DE BRASIL

Fabián González Ceriche | Diana López Avilés | Nicolás Tolosa Riveros

EL BTC: NUEVA ERA, ACTIVO DE RIESGO, TECNOLOGÍA, DESAFÍOS REGULATORIOS Y FUTURO

Luis A. Valenzuela Silva | Tomás A. Valenzuela Ríos

LA COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA DEL AMBIENTE DE NEGOCIOS DE CANADÁ, CHILE, CHINA, COLOMBIA, COREA DEL SUR, ESTADOS UNIDOS, FILIPINAS, INDONESIA, JAPÓN, MALASIA, MÉXICO Y PERÚ COMO ACTORES DE LA REGIÓN TRANSPACÍFICA, EN EL PERIODO 2010-2021, BASADA EN EL ANÁLISIS FACTORIAL DE CORRESPONDENCIAS

Montserrat A. Bravo

DETERMINANTES DE LA TASA DE INTERÉS SOBERANA DE LARGO PLAZO EN CHILE

María Carolina Contreras | Francisco Gallardo G

VOLATILIDAD IMPLÍCITA: APLICACIÓN EN EL MERCADO EMERGENTE DE BRASIL

Fabián González Ceriche*

Diana López Avilés**

Nicolás Tolosa Riveros***

RESUMEN

Esta investigación pretende determinar una medida capaz de detectar los cambios en la volatilidad en ciertos mercados emergentes de Latinoamérica, concretamente en Brasil. De esta manera, se utiliza un contrato de futuros sobre un índice bursátil (Bovespa), siendo la dispersión del precio un proxy de la volatilidad implícita futura del activo subyacente. Así los resultados demuestran que existe una correlación negativa con una significancia del 82% entre la volatilidad implícita del mercado y el índice Bovespa, indicando que la volatilidad es relevante para explicar los cambios en el precio del mercado de Brasil.

Palabras claves: volatilidad implícita, índice VIX, mercados emergentes

ABSTRACT

This research aims to determine a measure capable of detecting changes in volatility in emerging markets in Latin America, specifically in Brazil. For this, a futures contract on an index is used, where price dispersion is used as a proxy for the future implied volatility of the underlying asset. For the Brazilian market, the Bovespa index was used. As results, it is shown that there is a negative correlation with a significance of 82% between the implied volatility of the market and the Bovespa index, indicating that volatility is relevant to explain the changes in the Brazilian market price.

Key words: Implied volatility, VIX index, emerging markets

Códigos JEL: G1, G53

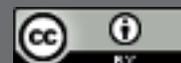
Fecha de recepción: 12 de octubre 2023

Fecha de aceptación: 19 de octubre 2023

* Ingeniero Comercial, Mención Economía, Universidad de Chile. Magíster en Finanzas, Universidad de Chile. Investigador independiente. Correo electrónico: fabian.r.gonzalez.c@gmail.com.

** Ingeniera Comercial, Mención Economía, Universidad de Chile. Magíster en Finanzas, Universidad de Chile. Académica del Departamento de Estadística y Econometría Universidad Tecnológica, Santiago de Chile. Correo electrónico: diana.lopez@utem.cl.

*** Estudiante de Ingeniería Comercial, Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile. Correo electrónico: nicolas.tolosar@utem.cl.



INTRODUCCIÓN

El índice de volatilidad VIX es un índice creado a partir de la volatilidad observada sobre el S&P500 (Standard and Poor's 500), el cual busca medir la volatilidad implícita del rendimiento de las 500 acciones con mayor presencia bursátil. La volatilidad determina cuánta es la variación de precios existente en el índice bursátil, lo cual puede ser utilizado como medición del riesgo, indicador que tiene gran valor para los inversionistas ya que es crucial para la toma de decisiones, evaluando claramente la exposición al riesgo que se someten, sobre todo en mercados más expuestos como son los emergentes ya que los inversores extranjeros pueden estar seguros del riesgo que pueden correr.

Gran parte de la actividad bursátil en los mercados emergentes ciertamente está dada por las empresas, de modo que es más inesperada la participación de personas naturales que afecten la volatilidad del mercado bajo condiciones normales en una economía sana. Dentro de los mercados bursátiles, los mercados emergentes difieren de los mercados desarrollados, ya que los inversionistas internacionales suelen buscar altos rendimientos asociados con los altos riesgos de inversión. Por ello, resulta relevante el estudio de los mercados emergentes y cómo están relacionados con la volatilidad, sobre todo de Brasil, que es una economía grande en Sudamérica.

Consideramos como países emergentes en Latinoamérica y el Caribe aquellos que se encuentran vigentes en el G20¹. Argentina no se tomará en cuenta para esta investigación debido a las fuertes variaciones de su mercado financiero producto de los eventos locales, y México tampoco debido a la disponibilidad de datos. El estudio pretende generar una medición capaz de detectar los cambios de la volatilidad de instrumentos financieros de futuros para mercados emergentes en Latinoamérica, concretamente para Brasil y demostrar si existe o no una relación entre la volatilidad implícita del mercado y el índice Bovespa.

MARCO TEÓRICO

Uno de los principales problemas del mercado bursátil es la fuerte dependencia que tiene sobre la confianza de los que operan en él. La incertidumbre que existe en cada inversión siempre ha planteado problemas y por consecuencia se han realizado diversos esfuerzos junto a un gran desarrollo en la materia. En la búsqueda de soluciones, contribuyentes a la ciencia financiera han intentado, en reiteradas ocasiones, realizar una medición del riesgo o, para efectos más prácticos, una estimación. Habitualmente, la medición del riesgo se realiza con la varianza de la rentabilidad del activo sobre una frecuencia determinada de tiempo; sin embargo, el riesgo es un proceso estocástico demasiado complejo, por lo que hasta el día de hoy se plantean interrogantes sobre si la varianza corresponde a una medida adecuada para el riesgo en el mercado bursátil. De acuerdo con Lizarburu (Lizarzaburu; Berggrun y Quispe, 2012, p. 98) los riesgos se pueden distinguir en distintos tipos, pueden ser el riesgo de mercado, el riesgo de liquidez, el riesgo de crédito, entre otros diferentes tipos de riesgo, de modo que se vuelve relevante entender o determinar cuál es el riesgo que se quiere mitigar, ya que no todos se pueden enfrentar de la misma manera.

El riesgo y la gestión financiera

La medición del riesgo es utilizada como una herramienta fundamental en la gestión financiera, principalmente en la gestión de las carteras de inversión. En 1952, Harry Markowitz plantea un modelo que muestra cómo se relaciona el riesgo y la rentabilidad esperada, de modo que cuando el inversionista debe decidir sobre su cartera de inversión no siempre se selecciona aquella que ofrece una mayor rentabilidad esperada junto a una menor varianza, sino que se debe tomar en cuenta la complementariedad que tiene junto a otras inversiones de acuerdo con la incertidumbre que se tiene en ese momento para lograr una frontera de inversión eficiente. De esto se desprenden dos impedimentos para realizar una gestión financiera

1. El G20 o Grupo de los 20 es un foro internacional constituido por países desarrollados y emergentes, donde se discuten temas financieros de relevancia mundial.

eficiente, primero, conocer la rentabilidad esperada de cada activo, segundo, conocer el riesgo asociado. Se tiene que considerar que el riesgo no es observable, de modo que se relaciona con la volatilidad del activo como la desviación estándar y/o la varianza .

En la práctica, la valorización de opciones y futuros utilizan esta volatilidad no observada, lo que hace necesario medirla, siendo uno de los mecanismos principales para la estimación de la variación futura de los activos.

La volatilidad implícita

Hull (2008) plantea que, de acuerdo con el modelo de Black-Scholes, el único parámetro que no puede ser observado directamente es la volatilidad del precio, por esto se define a la volatilidad implícita como la variación o fluctuación en el precio de un activo que es observado en el mercado. De acuerdo con otras definiciones, la volatilidad implícita corresponde a la medida y la frecuencia de las fluctuaciones del precio de un activo en el tiempo (Magweva; Munyimi y Mbudaya, 2021, p. 3). La medición de la volatilidad depende de que tan dispersos son los precios del activo medido en el mercado, de modo que, si hay una alta especulación sobre el activo por parte de los inversionistas, este tendrá una alta dispersión.

De esta manera, observar la volatilidad implícita es una herramienta que permite realizar estimaciones y especulaciones hacia el futuro; sin embargo, según Alfaro y Silva (2008) existen dos aspectos por considerar para el cálculo de esta, primero, se asume que el modelo Black-Scholes es válido y que por lo tanto el activo posee una volatilidad constante para el periodo de tiempo, segundo, la volatilidad implícita es una medida estocástica cuyos procesos son complejos, de modo que realizar una estrategia de cobertura es una tarea compleja.

El índice VIX

El Chicago Board Options Exchange (CBOE) fue pionero en la introducción de un índice de volatilidad en febrero de 1993, específicamente el Volatility Index (VIX), el que es calculado de acuerdo con la volatilidad de un conjunto de opciones sobre el S&P 500, además es el mayor indicador de volatilidad existente del mercado estadounidense. Sus usuarios solían ser principalmente inversionistas de países desarrollados; sin embargo, actualmente también es utilizada por inversionistas de países en vías de desarrollo, ya que entrega una aproximación de las expectativas que se tienen en el mercado bursátil.

Se pueden encontrar una amplia variedad de estudios relacionados con el índice de volatilidad VIX junto a indicadores que buscan comprender el comportamiento de la volatilidad del mercado bursátil, siendo información de relevancia para la negociación en el mercado bursátil. Además, también demuestran una correlación negativa entre el índice de volatilidad y el S&P 500; es decir, cuando existe una caída en los precios subyacentes del S&P 500 provoca un aumento marginal en el índice VIX, de modo que la inversión se torna más riesgosa.

Por otro lado, otras jurisdicciones han creado nuevos índices de volatilidad, replicando de alguna manera al VIX, como el VDAX alemán, el MVX canadiense o sobre otros instrumentos de derivados como el Nasdaq 100 (NDX). Es así como Morini Marrero estimó un índice de volatilidad sobre el IBEX35 a través de una metodología similar a la utilizada en el VIX sobre el S&P 100 antiguo, donde se verifica una fuerte correlación negativa entre el IBEX35 y S&P 100 (Morini Marrero y Rubio, 2004, p. 14).

A su vez, el mercado mexicano realizó un indicador para modelar los rendimientos bursátiles con el fin de analizar las expectativas de volatilidad o el riesgo, llevándolos a analizar la relación entre el IPC y el Vimex (México Volatility Index Level), de acuerdo con Mariné y Bribiesca (2017), donde se observa una correlación negativa cercana al 80% entre estas medidas, obte-

niendo como resultado coeficientes negativos sobre la base de la volatilidad implícita, de modo que demuestre el comportamiento asimétrico entre la volatilidad implícita y el rendimiento accionario.

Por su parte, İskenderoglu y Akdag (2020), demuestran que para diecinueve países pertenecientes al G20, nueve países desarrollados y diez en desarrollo, no existe una relación causal en países en desarrollo, no así en jurisdicciones desarrolladas, entre el VIX y los rendimientos de derivados sobre índices como Nasdaq 100, Bovespa, Merval, S&P/BMV IPC, BIST 100 y Tadawul. Por otro lado, cuando se relaciona la volatilidad y el riesgo soberano a través de su prima de riesgo o spread en mercados emergentes, como lo son Turquía, China, Rusia, Brasil y México, sus resultados confirman el comportamiento asimétrico entre la volatilidad y el rendimiento del activo, por medio del modelo Nardl (Nonlinear Autoregressive Distributed Lags) confirman la cointegración entre el VIX y las primas de riesgo sobre el riesgo soberano de los países en estudio (Yiğit y Aliyev, 2022).

Sin embargo, usualmente en mercados emergentes donde las opciones sobre un índice son prácticamente inexistentes para generar una medición de volatilidad similar al VIX se vuelve en cierta medida algo imposible, en consecuencia, el uso de futuros para crear una medición de volatilidad similar al VIX pretende responder a esta necesidad, ya que en general el mercado de futuros sobre índices es mucho más profundo en los países emergentes.

HIPÓTESIS

La hipótesis de este estudio se basa en que no existe una relación entre la volatilidad implícita del mercado y el índice Bovespa para Brasil.

Ho: Existe una relación entre la volatilidad implícita del mercado y el índice Bovespa para Brasil.

H1: No existe una relación entre la volatilidad implícita del mercado y el índice Bovespa para Brasil.

Para comprobar la hipótesis se realizará la estimación de la volatilidad implícita para el contrato de futuro iBovespa en el mercado de Brasil entre los periodos que va desde 12 de agosto de 2011 hasta 30 de noviembre de 2022 en frecuencia diaria. La volatilidad fue modelada a través de los modelos ARMA (Autoregressive Moving Average), desde donde se obtienen los rezagos relevantes para estimar la volatilidad.

METODOLOGÍA

Para realizar el cálculo de la volatilidad se crea una medida consistente en relación con la volatilidad del VIX; es decir, un instrumento capaz de detectar el comportamiento de la volatilidad, pero basada en contratos de futuros sobre un índice de mercado en vez de sobre opciones. De esta manera, se construye una medida basada en la ecuación de paridad Spot-Future, desde donde se obtiene un proxy de volatilidad implícita del activo subyacente proveniente del comportamiento del precio, que en este caso es el índice de mercado Bovespa para Brasil, que finalmente se aplica un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para evaluar la relación entre la volatilidad y el precio del índice. A través de la paridad Spot-Futures se calcula el precio de equilibrio de un contrato de futuros en el corto plazo, dado que se conoce el precio de expiración, quedando la siguiente expresión:

$$F(T_2) = F(T_1)(1 + r_f^t - d_f^t)^t \quad (1)$$

Donde $F(T_1)$ es el precio del futuro sobre el índice que expira en T_1 , y $F(T_2)$ es el precio para el mismo futuro, pero con un periodo de expiración en T_2 , luego r_f^t corresponde a la tasa libre de riesgo, compuesta para el periodo t que corresponde a la diferencia en las fechas de expiración $T_2 - T_1$, y finalmente d_f^t es la rentabilidad del dividendo durante el mismo periodo.

Se despeja $F(T_1)$ para ajustar el precio del contrato de futuros de más largo plazo para reflejar una fecha de expiración exactamente al final del mes de estimación; es decir, el precio de equilibrio del mercado implícito como garantía para una medida con un mes de anticipación.

Tras ajustar los precios de los contratos de futuros, la estimación de la volatilidad implícita del índice utiliza el riesgo base de los contratos de futuro. El riesgo base, b , es la diferencia entre los precios del contrato de futuro, F , y el precio del activo subyacente, S , en cualquier momento del tiempo. El riesgo base es la varianza del activo, que queda expresada de la siguiente manera:

$$\sigma^2(b) = \sigma^2(F - S) = \sigma^2(F) + \sigma^2(S) - 2cov(F, S) \quad (2)$$

Además, se puede expresar el precio del activo futuro como,

$$F = S(1 + r_f - d) \quad (3)$$

se reemplaza la ecuación (3) en la (2),

$$\sigma^2(F) = \sigma^2(S)(1 + r_f - d)^2 \quad (4)$$

por lo tanto,

$$\sigma^2(b) = \sigma^2(S)(1 + r_f - d)^2 + \sigma^2(S) - 2cov(F, S) \quad (5)$$

$$\sigma^2(b) = \sigma^2(S)(1 + (1 + r_f - d)^2) - 2cov(F, S) \quad (6)$$

y finalmente,

$$\sigma^2(S) = \frac{\sigma^2(b) + 2cov(F, S)}{(1 + (1 + r_f - d)^2)} \quad (7)$$

Donde $\sigma^2(S)$ es la volatilidad implícita con un mes de anticipación del índice, la cual es estimada utilizando un contrato único de futuro.

Para obtener la volatilidad se cuentan con los precios al cierre de los contratos de futuro sobre un índice para el mercado de Brasil. De acuerdo con la disponibilidad de datos, se utilizaron datos diarios del precio del índice Bovespa y futuros iBovespa desde el 12 de octubre de 2011 hasta el 30 de noviembre de 2022, respecto de la tasa libre de riesgo se utilizaron las tasas de bonos de tesorería a diez años y la rentabilidad por dividendos para el índice Bovespa. Todos los datos fueron obtenidos del sitio web Investing.com.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

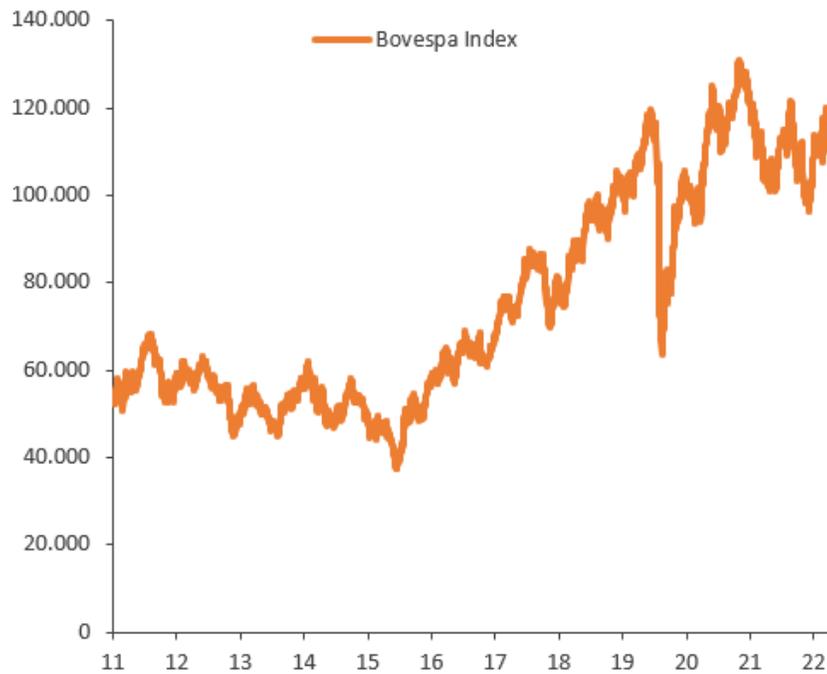
En primer lugar, se calcula la volatilidad implícita del mercado de Brasil de acuerdo con la metodología señalada, construyendo una serie de tiempo de la volatilidad implícita del índice Bovespa.

Gráfico 1. Índice Bovespa 2011-2022

(Valor, frecuencia diaria)

Gráfico 1

Índice Bovespa
(valor diario)



Fuente: Elaboración propia en base a la información de Investing.

Fuente: elaboración propia con base en la información de Investing.

Gráfico 2. Volatilidad implícita del índice Bovespa 2011-2022

(Valor, frecuencia diaria)

Gráfico 2
Volatilidad Bovespa Index
(valor diario)



Fuente: Elaboración propia en base a la información de Investing.

Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de Investing.

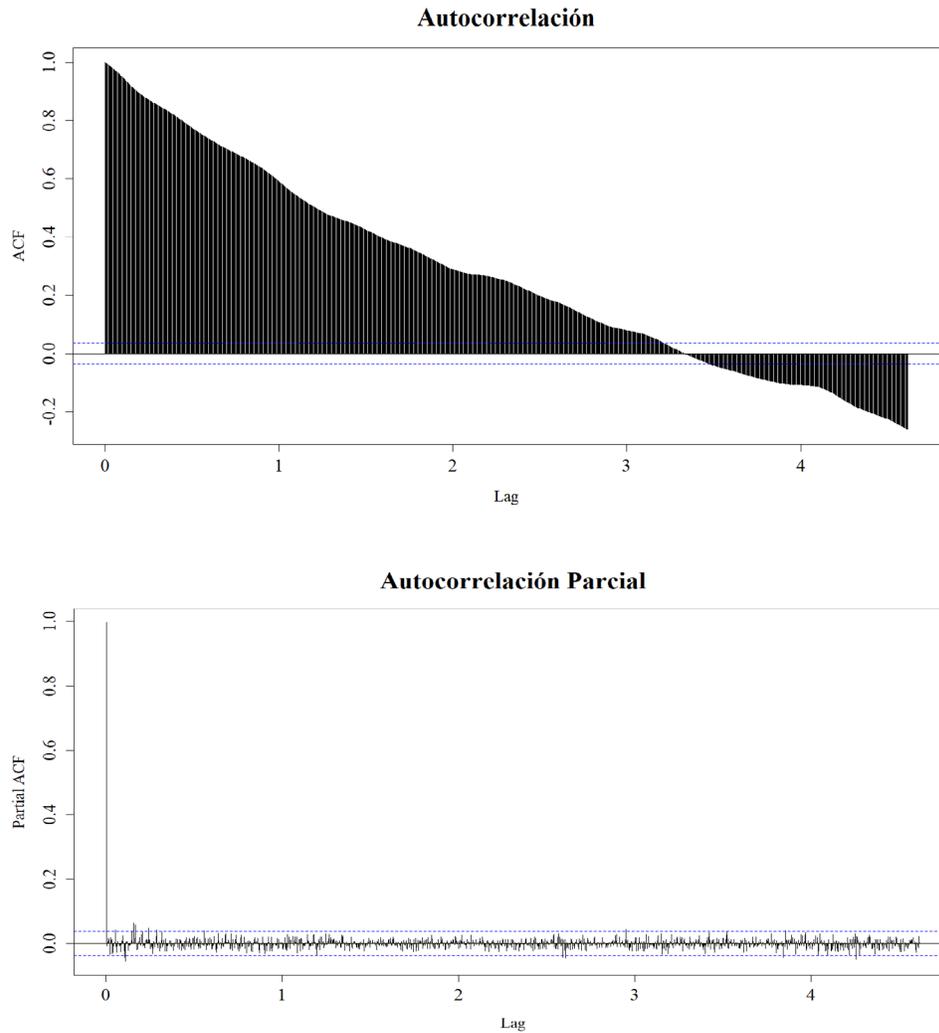
De la comparación de la volatilidad con el índice Bovespa se observa una notoria caída en el precio del índice Bovespa durante el año 2020 por efectos de la pandemia y la incertidumbre que existía en el mercado bursátil. Por su parte la volatilidad alcanza un peak en este mismo año, que hasta la actualidad no se ha vuelto ver; sin embargo, no es comparable con los años 2016 y 2018 (Gráfico 1).

A estas series se les aplica un análisis de correlogramas para evaluar qué tipo de estructura temporal poseen, obteniendo como resultado que la volatilidad se comporta como un ARMA (0,1) (Gráfico 3), lo que no impide

que se puedan evaluar otras estructuras construidas de este mismo origen, como se verá más adelante.

De acuerdo con los resultados del modelo, la estructura ARMA (0,1) es adecuada para evaluar el comportamiento de la volatilidad de la serie, lo que permite aplicar el modelo MCO para determinar la relación entre volatilidad y precio. A su vez, se muestran los resultados para las estructuras ARMA (0,2) y ARMA (0,3) (Tabla 1).

Gráfico 3. Autocorrelación simple acumulada y autocorrelación parcial de la volatilidad implícita



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Modelos ARMA para la volatilidad implícita

	ARMA		
	ARMA(0,1)	ARMA(0,2)	ARMA(0,3)
φ_1	0,966802*** (0,003585)	1,530982*** (0,009755)	1,937603*** (0,015504)
φ_2		0,884521*** (0,008173)	1,803619*** (0,015504)
φ_3			0,778421*** (0,009709)
Constant	75752,354247*** (475,847226)	75931,88561*** (501,42423)	75938,655993*** (524,186583)
Sigma^2	167578219	61373828	27205572
AIC	61147,74	58329,2	56046,72

Nota: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01. En paréntesis el error estándar.
 Fuente: elaboración propia.

De esta manera se comprueba la relación negativa entre la volatilidad (signo negativo de la volatilidad) y el precio con un 82% de robustez (Tabla 2), lo que coincide con la revisión de la literatura.

Tabla 2. Resultados MCO, relación entre volatilidad implícita y precio

MCO	
Dependent variable: Precio Bovespa	
Volatilidad	-6956,554*** (60,296)
Constant	140825,500*** (596,679)
Observations	2808
R2	0,826
Adjusted R2	0,826
Residual Std. Error	10436,7 (df=2806)
F Statistic	13311,19*** (df= 1;2806)

Nota: *p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01. En paréntesis el error estándar.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El estudio aplica una metodología capaz de capturar los cambios en la volatilidad utilizando datos diarios del índice Bovespa y un contrato de futuro sobre el mismo índice, la información utilizada está en frecuencia diaria cubriendo los periodos entre el 12 de agosto de 2011 hasta el 30 de noviembre de 2022.

Adicionalmente, se muestra que la volatilidad tiene un comportamiento ARMA (0,1), y que al igual que en la experiencia internacional, se corrobora que existe una correlación negativa y significativa entre la volatilidad implícita del mercado y la variación del precio del índice Bovespa con un 82% de robustez.

Finalmente, en términos de trabajos futuros, se pretende estimar una medida de volatilidad basada en Parkinson (1980). Además de ampliar esta investigación a otros países de Sudamérica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo, D.; Agudelo, D. A. y Peláez, J. (2018). Determinantes y pronóstico de la actividad bursátil del mercado accionario colombiano. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 23(44), 4-28. Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/jefas-06-2017-0068>.

Alfaro, R. A. y Silva, C. G. (2008). Volatilidad de Índices Accionarios: el caso del IPSA. *Cuadernos de Economía*, 45(132). Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/s0717-68212008000200003>.

Gürsoy, S. (2019). Investigation of the Relationship Between VIX Index and BRICS Countries Stock Markets: An Econometric Application. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(2), 397-413. Recuperado de: <https://doi.org/10.31200/makuubd.735380>.

Hull, J. (2008). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. México: Pearson.

Investing.com. (2007-2023). *Stock Market Quotes & Financial News*. Recuperado de: <https://www.investing.com> [última visita: 2 de diciembre de 2022].

İskenderoglu, M. y Akdag, S. (2020). Comparison of the Effect of Vix Fear Index on Stock Exchange Indices of Developed and Developing Countries: the G20 Case. *Southeast European Journal of Economics and Business*, 15(1), 105-121. Recuperado de: <https://doi.org/10.2478/jeb-2020-0009>.

Lizarzaburu, E. R.; Berggrun, L. y Quispe, J. (2012). Gestión de riesgos financieros. Experiencia en un banco latinoamericano. *Estudios Gerenciales*, 28(125), 96-103. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(12\)70012-8](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(12)70012-8).

Magweva, M. R.; Munyimi, M. M. y Mbudaya, M. J. (2021). Futures trading and the underlying stock volatility: A case of the FTSE/JSE TOP 40. *International Journal of Finance*, 6(1), 1-16. Recuperado de: <https://doi.org/10.47941/ijf.510>.

Mariné Osorio, F. J. y Bribiesca Aguirre, J. C. (1 de junio de 2017). Efectos de la volatilidad implícita sobre las empresas con mayor bursatilidad del mercado mexicano de valores. *The Anáhuac Journal*, 17(1). Recuperado de: https://publicaciones.anahuac.mx/the_anahuac_journal/article/view/103.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77. Recuperado de: <https://doi.org/10.2307/2975974>.

Morini Marrero, S. y Rubio, J. G. (2 de febrero de 2004). El índice VIX para la predicción de la volatilidad: un estudio internacional. Recuperado de: <https://ideas.repec.org/p/can/series/2004-10.html>.

Yiğit, F. y Aliyev, F. (2022). The Relationship Between Volatility and Sovereign Credit Risk in the Emerging Markets: A Nonlinear ARDL Approach. *Ege Akademik Bakis (Ege Academic Review)*, 49-58. Recuperado de: <https://doi.org/10.21121/eab.1064521>.



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
METROPOLITANA
del Estado de Chile



EDICIONES UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA METROPOLITANA

ISSN: 0718-3933 (formato impreso)
ISSN: 0719-0891 (formato on-line)