



## IV. Impacto y evolución del COVID-19 en los mercados accionarios de USA hacia los principales mercados latinoamericanos

**David Conaly Martínez Vázquez**<sup>1</sup> *Universidad de la Sierra Sur*

**Christian Bucio Pacheco**<sup>2</sup> *Universidad Autónoma del Estado de México*

### Introducción

Ante la actual propagación del COVID-19, así como las medidas de contención que las economías han tomado, la economía mundial ha caído en unas de las recesiones más severas y complejas de toda la historia. Todos los sectores se han visto afectados y la recuperación no será pronto, pasaran varios años para que la actividad económica retome los niveles que tenía antes de la pandemia. Ante esta situación, es imprescindible analizar cuál ha sido el nivel de respuesta ante lo que ha sucedido, es un hecho que los gobiernos y la sociedad deben aprender a convivir con este virus, pero cada día se generan avances y nuevos desarrollos en el combate a esta crisis sanitaria. Por esa razón, el enfoque y las políticas de los gobiernos para retomar la relativa “normalidad”, deben ser evaluadas para mejorar el desempeño de las economías, las empresas y en general de la sociedad.

La hipótesis principal de esta investigación es que, debido a la aparición de nuevas variantes de esta enfermedad, así como a los desarrollos científicos, hallazgos y medidas tomadas en los países desarrollados, existe un fenómeno de contagio financiero de estas economías hacia los países en desarrollo. Particularmente, en lo que respecta al continente americano, vía el mercado estadounidense hacía tres de las principales economías latinoamericanas: México, Brasil y Argentina. Y con base en estos avances y evolución de la pandemia, como el inicio de las campañas

1 David Conaly Martínez Vázquez es profesor investigador de la Universidad de la Sierra Sur (UNSI) adscrito al Instituto de Estudios Municipales. Es doctor en Economía por el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y maestro en Economía por la UNAM.

2 Christian Bucio Pacheco es profesor de la Unidad Académica Profesional Huehuetoca (UAPH) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). Es doctor en Economía por el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM y es maestro en Economía por la UNAM. Es Coordinador de la Licenciatura en Actuaría en la Unidad Académica Profesional Huehuetoca de la Universidad Autónoma del Estado de México.

de vacunación, esto sirve para identificar cuáles son las políticas o fenómenos en el mercado financiero que han tenido un mayor impacto en un contexto internacional.

El objetivo es analizar el grado de variabilidad en la dependencia de tres de los principales mercados Latinoamericanos, México (IPC), Brasil (Bovespa) y Argentina (Merval), frente a los movimientos del S&P 500, considerado uno de los índices más representativos de la situación del mercado bursátil en Estados Unidos (USA, por sus siglas en inglés), antes y después del inicio de la pandemia; así como de las campañas de vacunación. Se contrastan cópulas elípticas y metodologías tradicionales de correlación para medir este fenómeno, considerando el período de análisis del 02 de agosto del 2018 al 20 de agosto de 2021.

El análisis cuantitativo comienza con la segmentación del periodo de estudio en cuatro. Un periodo pre-crisis, crisis, y de este último, el periodo de crisis antes de la vacunación y la crisis posterior a la misma. Se estiman los estadísticos tradicionales para medir la correlación durante los intervalos mencionados; como el coeficiente de correlación de Pearson, el coeficiente de correlación de rango de Kendall (tau de Kendall) y el coeficiente de correlación de Spearman (rho de Spearman). Una vez determinado lo anterior, se comparan con los parámetros de dependencia de las cópulas Normal y t-Student, así como los estadísticos específicos de correlación de rango vía dichas cópulas. Además, se hace un análisis de dependencia de cola durante todos esos lapsos de tiempo. Por último, una vez estimado el parámetro de las cópulas se hacen 1000 simulaciones de cada etapa, para observar gráficamente los cambios en la fuerza de asociación entre los índices a lo largo del devenir de la pandemia.

El desarrollo de la presente investigación está organizado de la siguiente forma, posterior a la introducción se hace una revisión de la literatura sobre las afectaciones económicas y financieras debido al COVID-19 en los mercados bursátiles y los principales modelos matemáticos para medir este fenómeno. La tercera sección desarrolla la metodología utilizada, así como las bondades de la teoría de cópulas frente a las técnicas tradicionales para el cálculo de correlación, en la cuarta sección se muestra la evidencia empírica y por último las conclusiones.

## Marco teórico

La integración económica es una tendencia creciente en toda la economía mundial. Un periodo de prosperidad en un país atrae dinero del exterior, de igual forma las crisis están interconectadas, pero las formas en que estas se transmiten son muy diversas.



Una consideración general sobre las crisis financieras es que todas inician de manera local y posteriormente los daños se van propagando a las economías con las que este país o región tiene algún tipo de relación. Este fenómeno de “propagación” de las afectaciones o mejor conocido como “contagio” ha sido estudiado desde tiempo atrás en la economía. No obstante, su aparición oficial en la literatura económica no fue sino hasta mediados de la década de los noventa cuando se observó de manera directa este fenómeno en Argentina, tras el colapso económico de México.

Dasgupta (2004) señala que existen varias vías de transmisión del contagio, sin embargo, dos de las explicaciones más comunes son las siguientes: La primera postula que la información adversa que precipita una crisis en una institución también implica información adversa sobre la otra. Lo anterior ha quedado evidenciado en varias crisis a lo largo de la historia, pero el ejemplo más claro pudo observarse en la crisis de 1994 de México, a pesar de que los efectos directos del contagio en la economía argentina se debieron a la devaluación del peso mexicano sobre los mercados de capital de Argentina. Los inversionistas después de este suceso se vieron escépticos en la inversión en economías latinoamericanas. De esta forma, se pierde la confianza y hay fuga de capitales en la región, lo cual tiene repercusiones en todos los sectores económicos. El segundo tipo de explicación surge por el hecho de que las instituciones financieras están vinculadas entre sí a través de los mercados financieros internacionales. La globalización y el avance tecnológico han generado que puedan presentarse operaciones de compra y venta de activos en diferentes mercados sin importar la lejanía, la moneda o los horarios. Es evidente que esta explicación muestra y se deriva de la internacionalización de los mercados financieros, como se observó en la crisis *Subprime* de USA, la cual se transmitió por medio de los mercados financieros internacionales; el producto de alto riesgo se creó y empaquetó para ser comercializado al mejor postor, lo cual contagió a diversas economías que habían adquirido las obligaciones garantizadas por deuda o colateralizadas mediante deuda (en inglés *Collateralized Debt Obligation* o CDO) por medio de inversionistas institucionales.

En términos económicos, el concepto de contagio financiero se refiere a la transmisión de alteraciones tanto positivas como negativas de una economía hacia otra. Y en las diferentes crisis económicas que ocurrieron a lo algo del siglo XX existe evidencia que hubo afectaciones de forma directa o indirecta en otras economías. Sin embargo, la crisis sanitaria, social y económica ocasionada por el COVID-19 ha tenido una estructura diferente, así como las consecuencias que de ella se derivan. Se ha desarrollado mucha literatura sobre el fenómeno del COVID-19 en la eco-



nomía y los mercados financieros. A este respecto, Alqaralleh, Canepa y Zanetti (2020), utilizan un enfoque GARCH cópula para analizar el efecto contagio financiero durante la pandemia, utilizando como variable reflejante al S&P 500 y su incidencia en seis mercados bursátiles internacionales, la evidencia empírica demuestra que existe una mayor correlación en este periodo de volatilidad. Freire y Mancheno (2020) hacen un análisis descriptivo y cuantitativo de los factores que han influido en el sector económico y comercial, debido a la pandemia mundial, así mismo aplican una encuesta a una muestra de 384 personas para analizar el cambio de comportamiento durante la pandemia y adaptabilidad en un contexto digital, utilizan el coeficiente de correlación de Pearson, obteniendo una correlación de 97% puesto que la pandemia obligó a todos a innovar y adaptarse tecnológicamente por trabajo, estudios y otras necesidades. Juárez (2021), utiliza un modelo determinista y otro aleatorio (simulación Montecarlo) para determinar la forma de transmisión de la pandemia del sector salud al sector financiero. Rodríguez, Gurrola y López (2021), utilizan cópulas bivariadas de Clayton con regímenes conducidos por cambios markovianos para analizar la estructura de dependencia de las principales economías latinoamericanas, México, Brasil y Argentina, en periodos de crisis del siglo XX y del COVID-19. A partir de estos, se encontraron patrones distintos de dependencia que sugieren que los mercados de Brasil y México son más dependientes que el argentino. Hanif, Mensi y Vinh (2021), analizan por medio de varias familias de cópulas, el grado de contagio financiero entre el mercado de USA a través del índice S&P 500 y el mercado bursátil en China representado por el CSI 300. Dentro de sus hallazgos muestran que existe variabilidad en la dependencia de cola en los sectores que componen dicho índice. Luo, Liu y Wang (2021) utilizan modelos EMD-Copula-CoVa, y una muestra de nueve mercados para demostrar el contagio del riesgo financiero multiescala a lo largo del periodo de tiempo entre enero de 1999 a mayo de 2021. Zorgati y Garfatta (2021) estudian el grado de proximidad espacial y su relevancia en el contagio financiero durante el COVID-19, mediante correlación local y regresiones polinómicas, analizan el nivel de contagio en grupos de países geográficamente cercanos y distantes. Demuestran que el contagio espacial existe entre China y economías geográficamente distantes. Gurrola, Rodríguez y López (2021), analizan la relación entre MILA y el S&P 500 para demostrar si el comienzo de la pandemia por COVID-19 y el contexto internacional modificaron la dinámica de su nivel de conectividad. Usando la metodología propuesta por Diebold y Yilmaz estiman y estudian los índices de spillovers, a los mercados de USA y del Mercado Integrado Latinoamericano.



Por otra parte, Muñoz y Gálvez (2021) hacen un análisis similar al propuesto en esta investigación, al medir el nivel de contagio financiero entre USA y los mercados de Chile, Perú, Colombia, México y Brasil, utilizando el modelo DCC-GARCH, durante el periodo de tiempo del 01 de enero del 2015 al 15 de diciembre del 2020, demostrando que durante dicho lapso hubo un aumento significativo en las correlaciones de los mercados latinoamericanos y estadounidenses. Así mismo prueban que las DCC dependen de la volatilidad del mercado de Estados Unidos. No obstante, la diferencia sustancial con la presente investigación radica en dos aspectos, en primer lugar, en el presente artículo se analiza el nivel de correlación de los mercados latinoamericanos al inicio de la campaña de vacunación (haciendo una división categórica de los periodos previos a la crisis, y en crisis, siendo este último nuevamente segmentado en un periodo de crisis previo a la vacunación y otro periodo de crisis ya con vacunación, a partir del 14 de diciembre del 2020 al 20 de agosto del 2021). Lo anterior demostrará la efectividad de las campañas de vacunación en la estabilización de la economía y la incidencia de estas políticas en los mercados financieros. En segundo lugar, y vinculado al punto anterior, la segmentación de la línea de tiempo se realiza para poder evidenciar de una forma más refinada el nivel de correlación previo al inicio de la crisis del COVID-19 de los mercados latinoamericanos con el de USA y posterior a este periodo (que es el actual, ya que, aunque hay evidencia de una lenta recuperación económica en todas las economías, aún hay secuelas económicas que se están viviendo).

Es vasta la literatura científica que analiza el fenómeno del COVID-19 en la economía en un contexto internacional, así como las consecuencias y afectaciones en distintos campos. Por esa razón, uno de los principales aportes teóricos de la presente investigación radica en analizar el grado de respuesta de los principales mercados financieros a las campañas de vacunación, a través del contagio financiero hacia tres de las principales economías latinoamericanas con respecto a los avances y desarrollo del mercado en USA.

## Metodología

En economía, y de manera general en todas las ciencias sociales, es común analizar el impacto del movimiento de una variable con respecto a otra, debido a que existen fenómenos altamente relacionados o correlacionados y otros completamente independientes. Este término de correlación es ampliamente analizado en la literatura financiera, a través de diversos modelos. No obstante, en muchas ocasiones no es utilizado de manera correcta, puesto que cada modelo se sustenta en supuestos y si



estos no se cumplen, así sea la expresión matemática más sofisticada, se generarían resultados espurios.

El término más utilizado y conocido para medir la relación lineal entre dos variables es el coeficiente de correlación de Pearson, este estadístico supone linealidad en el comportamiento de asociación de las variables, homocedasticidad y la no ocurrencia de valores atípicos, todos estos supuestos son poco comunes en series financieras. Su forma de cálculo es:

*Correlación de Pearson*

$$\rho = \frac{\text{Covarianza}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

El valor que puede tomar dicho estadístico se encuentra entre  $-1$  y  $1$ , donde a mayor cercanía de rho al 1, implicaría una relación positiva lineal perfecta, y por el contrario, al valor  $-1$  una relación inversamente proporcional. Un inconveniente es que  $0$ , no implica necesariamente independencia, ya que puede existir otra forma de correspondencia y no ser capturada por este estadístico.

Otros métodos de correlación tradicionales son los coeficientes de correlación por rangos: el coeficiente de correlación por rangos tau (de Kendall) y el coeficiente de correlación por rangos rho ( $\rho$ ) de Spearman, ambos coeficientes miden el grado de relación monótona entre las variables, en el caso de estos estadísticos los supuestos principales son que los pares de observaciones son independientes, el análisis entre los pares de variables debe ser en una escala de intervalo, y como se menciona líneas más arriba la relación debe ser siempre igual o monótona. Su forma de cálculo es la siguiente:

*Tau (de Kendall)*

$$\tau = \frac{\text{número de pares concordantes} - \text{número de pares discordantes}}{\frac{n(n-1)}{2}} \quad (2)$$

donde  $n$  es el número de pares y  $-1 \leq \tau \leq 1$ .

*Rho ( $\rho$ ) de Spearman*

Este estadístico utiliza los mismos supuestos que la tau de Kendall.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (\text{Rango}_{xi} - \text{Rango}_{yi})^2}{n(n^2-1)} \quad (3)$$

donde la rho resultante se encuentra entre  $-1$  y  $1$ .



## Teoría de Cópulas

Considerando las limitaciones de las técnicas tradicionales para medir el nivel de asociación, se propone la teoría de cópulas para el análisis de correlación en series financieras. Sklar (1959), establece las propiedades y cualidades de las funciones cópula,

### Teorema de Sklar

Considere una función de distribución n-dimensional con marginales continuas, existe una única n-cópula,  $C:[0,1]^n \rightarrow [0,1]$ , tal que:

$$F(X_1, \dots, X_n) = C(F_1(X_1), \dots, F_n(X_n)) \quad (4)$$

Por tanto, la función cópula “C”, une las marginales para generar una función de distribución multivariada.

En el presente artículo nos centraremos en la familia de cópulas elípticas, debido a que son comúnmente utilizadas para el análisis de dependencia de series financieras, y a cópulas bivariadas, puesto que nos interesa analizar el grado de asociación de los movimientos de tres de los principales mercados accionarios latinoamericanos frente al S&P 500 de manera particular. Para un análisis más detallado de la estructura de las familias de cópula, así como del método de Pseudo-Máxima Verosimilitud que fue el utilizado para la estimación de parámetros y las pruebas de bondad de ajuste que se utilizaron, Akaike Information Criterion (AIC) y la Bayesian Information Criterion (BIC), consúltese Nelsen (2007) y Hofert, Kojadinovic, Mächler y Yan (2019).

## Resultados

Se seleccionaron los precios de cierre del índice financiero S&P 500 (USA), que fue la variable reflejante de la evolución del COVID-19, y las políticas de vacunación, así como tres de los principales índices bursátiles latinoamericanos: IPC (México), Bovespa (Brasil) y Merval (Argentina), dentro del periodo del 02 de agosto de 2018 al 20 de agosto del 2021. Lo anterior por dos razones, en primer lugar, dado que estas tres economías son las más grandes en América Latina y en segundo lugar, por su nivel de asociación comercial<sup>3</sup>. A partir de esto, se dividió la información en 4 segmentos para su análisis, *pre-crisis* (02/08/2018 al 31/12/2019), *crisis* (02/01/2020 al 20/08/2021), y el último segmento, que se dividió en *crisis-previo a la vacuna-*

<sup>3</sup> USA es el principal socio comercial de México.

USA y China son los principales socios comerciales de Brasil.

Brasil es el principal socio comercial de Argentina, seguido por USA y China.



*ción* (02/01/2020 al 11/12/2020) y *crisis posterior a la vacunación* (14/12/2020-20/08/2021). Se calcularon los rendimientos logarítmicos de las observaciones y las estadísticas descriptivas básicas, esto último para justificar la necesidad de implementar metodologías alternativas para medir la correlación, como la teoría de cópulas (que a diferencia de las técnicas tradicionales no se sustenta en supuestos de linealidad de las variables).

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas del IPC, Bovespa y Merval**

Periodo previo a la crisis (02/08/2018 al 31/12/2019)			
	<i>PRE_IPC</i>	<i>PRE_Bovespa</i>	<i>PRE_Merval</i>
<b>Media</b>	-0.000345681	0.001103687	0.001094231
<b>Desviación estándar</b>	0.010225485	0.012871477	0.037601533
<b>Varianza de la muestra</b>	0.000104561	0.000165675	0.001413875
<b>Curtosis</b>	4.615364366	0.621322931	77.72695892
<b>Asimetría</b>	-0.670098717	-0.071047022	-6.096581586
<b>Rango</b>	0.093544405	0.082783147	0.574233974
<b>Cuenta</b>	345	338	335
Periodo de crisis (02/01/2020 al 20/08/2021)			
	<i>CR_IPC</i>	<i>CR_Bovespa</i>	<i>CRI_Merval</i>
<b>Media</b>	0.00041244	5.16504E-05	0.001255346
<b>Desviación estándar</b>	0.013649303	0.023876374	0.028813423
<b>Varianza de la muestra</b>	0.000186303	0.000570081	0.000830213
<b>Curtosis</b>	2.693366783	14.10145504	4.95097506
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.513387923	-1.545900507	-0.742383833
<b>Rango</b>	0.113820296	0.290153076	0.254020888
<b>Cuenta</b>	403	399	388
Periodo de crisis previo a la vacunación (02/01/2020 al 11/12/2020)			
	<i>PV_IPC</i>	<i>PV_Bovespa</i>	<i>PV_Merval</i>
<b>Media</b>	7.02132E-06	-1.923E-05	0.001137223
<b>Desviación estándar</b>	0.016042133	0.029464992	0.034853058
<b>Varianza de la muestra</b>	0.00025735	0.000868186	0.001214736
<b>Curtosis</b>	1.888781456	9.648259325	3.337459935
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.467069658	-1.371151935	-0.72765738
<b>Rango</b>	0.113820296	0.290153076	0.254020888
<b>Cuenta</b>	233	233	225



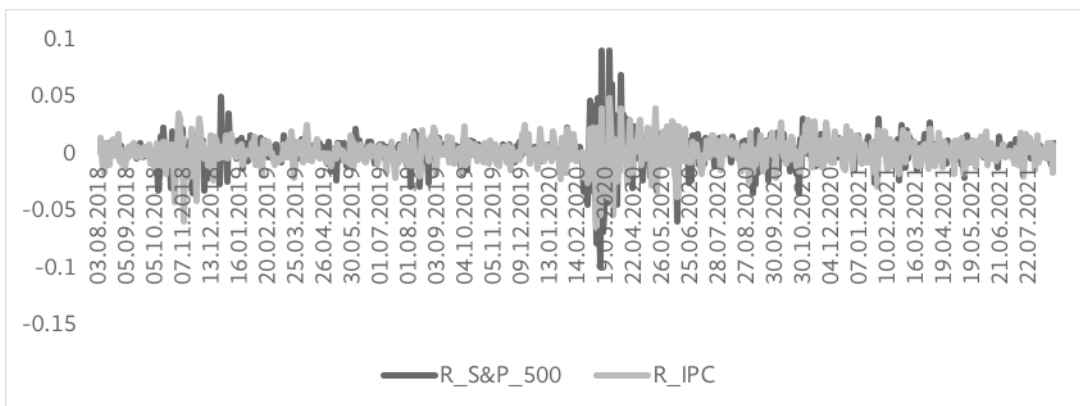


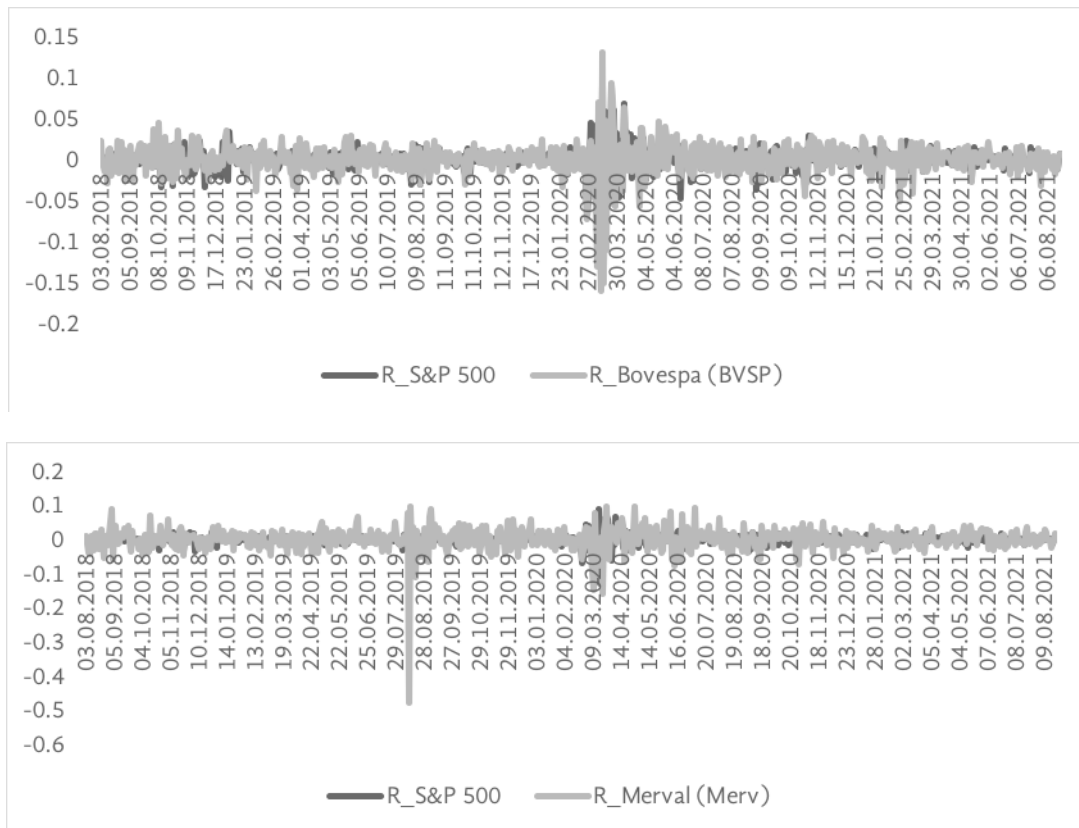
Periodo de crisis posterior a la vacunación (14/12/2020-20/08/2021)			
	V_IPC	V_Bovespa	V_Merval
	0.000968102	0.000151139	0.001418399
<b>Desviación estándar</b>	0.00945184	0.012424417	0.017424317
<b>Varianza de la muestra</b>	8.93373E-05	0.000154366	0.000303607
<b>Curtosis</b>	0.057088561	1.592335906	-0.371412679
<b>Coefficiente de asimetría</b>	-0.221612468	-0.735099637	0.088099134
<b>Rango</b>	0.052782222	0.07710158	0.084069447
<b>Cuenta</b>	170	166	163

Fuente: elaboración propia.

Una vez analizados los estadísticos descriptivos de los cuatro periodos de tiempo, se puede observar que, en todos los casos, hay un comportamiento disímil al normal, en particular en la asimetría (la mayoría presentan asimetría negativa) y curtosis. De igual forma, otra de las razones por las cuales se segmentó la información es que, a lo largo del periodo de estudio, se presentan clusters de la volatilidad. La fragmentación de la línea de tiempo en segmentos nos daría una aproximación más nítida al efecto de las políticas de los gobiernos relacionadas con las campañas de vacunación y la apertura de las actividades económicas. En USA el inicio de la campaña de vacunación ocurrió el 14 de diciembre del 2020, en México el 24 de diciembre del 2020, el 29 de diciembre del 2020 en Argentina y el 17 de enero del 2021 en Brasil.

Gráfico 1. Rendimientos R\_S&P\_500 vs R\_IPC





Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 1, se observa que en las tres economías se presentó un periodo de alta volatilidad de febrero del 2020 a mayo del mismo año, como resultado de la incertidumbre y los desequilibrios provocados por los movimientos en los mercados financieros. Sin embargo, existe diferente nivel de reacción dependiendo del mercado, pero en general en los tres casos se presenta un comportamiento similar en ese periodo y a partir de las campañas de vacunación.

En la tabla siguiente se presentan los estadísticos calculados a partir de la división de periodos, en todos los casos hubo un aumento de la correlación de los mercados latinoamericanos, en el periodo de crisis en comparación con la etapa previa. No obstante, es interesante observar que de igual forma hubo una reducción a partir del inicio de la campaña de vacunación en USA y México.



Tabla 2. Correlación tradicional S&amp;P 500 vs IPC, Bovespa y Merval

Periodo previo a la crisis (02/08/2018 al 31/12/2019)			
	<i>Rho de Pearson</i>	<i>Tau de Kendall</i>	<i>Rho de Spearman</i>
R_S&P_500 vs R_IPC	0.367657	0.2847321	0.4091813
R_S&P_500 vs R_Bovespa	0.4191449	0.2631819	0.3780663
R_S&P_500 vs R_Merval	0.2834421	0.2255966	0.3381408
Periodo de crisis (02/01/2020 al 20/08/2021)			
	<i>Rho de Pearson</i>	<i>Tau de Kendall</i>	<i>Rho de Spearman</i>
R_S&P_500 vs R_IPC	0.6659676	0.3442465	0.4833662
R_S&P_500 vs R_Bovespa	0.8014823	0.4510145	0.6146475
R_S&P_500 vs R_Merval	0.465761	0.2412158	0.3455306
Periodo de crisis previo a la vacunación (02/01/2020 al 11/12/2020)			
	<i>Rho de Pearson</i>	<i>Tau de Kendall</i>	<i>Rho de Spearman</i>
R_S&P_500 vs R_IPC	0.726841	0.4306645	0.5968948
R_S&P_500 vs R_Bovespa	0.8341931	0.5127275	0.6815781
R_S&P_500 vs R_Merval	0.4825432	0.2370635	0.3378782
Periodo de crisis posterior a la vacunación (14/12/2020-20/08/2021)			
	<i>Rho de Pearson</i>	<i>Tau de Kendall</i>	<i>Rho de Spearman</i>
R_S&P_500 vs R_IPC	0.350613	0.1845458	0.2608838
R_S&P_500 vs R_Bovespa	0.5045239	0.3271997	0.4637695
R_S&P_500 vs R_Merval	0.3590914	0.2580474	0.3787332

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Variación en la correlación medida a través de técnicas tradicionales

	Incremento (Previo y durante la crisis)		
	Rho de Pearson	Tau de Kendall	Rho de Spearman
R_S&P_500 vs R_IPC	0.2983106	0.0595144	0.0741849
R_S&P_500 vs R_Bovespa	0.3823374	0.1878326	0.2365812
R_S&P_500 vs R_Merval	0.1823189	0.0156192	0.0073898
	Decremento (Previo y posterior al inicio de la vacunación)		
	Rho de Pearson	Tau de Kendall	Rho de Spearman
R_S&P_500 vs R_IPC	-0.376228	-0.2461187	-0.336011
R_S&P_500 vs R_Bovespa	-0.3296692	-0.1855278	-0.2178086
R_S&P_500 vs R_Merval	-0.1234518	0.0209839	0.040855

Fuente: elaboración propia.



A partir de las tablas anteriores y las técnicas tradicionales para medir la correlación se puede observar que, del periodo previo al posterior a la crisis, los tres mercados financieros sufrieron el fenómeno conocido como contagio financiero; es decir, sus sectores bursátiles presentaron una mayor respuesta a los movimientos ocasionados por el S&P 500 a partir del inicio de la crisis originada por el COVID-19. El mercado que tuvo el mayor incremento o sensibilidad (nivel de respuesta) a los movimientos del mercado bursátil en USA fue el de Brasil (medido a través de los tres estadísticos de correlación), por el contrario, el que presentó menor correlación fue el argentino.

Por otra parte, si se examina el nivel de respuesta a las campañas de vacunación, de igual forma los tres mercados presentaron una disminución en el nivel de correlación de sus índices, pero quien tuvo el mayor grado de respuesta fue México y Brasil. En el caso mexicano, esto puede justificarse debido al nivel de penetración de los mercados, el grado de relaciones comerciales y las políticas de vacunación que iniciaron casi de forma simultánea en USA y México. No obstante, es importante mencionar que los tres estadísticos estimados utilizan el supuesto de linealidad en el comportamiento de las variables, lo cual no sucede si observamos el gráfico 1, donde se presentan clusters de volatilidad. Por esta razón, se propone un nuevo análisis a partir de las funciones cópula, que no utilizan este supuesto, y que es crucial, ya que sobreestimar o subestimar la correlación llevaría a los inversores y administradores de riesgos en las compañías a tomar decisiones erróneas.

Una de las ventajas de utilizar funciones cópula para analizar el nivel de dependencia entre variables financieras, es no suponer linealidad y homocedasticidad en el comportamiento de las variables como el coeficiente de correlación de Pearson, o una relación monótona como Kendall y Spearman en su utilización para medir correlación. Así como al hecho de no solo generar un valor numérico para medir la correlación, las cópulas dan toda una estructura de dependencia y el comportamiento de estas. En las tablas 4 y 5 se observa el grado de reacción resultante tanto al surgimiento de la pandemia, como al inicio de las campañas de vacunación, medido a través de las funciones cópula. Nuevamente el mercado que vuelve a presentar mayor sensibilidad a los movimientos del S&P 500, desde el inicio del COVID-19 es el mercado brasileño, seguido por el mercado mexicano y por último el argentino. En lo que respecta a la dependencia de cola, hay un incremento de la etapa previa a la posterior al inicio de la pandemia en 0.279333 en el mercado de Brasil, seguido por el de México en 0.1737905 y por último el de Argentina en 0.0792926. La importancia de estos valores trasciende por el hecho de que entre mayor sea este



valor hay mayor probabilidad de presentar eventos extremos, lo cual podría generar pérdidas o ganancias en los mercados para los inversionistas.

Tabla 4. Correlación vía Cópulas Elípticas S&P 500, IPC, Bovespa y Merval

Período previo a la crisis (02/08/2018 al 31/12/2019)	S&P500 vs	Cópula	Parámetro  df	Lo- gVer.	AIC	BIC	$\tau$ Ken- dall	$\rho$ Spear- man	Dep. de Cola
Período de crisis (02/01/2020 al 20/08/2021)	IPC	Normal	0.4184	31.71	-61.42	-57.58	0.27481	0.40251	0
		t-Student	0.426 df=10.065	33.34	-62.68	-54.99	0.28015	0.40994	0.1889
	Bovespa	Normal	0.4113	29.89	-57.78	-53.95	0.26985	0.39558	0
		t-Student	0.4097 df=6.3648	32.56	-61.13	-53.48	0.26873	0.3940	0.2119
	Merval	Normal	0.3485	20.62	-39.24	-35.42	0.22661	0.3345	0
		t-Student	0.3494 df= 46.0829	20.65	-37.29	-29.67	0.22722	0.33537	0.1556
	S&P500 vs	Cópula	Parámetro	Lo- gVer.	AIC	BIC	$\tau$ Ken- dall	$\rho$ Spear- man	Dep. de Cola
	IPC	Normal	0.5761	78.69	-155.39	-151.39	0.3909	0.55804	0
		t-Student	0.508 df=2.704	87.73	-171.45	-163.45	0.33923	0.49047	0.3627
	Bovespa	Normal	0.675	118.1	-234.25	-230.26	0.47171	0.65748	0
		t-Student	0.6485 df=2.7115	133	-261.98	-254.01	0.4492	0.63067	0.4913
Merval	Normal	0.3825	29.39	-56.78	-52.82	0.24987	0.3675	0	
	t-Student	0.3734 df=3.6465	39.42	-74.83	-66.91	0.24361	0.35867	0.2349	
P. de crisis previo vacunación (02/01/2020 - 11/12/2020)	S&P500 vs	Cópula	Parámetro	Lo- gVer.	AIC	BIC	$\tau$ Ken- dall	$\rho$ Spear- man	Dep. de Cola
	IPC	Normal	0.6763	68.3	-134.61	-131.16	0.47283	0.6588	0
		t-Student	0.652 df=5.479	69.39	-134.78	-127.88	0.45213	0.6342	0.4146
	Bovespa	Normal	0.7357	87.54	-173.09	-169.64	0.52629	0.71943	0
		t-Student	0.717 df=2.413	99.04	-194.07	-187.17	0.50897	0.70027	0.5312
	Merval	Normal	0.3951	17.85	-33.70	-30.29	0.25858	0.37979	0
		t-Student	0.3676 df=3.3608	23.24	-42.48	-35.65	0.23964	0.35303	0.2437
	S&P500 vs	Cópula	Parámetro	Lo- gVer.	AIC	BIC	$\tau$ Ken- dall	$\rho$ Spear- man	Dep. de Cola
	IPC	Normal	0.3207	8.42	-14.83	-11.70	0.20783	0.30757	0
		t-Student	0.2896 df=3.0352	12.95	-21.91	-15.64	0.18704	0.2775	0.1817
Bovespa	Normal	0.5091	23.12	-44.24	-41.13	0.3400	0.49156	0	
	t-Student	0.5072 df=17.0273	23.27	-42.53	-36.31	0.33863	0.48968	0.2557	
Merval	Normal	0.3835	11.86	-21.72	-18.63	0.25056	0.36849	0	
	t-Student	0.384 df=139.153	11.80	-19.59	-13.41	0.2509	0.36898	0.1852	

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 5. Variación en la correlación medida a través de cópulas con el efecto de vacunación**

Incremento (Previo a la crisis y crisis)					
S&P500 vs	Cópula	Parámetro	$\tau$ Kendall	$\rho$ Spearman	Dep. de Cola
IPC	Normal	0.1577	0.11604	0.1555	0
	t-Student	0.082	0.05908	0.0805	0.1737905
Bovespa	Normal	0.2637	0.20186	0.2619	0
	t-Student	0.2388	0.18047	0.2367	0.279333
Merval	Normal	0.034	0.02326	0.0330	0
	t-Student	0.024	0.01639	0.0233	0.0792926

Decremento (Previo y Posterior a la Vacunación)					
S&P500 vs	Cópula	Parámetro	$\tau$ Kendall	$\rho$ Spearman	Dep. de Cola
IPC	Normal	-0.3556	-0.265	-0.3512	0
	t-Student	-0.3624	-0.26509	-0.3567	-0.2328408
Bovespa	Normal	-0.2266	-0.18625	-0.2279	0
	t-Student	-0.2098	-0.17034	-0.2106	-0.2755273
Merval	Normal	-0.0116	-0.00802	-0.0113	0
	t-Student	0.0164	0.01126	0.0160	-0.058463

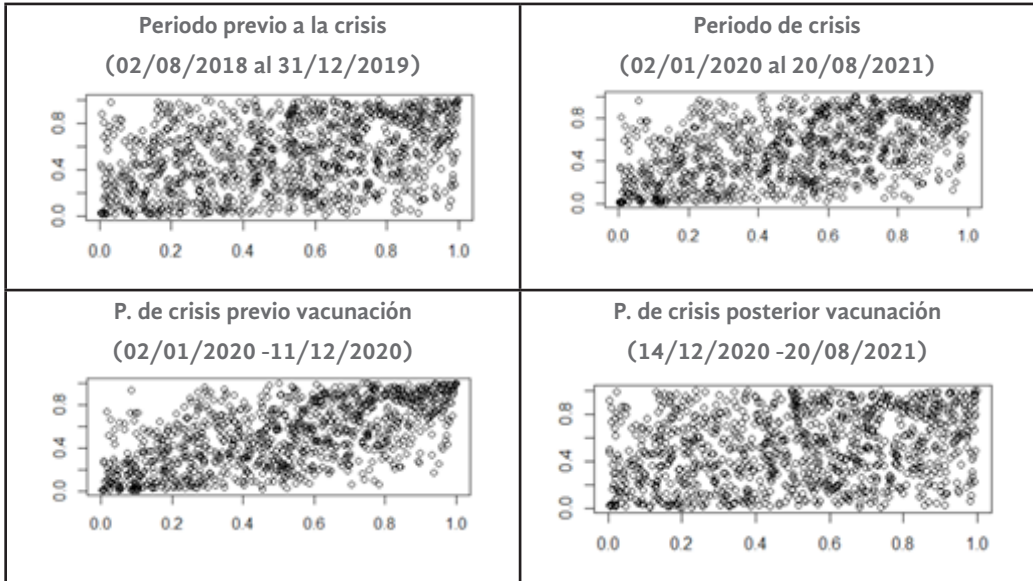
Fuente: elaboración propia.

### Simulación

Para la simulación, se consideraron los parámetros estimados de las cópulas de la tabla 4, de S&P 500 versus cada mercado latinoamericano. Se generaron 1000 simulaciones para cada cópula en los cuatro periodos de tiempo considerados: pre-crisis, crisis, crisis previa a la vacunación y crisis con vacunación.

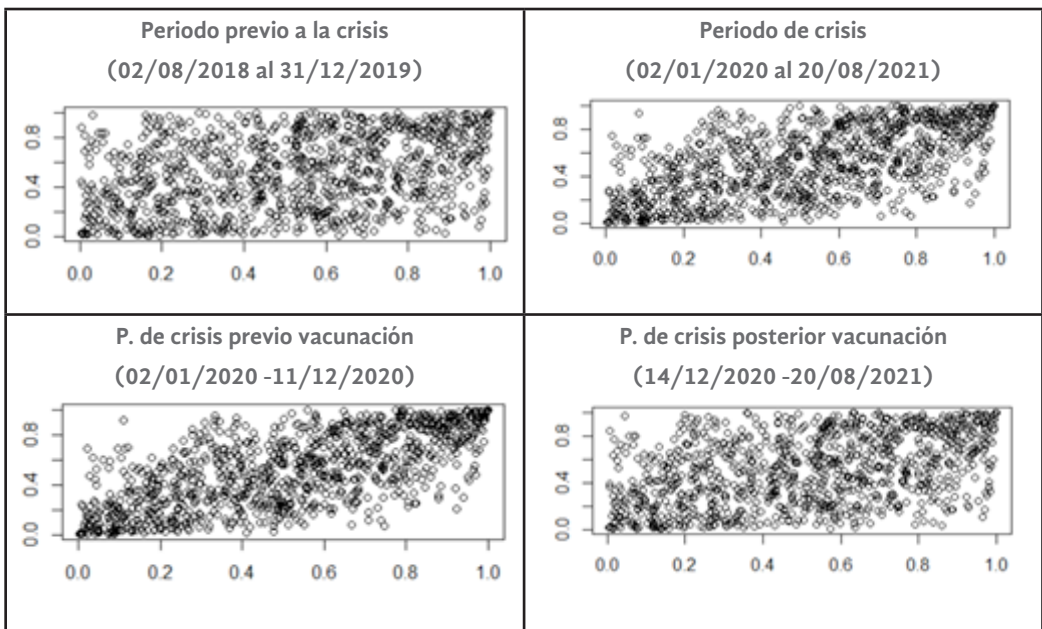


Gráfico 2. Simulación cópula Normal (USA vs Mercados Seleccionados)  
Sensibilidad S&P 500 vs IPC (México)



Fuente: elaboración propia.

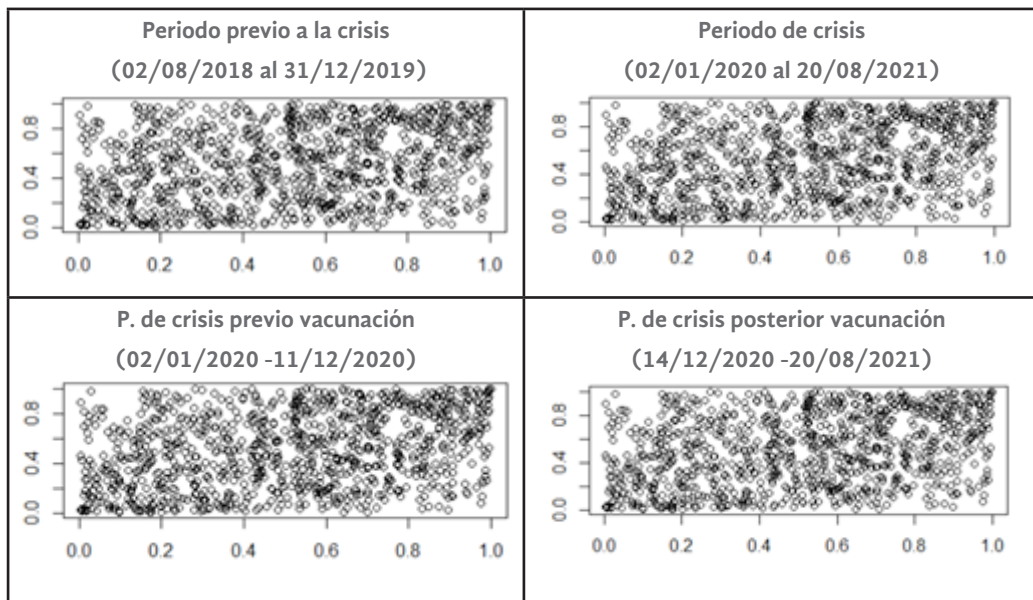
S&P 500 vs Bovespa (Brasil)



Fuente: elaboración propia.

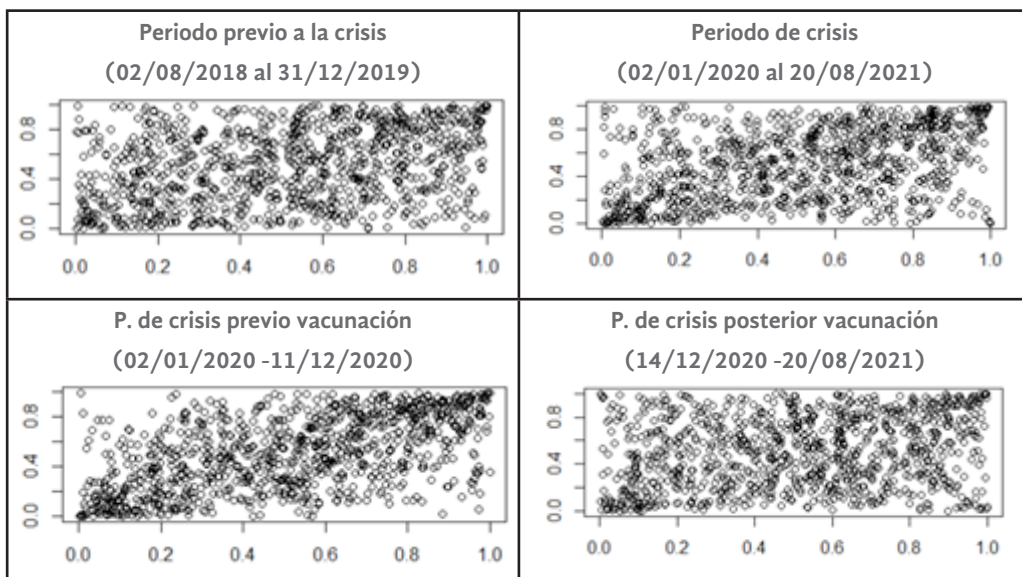


### S&P 500 vs Merval (Argentina)



Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 3. Simulación cópula t-Student (USA vs Mercados Seleccionados)**  
**Sensibilidad S&P 500 vs IPC (México)**

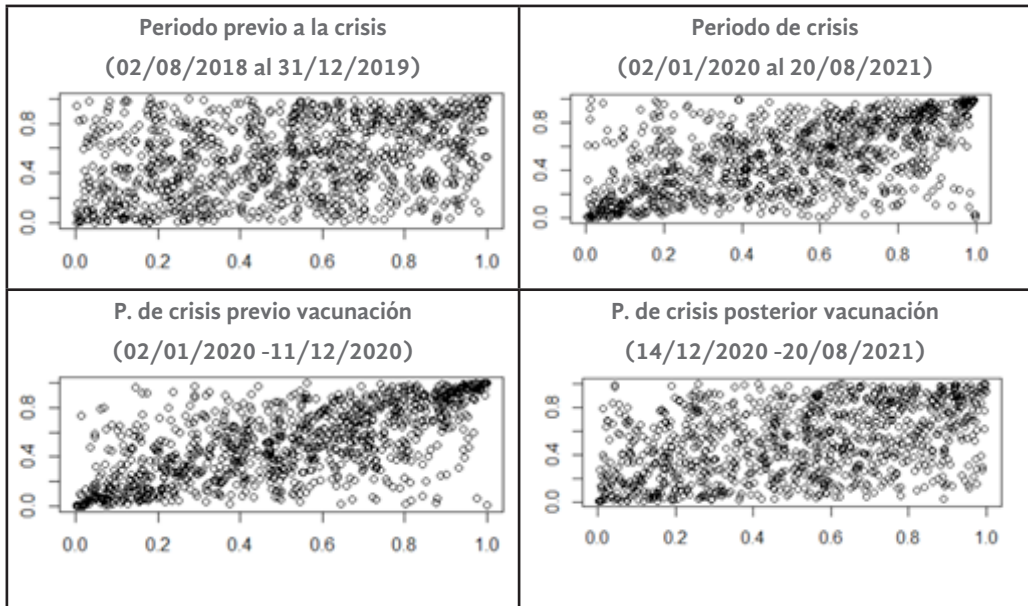


Fuente: elaboración propia.



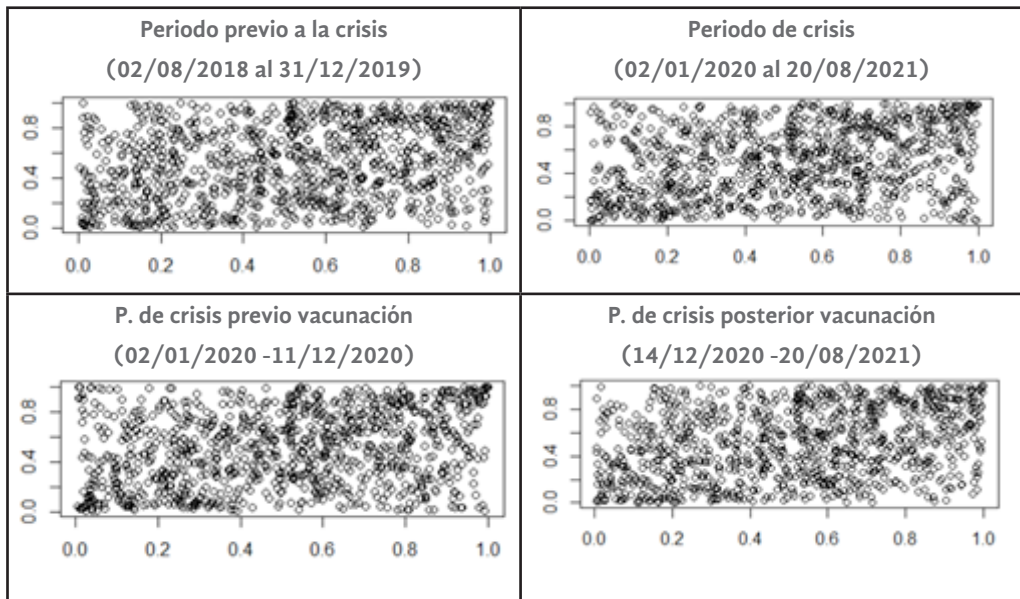


### S&P 500 vs Bovespa (Brasil)



Fuente: elaboración propia.

### S&P 500 vs Merval (Argentina)



Fuente: elaboración propia.



En los gráficos 2 y 3 puede apreciarse el cambio en el nivel de asociación entre los índices S&P 500 y los mercados seleccionados. Es evidente que hubo una mayor sensibilidad en los periodos seleccionados en México y en Brasil, en comparación con Argentina. En todos los casos se observa un incremento en el nivel de correlación en las etapas previas a la crisis y durante la crisis, así mismo, se puede distinguir una reducción en el nivel de asociación a partir del inicio de la etapa de vacunación en los mercados seleccionados, salvo en el caso de Argentina, lo cual puede deberse a los lazos comerciales que este país tiene en mayor medida con Brasil que con USA.

## Conclusiones

Es un hecho que el COVID-19 y las demás variantes del virus SARS-CoV-2 seguirán generando afectaciones en todos los sectores económicos y sociales por varios años más. La justificación y pertinencia del presente estudio radica en cinco vertientes, en primer lugar y uno de los más importantes, poder analizar el impacto del inicio de las campañas de vacunación en Estados Unidos y sus repercusiones en los mercados financieros internacionales de las principales economías en América Latina. Cabe señalar que la originalidad de esta investigación se centra en este punto, no hay estudios de contagio financiero que consideren medidas sanitarias por COVID-19 y sus consecuencias en los sectores bursátiles. Segundo, se ha podido identificar que México y Brasil han sido los mercados con mayor correlación (positiva y negativa) ante los movimientos del S&P 500 y a la campaña de vacunación iniciada en USA, lo anterior debido a sus relaciones comerciales y volumen de operaciones financieras con el país del norte. En tercer lugar, se pudo evidenciar que en el periodo de inestabilidad financiera ocasionada por el COVID-19, existió una mayor fuerza de asociación entre los mercados seleccionados, y una vez que comenzaron con medidas de “relativa recuperación” como el inicio de la vacunación, esta dependencia volvió a niveles “normales” previos al inicio a la pandemia. En cuarto lugar, en esta investigación se demostró empíricamente que las cópulas son más eficientes frente a las medidas tradicionales de dependencia, ya que no suponen linealidad y homocedasticidad (como el coeficiente de correlación de Pearson) o una relación monótona como los coeficientes de Kendall y Spearman para su utilización. Además, las cópulas no solo generan un valor numérico para medir la correlación, sino que dan toda una estructura de dependencia y comportamiento de las variables. Quinto, esta investigación proporciona un panorama más amplio al sector empresarial y financiero que desee invertir en América Latina. Este estudio muestra cómo en periodos de inestabilidad y crisis, los mercados de México y Brasil reaccionarán de manera similar al de USA, lo



cual podría generar menores riesgos en periodos de crisis; los inversionistas en periodos de inestabilidad o crisis pueden guiarse debido a las relaciones de correlación que pueden presentarse en el mercado estadounidense.

En futuras investigaciones se considera incluir otras familias de cópulas y países, para poder identificar el grado de afectación no solo en América Latina, sino a nivel mundial.

## Referencias

- Alqaralleh, H., Canepa, A., & Zanetti, E. (2020). COVID-19 Pandemic and Stock Market Contagion: A Wavelet-Copula GARCH Approach. Working Paper. Department of Economics and Statistics Cognetti de Martiis, University of Turin. Available at SSRN 3631067. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3631067>.
- Rodríguez-Benavides, Gurrola-Ríos, C., D., & López-Herrera, F. (2021). Dependencia de los mercados de valores de Argentina, Brasil y México respecto del estadounidense: Covid19 y otras crisis financieras recientes. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 16(3), 652. <https://doi.org/10.21919/remef.v16i3.652>.
- Dasgupta, A. (2004). "Financial Contagion through Capital Connections: A Model of the Origin and Spread of Bank Panics", Wiley, *Journal of the European Economic Association*, Vol. 2, No. 6, pp. 1049-1084.
- Freire-Luisa, K. M., & Mancheno-Saá, M. J. (2020). Covid 19 entre muerte y recesión económica. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento De La investigación Y publicación En Ciencias Administrativas, Económicas Y Contables)*. ISSN: 2588-090X. Polo De Capacitación, Investigación Y Publicación (POCAIP), 5(5), 280-320. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v5i5.326>.
- Gurrola-Ríos, C., Rodríguez-Benavides, D., & López-Herrera, F. (2021). Medición y análisis de los spillovers entre el S&P500 y los mercados del MILA antes y durante la expansión inicial de la pandemia por COVID-19. *Estudios Gerenciales*, 178-187. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2021.159.4391>.
- Hanif, W., Mensi, W., & Vo, X. V. (2021). Impacts of COVID-19 outbreak on the spillovers between US and Chinese stock sectors. *Finance Research Letters*, Vol. 40. Article 101922. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.101922>.
- Hofert, M., Kojadinovic, I., Mächler, M., & Yan, J. (2019). Elements of copula modeling with R. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89635-9>.
- Juárez, G. S. Modelo de contagio de pandemia a contagio financiero. *Contaduría y Administración*, 66(5).



- Luo, C., Liu, L., & Wang, D. (2021). Multiscale financial risk contagion between international stock markets: Evidence from EMD-Copula-CoVaR analysis. *The North American Journal of Economics and Finance*, 58, 101512.
- Muñoz-Henríquez, E. M., & Gálvez-Gamboa, F. A. (2021). Efecto contagio del mercado estadounidense a los mercados financieros latinoamericanos durante la pandemia por COVID-19. *Cuadernos de Economía*, 40(85). <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v40n85.93352>.
- Nelsen, R. B. (2007). *An introduction to copulas*. Springer Science & Business Media
- Sklar, A. (1959) Fonctions de Répartition à n Dimensions et Leurs Marges. *Publications de l'Institut Statistique de l'Université de Paris*, 8, 229-231.
- Zorgati, I., & Garfatta, R. (2021). Spatial financial contagion during the COVID-19 outbreak: Local correlation approach. *The Journal of Economic Asymmetries*, e00223.

