



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL

La volatilidad implícita en el mercado emergente de Brasil

Gonzáles Ceriche, Fabián¹

López Avilés, Diana²

Tolosa Riveros, Nicolás³

Santiago – Chile
2022

¹ Ingeniero Comercial, Mención Economía, Universidad de Chile. Magíster en Finanzas en la Universidad de Chile.

² Ingeniera Comercial, Mención Economía, Universidad de Chile. Magíster en Finanzas en la Universidad de Chile.

³ Estudiante de Ingeniería Comercial, Universidad Tecnológica Metropolitana.

Índice

Resumen	2
Abstract	2
Marco teórico	4
El riesgo y la gestión financiera	5
La volatilidad implícita	6
El índice VIX	7
Hipótesis	9
Metodología	10
Análisis y resultados	13
Conclusiones	16
Referencias	17
Anexos	19

Resumen

Esta investigación pretende determinar una medida capaz de detectar los cambios en la volatilidad en mercados emergentes de Latinoamérica, concretamente en Brasil. Para esto se utiliza un contrato de futuros sobre un índice, en donde se utiliza la dispersión del precio como proxy de la volatilidad implícita futura del activo subyacente. Para el mercado de Brasil se utilizó el índice BOVESPA. Como resultados se demuestra 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 Clave: 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.

Keywords: Implied volatility, VIX index, emerging markets.

Introducción

El índice de volatilidad VIX es un índice creado a partir de la volatilidad observada sobre el S&P500, el cual busca medir la volatilidad implícita del rendimiento de las 500 acciones con mayor presencia bursátil. La volatilidad determina cuánto es la variación de precios existente en el índice bursátil, lo cual puede ser utilizado como medición del riesgo. La medición del riesgo tiene un gran valor para los inversionistas y es crucial para los mercados 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 instituciones, 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.

Consideramos como países emergentes en Latinoamérica y el Caribe aquellos que se encuentran vigentes en el G20⁴. Argentina no se tomará en cuenta para esta

⁴ 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.

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 a (Lizarzaburu et al., 2012, p. 98) los riesgos se pueden distinguir en distintos tipos, estos riesgos 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 solo 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 a 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 eficiente. Primero, conocer la rentabilidad esperada de cada activo y como segundo impedimento el conocer el riesgo. Se tiene que considerar que el riesgo no es observable, de modo que se relaciona con la volatilidad del activo como la desviación estándar σ y/o la varianza σ^2 .

Actualmente, 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

J. Hull y Carrión (2008) plantean que de acuerdo al 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 a otras definiciones, la volatilidad implícita corresponde a la medida y la frecuencia de las fluctuaciones del precio de un activo en el tiempo (Magweva et al., 2021, p. 3). La medición de la volatilidad depende de qué tan dispersos son los precios del activo medido en el mercado, de modo que, si existe una alta dispersión, es porque el activo tiene alta especulación por parte de inversionistas, lo que hace volátil el precio del activo. De forma contraria, si la dispersión es baja el mercado espera que el precio sea estable o poco volátil.

Conocer la volatilidad implícita es una herramienta que nos permite realizar estimaciones y especulaciones al futuro, sin embargo, según Alfaro y Silva (2008) existen dos aspectos a 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 ardua.

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 índice VIX es calculado de acuerdo a 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.

También existen una gran variedad de estudios que 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. Además de demostrar la relación existente entre el índice VIX y el S&P 500, diversos estudios se han centrado en la creación de nuevos índices de volatilidad de manera similar al VIX como puede ser el VDAX alemán, el MVX canadiense o sobre otros instrumentos de derivados como el NASDAQ 100 (NDX).

En la investigación de Marrero se ha recreado 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 (Marrero, 2004, p. 14).

En investigaciones más recientes, respecto a otros mercados en vías de desarrollo como el mercado mexicano se realizó un indicador para modelar los rendimientos bursátiles con el fin de analizar las expectativas de volatilidad o el riesgo. Primeramente, de acuerdo a Osorio se analizó la relación entre el IPC y el VIMEX (México Volatility Index Level) donde se observa una correlación negativa cercana al 80%, teniendo que todos los coeficientes resultaron ser negativos al ser calculadas con base a la volatilidad implícita, de modo que demuestra el comportamiento asimétrico entre la volatilidad implícita y el rendimiento accionario.

Respecto a la relación causal que puede existir entre el VIX y los rendimientos de derivados sobre índices, de acuerdo a la investigación de İskenderoglu & Akdag, donde de 19 países pertenecientes al G20, en el que se analizan 9 países desarrollados y 10 en desarrollo, sus resultados confirman una correlación negativa con los retornos de los rendimientos, además demuestran que no existe una relación causal entre el VIX y los índices NASDAQ 100, BOVESPA, Merval, S&P/BMV IPC, BIST 100 y TADAWUL, además de que la relación causal tiende a ser encontrada en países desarrollados en comparación a los países en desarrollo (İskenderoglu & Akdag, 2020).

Finalmente, en estudios donde se relaciona la volatilidad y el riesgo soberano a través de su prima de riesgo o spread en mercados emergentes como son Turquía, China, Rusia, Brasil y México. Sus resultados confirman el comportamiento asimétrico entre la volatilidad y el rendimiento del activo, también a través del uso de un 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.

Sin embargo, usualmente en mercados emergentes donde las opciones sobre un índice o instrumentos derivados sobre índices son prácticamente inexistentes para generar una medición de volatilidad similar al VIX se vuelve en cierta medida algo imposible. Como alternativa al uso de opciones es que el uso de futuros para crear una medición de volatilidad similar al VIX se vuelve interesante, ya que suele existir un desarrollo un poco más amplio en el mercado de futuros sobre índice para los mercados 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.

H0: No existe una relación entre la volatilidad implícita del mercado y el índice BOVESPA para Brasil.

H1: 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 para un periodo que va desde 12 de agosto de 2011 hasta 30 de noviembre de 2022. Dicha estimación será modelada a través de un modelo autorregresivo e identificado de acuerdo a su correlograma acumulado y su correlograma parcial con el fin de obtener un grado de significancia.

Metodología

Para realizar el cálculo de la volatilidad se crea una medida consistente en relación a la medida de volatilidad VIX, es decir un instrumento capaz de detectar los cambios en la volatilidad, pero basada en contratos de futuros sobre un índice de mercado en vez de sobre opciones. Como propuesta para construir esta medida se pretende aplicar la fórmula de paridad spot-futures para utilizar la dispersión del precio como proxy de la volatilidad implícita futura del activo subyacente, el cual en este caso es el índice de mercado BOVESPA para Brasil.

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, para esto se utiliza 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 por 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 dado. El riesgo base es la varianza de la serie de tiempo del riesgo base. Sin embargo, utilizando fórmulas simples de la varianza podemos extender el riesgo base de la siguiente manera:

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

también tenemos que,

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

entonces se reemplaza la ecuación (3) en la ecuación (4),

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

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,

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

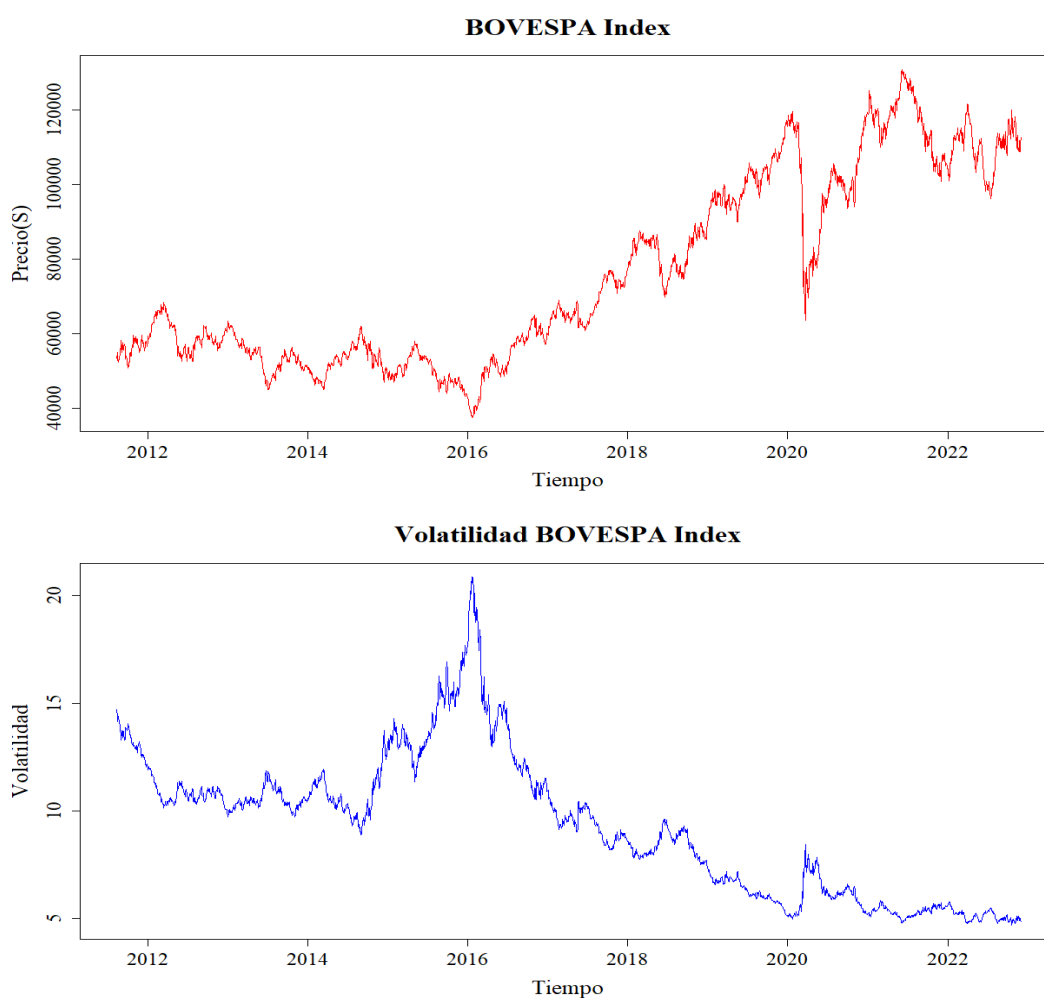
Donde $\sigma^2(S)$ es entonces la volatilidad implícita con un mes de anticipación del índice, la cual es estimada utilizando un contrato único de futuro.

Para calcular la volatilidad se utilizó una serie de tiempo de los precios al cierre de los contratos de futuro sobre un índice para el mercado de Brasil. De acuerdo a la disponibilidad de datos, se utilizaron datos diarios del precio del índice BOVESPA y futuros iBOVESPA desde el 12 de octubre del 2011 hasta el 30 de noviembre de 2022, para la tasa libre de riesgo se utilizaron las tasas de bonos de tesorería a 10 años y finalmente la rentabilidad por dividendos para el BOVESPA. Todos los datos fueron obtenidos del sitio web Investing.com.

Análisis y resultados

Dentro del análisis en primer lugar se calcula la volatilidad implícita del mercado de Brasil de acuerdo a los datos obtenidos, con la cual se puede obtener una serie de tiempo de la volatilidad implícita del índice BOVESPA.

Gráfico 1. Índice BOVESPA y volatilidad implícita del índice BOVESPA.



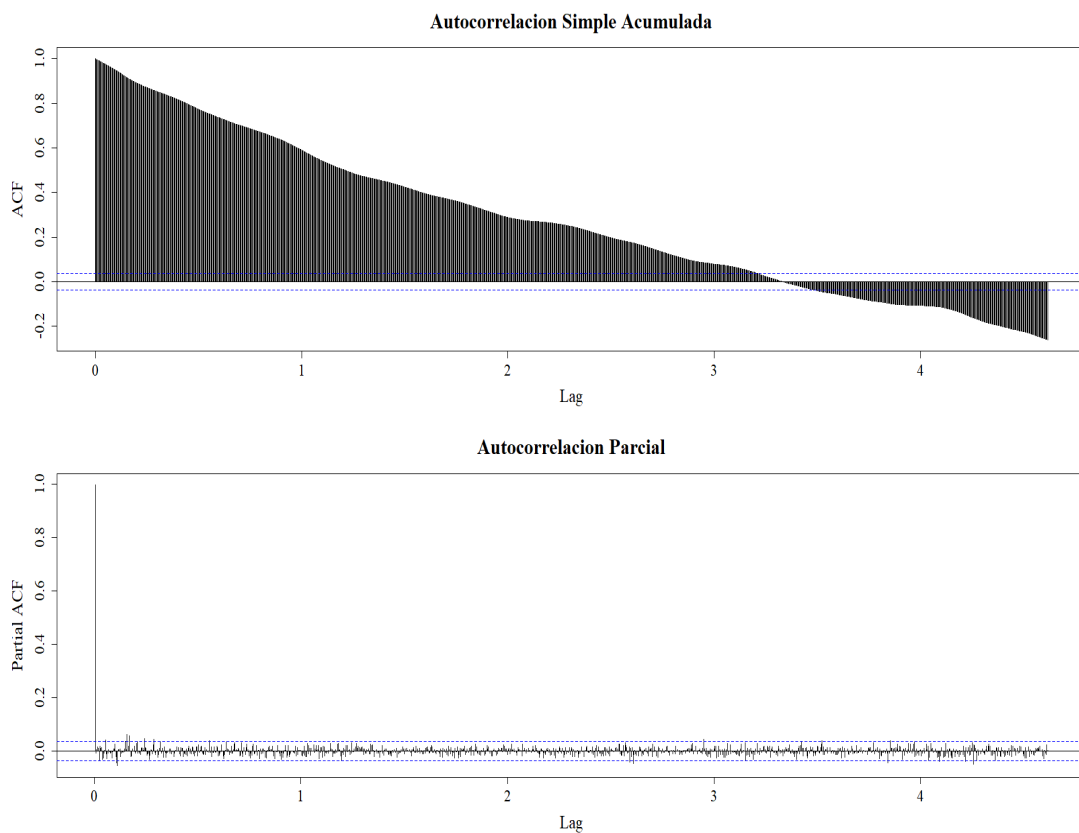
Fuente: Elaboración propia.

De la comparación de la volatilidad con el índice BOVESPA se observa cómo sufrió una fuerte caída en el precio el índice BOVESPA durante el año 2020 por efectos

de la pandemia y otras especulaciones, a su vez para el mismo periodo es posible apreciar un cambio notable en la volatilidad.

Luego, con un modelo de autocorrelación sobre la serie de tiempo de la volatilidad se genera un análisis de correlogramas para ver el comportamiento de esta serie, que se mueve como $ARMA(0,1)$.

Gráfico 2. Autocorrelación simple acumulada y autocorrelación parcial de la volatilidad implícita.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados del modelo ARMA (0,1) se obtiene que el modelo es robusto al 82%⁵, es decir que el modelo es capaz de capturar significativamente los cambios en la volatilidad. También es posible apreciar a través del análisis de los coeficientes el signo negativo de la volatilidad, demostrando que existe una correlación negativa que coincide con la revisión de la literatura, confirmando la relación asimétrica entre la variación del precio y la volatilidad. Sin embargo, hay que comprender que el modelo se genera para capturar los cambios en la volatilidad y no para buscar todos los factores determinantes del índice.

Adicionalmente, además de generar el modelo ARMA(0,1) fueron generados dos modelos comparativos, el modelo ARMA(0,2) y el modelo ARMA(0,3) donde es posible apreciar a través de la comparación del AIC⁶ que el modelo ARMA(0,3) posee el menor valor, por lo tanto corresponde a un mejor modelo.

Gráfico 3. Modelo MCO y comparación de modelos ARMA(0,1), ARMA(0,2), ARMA(0,3).

MCO		ARMA					
Dependent variable:	close	ARMA(0,1)		ARMA(0,2)		ARMA(0,3)	
volatilidad	-6956,554*** (60,296)	φ_1	0,966802*** (0,003585)	φ_1	1,530982*** (0,009755)	φ_1	1,937603*** (0,015504)
Constant	140825,500*** (596,679)	Constant	75752,354247*** (475,847226)	φ_2	0,884521*** (0,008173)	φ_2	1,803619*** (0,01554)
				Constant	75931,885617*** (501,42423)	φ_3	0,778421*** (0,009709)
				Constant	75938,655993*** (524,186583)		
Observations	2808	Sigma^2	167578219	Sigma^2	61373828	Sigma^2	27205572
R2	0,826	AIC	61147,74	AIC	58329,2	AIC	56046,72
Adjusted R2	0,826						
Residual Std. Error	10436,700 (df = 2806)						
F Statistic	13311,190*** (df = 1; 2806)						
Note:	*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01						

Fuente: Elaboración propia.

⁵ R cuadrado ajustado

⁶ Criterio de información de Akaike

Conclusiones

A través del presente análisis se crea una metodología para generar un índice capaz de capturar los cambios en la volatilidad utilizando datos diarios del índice BOVESPA y un contrato de futuro sobre el mismo índice, para lo cual se utilizó la información diaria del precio al cierre durante un periodo que abarca desde el 12 de agosto de 2011 hasta el 30 de noviembre de 2022. Adicionalmente, a través de un análisis del modelo ARMA (0,1) se observa que el modelo es significativo al 82% de modo que captura significativamente los cambios en la volatilidad, también es posible apreciar que sí existe una correlación negativa entre la volatilidad implícita del mercado y el precio del índice BOVESPA.

Dentro de la literatura se puede destacar que de utilizar información intradía para calcular la volatilidad tendría un impacto positivo en la eficiencia, de tal modo que se vuelven más relevantes los cambios al corto plazo, con el fin de realizar predicciones más acertadas en el futuro utilizando la volatilidad implícita.

Finalmente, en futuros estudios se podría ampliar el cálculo de la volatilidad implícita para otros mercados emergentes en Latinoamérica como el mercado mexicano o incluso desarrollarse en otros mercados emergentes de diferentes continentes.

Referencias

- Agudelo, D., Agudelo, D. A. & 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. <https://doi.org/10.1108/jefas-06-2017-0068>
- Alfaro, R. A. & Silva, C. G. (2008). Volatilidad de Indices Accionarios: El caso del IPSA. *Cuadernos de economía*, 45(132). <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. <https://doi.org/10.31200/makuubd.735380>
- Hull, J. & Carrión, M. Á. S. (2008). *Introducción a los mercados de futuros y opciones*. Pearson (México).
- Investing.com. (s. f.-b). Investing.com - Stock Market Quotes & Financial News. Recuperado 2 de diciembre de 2022, de <https://www.investing.com>
- İskenderoglu, M. & Akdag, S. (2020). Comparison of the Effect of Vix Fear Index on Stock Exchange Indices of Developed and Developing Countries: the G20 Case. *South East European Journal of Economics and Business*, 15(1), 105-121. <https://doi.org/10.2478/jeb-2020-0009>
- Lizarzaburu, E. R., Berggrun, L. & Quispe, J. (2012). Gestión de riesgos financieros. Experiencia en un banco latinoamericano1. *Estudios Gerenciales*, 28(125), 96-103. [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. & 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. <https://doi.org/10.47941/ijf.510>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Marrero, M. S. R. G. J. &. (2004, 2 febrero). *El índice VIX para la predicción de la volatilidad: un estudio internacional*. <https://ideas.repec.org/p/can/series/2004-10.html>
- Osorio, F. J. M. (2017, 1 junio). *Efectos de la volatilidad implícita sobre las empresas con mayor bursatilidad del mercado mexicano de valores / The Anáhuac Journal*. https://publicaciones.anahuac.mx/the_anahuac_journal/article/view/103
- YİĞİT, F. & ALİYEV, 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. <https://doi.org/10.21121/eab.1064521>

Anexos

Gráfico 1. Índice BOVESPA y volatilidad implícita del índice BOVESPA.

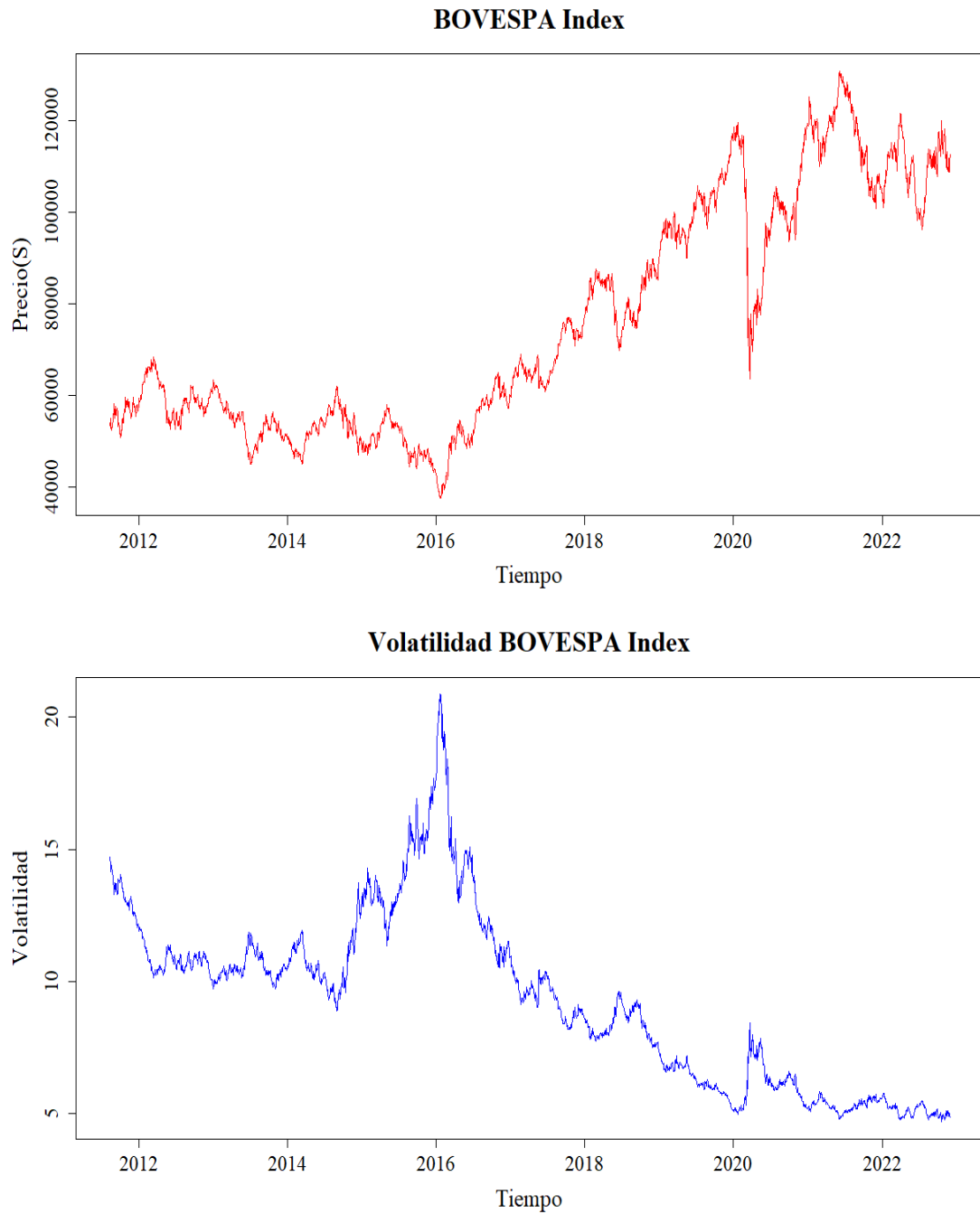


Gráfico 2. Autocorrelación simple acumulada y autocorrelación parcial de la volatilidad implícita.

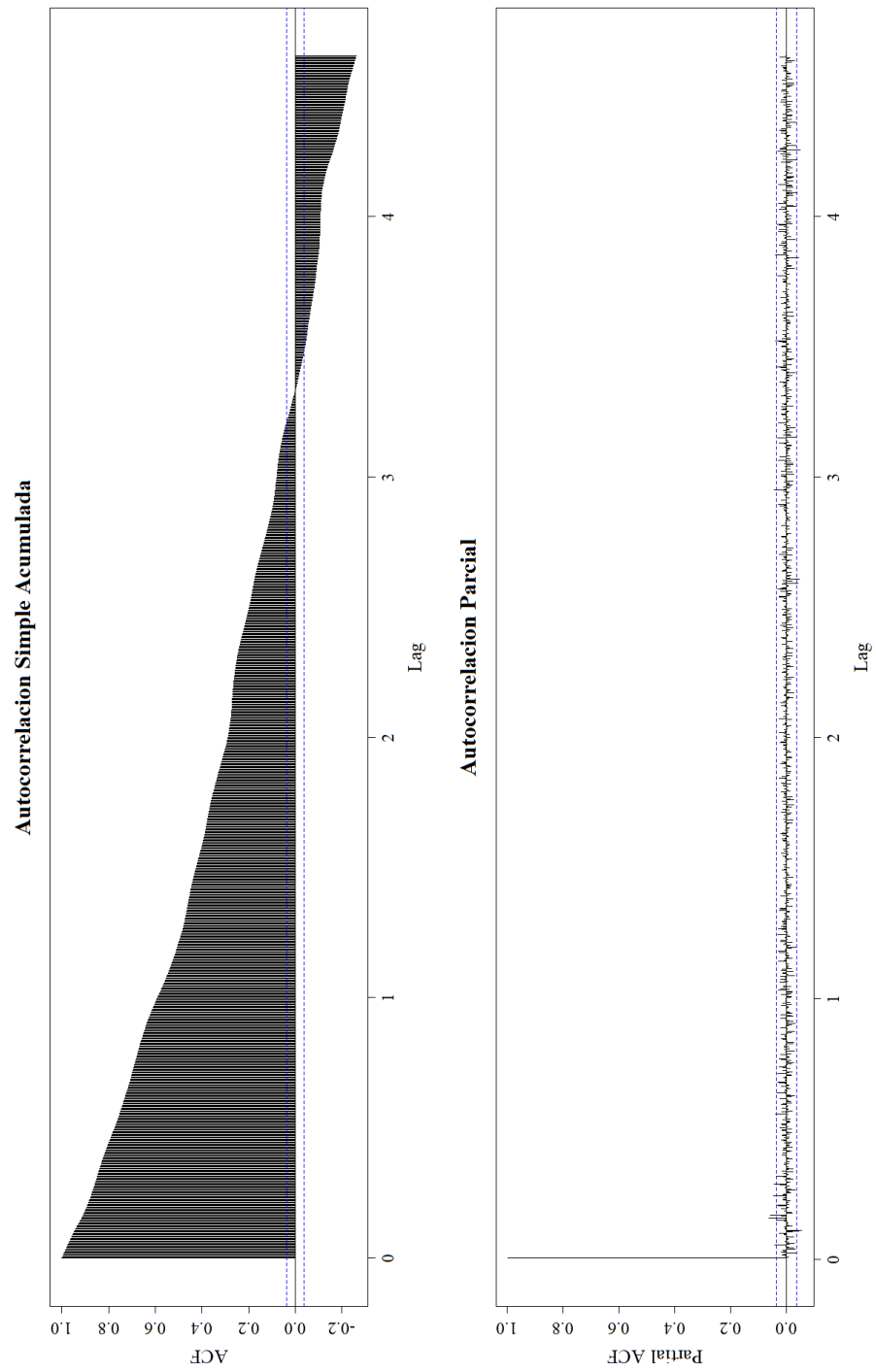


Gráfico 3. Modelo MCO y comparación de modelos ARMA(0,1), ARMA(0,2), ARMA(0,3).

MCO		ARMA		
Dependent variable:		ARMA(0,1)	ARMA(0,2)	ARMA(0,3)
volatilidad	close	φ_1	φ_1	φ_1
	-6956,554*** (60,296)	0,966802*** (0,003585)	1,530982*** (0,009755)	1,937603*** (0,015504)
Constant	140825,500*** (596,679)	Constant	φ_2	φ_2
		75752,354247*** (475,847226)	0,884521*** (0,008173)	1,803619*** (0,01554)
			Constant	φ_3
			75931,885617*** (501,42423)	0,778421*** (0,009709)
				Constant
				75938,655993*** (524,186583)
Observations	2808	Sigma^2	Sigma^2	Sigma^2
R2	0,826	AIC	AIC	AIC
Adjusted R2	0,826		61373828	27205572
Residual Std. Error	10436,700 (df = 2806)		58329,2	56046,72
F Statistic	13311,190*** (df = 1; 2806)			
Note:	*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01			