

## Conectividad de los mercados financieros latinoamericanos y estadounidense: Un enfoque de dominio de frecuencia

ÁREA: 2  
TIPO: Aplicación

### AUTORES

**Erik M. Muñoz<sup>1</sup>**  
Universidad de Talca,  
Chile  
emunozhenriquez@  
outlook.com

**Francisco Gálvez-  
Gamboa**  
Universidad Católica  
del Maule, Chile  
fgalvez@ucm.cl

1. Autor de contacto:  
Erik Muñoz, Facultad de  
Economía y Negocios,  
Universidad de Talca, Avenida  
Lircay S/N, Talca, Chile.  
Código postal: 3460000,  
Chile.

*Connectedness of Latin American and US Financial Markets: A Frequency Domain Approach*  
*Conectividade dos mercados financeiros latino-americanos e estadunidense: uma abordagem de domínio de frequência*

*Este trabajo analiza el spillover de retorno y volatilidad de los mercados financieros latinoamericanos y estadounidense, utilizando un enfoque de dominio de tiempo y frecuencia. Los resultados muestran una alta conectividad entre los mercados y el rol transmisor de spillover de volatilidad y retorno de Brasil, EE.UU. y México. Los hallazgos en dominio de frecuencia demuestran que el corto plazo (1 a 5 días) contribuye en su mayoría al spillover de retorno, al contrario del spillover de volatilidad ocurre mayoritariamente al largo plazo (más de 20 días). El análisis rolling-window indica que los eventos extremos afectan directamente el efecto spillover.*

*This paper analyzes the return and volatility spillover of Latin American and U.S. financial markets using a time - frequency domain approach. The results show a high connectivity between markets and the transmitter role of volatility and return spillover of Brazil, the U.S. and Mexico. Frequency domain findings show that short-term (1 to 5 days) contributes mostly to return spillover, while volatility spillover occurs mostly in the long-term (more than 20 days). The rolling-window analysis indicates that extreme events directly affect the spillover effect.*

*Este trabalho analisa o transbordamento de retorno e volatilidade dos mercados financeiros latino-americanos e estaduais, usando um enfoque de domínio de tempo e frequência. Os resultados mudam uma alta conectividade entre os mercados e o rol transmissor de transbordamento de volatilidade e retorno do Brasil, EE.UU. e México. Os obstáculos no domínio de frequência decorrente do desvio de volatilidade (1 a 5 dias) contribuem para a maior parte do transbordamento de retorno, ao contrário do transbordamento de volatilidade que ocorre majoritariamente no longo prazo (mais de 20 dias). A análise da janela rolante indica que os eventos extremos afetam diretamente o efeito transbordamento.*

DOI  
10.3232/GCG.2022.V16.N2.01

RECIBIDO  
26.11.2021

ACEPTADO  
12.02.2022

## 1. Introducción

Actualmente las economías y mercados internacionales guardan una estrecha relación, generando posibles contagios o efectos relacionados por eventos que fluyen con mayor rapidez (Bekaert et al., 2014). Por ello, el estudio de los mercados financieros para comprender la relación que existe entre y dentro de ellos, es un tópico de gran interés considerando que, tanto inversionistas como reguladores requieren de esta información para la toma de decisiones. Por lo tanto, en respuesta a la globalización financiera, tanto investigadores como inversionistas han encausado sus esfuerzos para comprender la relación dinámica de los retornos y la volatilidad en el mercado de capitales.

En este contexto, en la literatura es posible encontrar dos tipos de *spillover*. Primero, aquel *spillover* que afecta a los diferentes mercados de un país, es decir, al mercado de divisas, bonos, acciones, etc (Diebold & Yilmaz, 2012, Sun et al., 2021). Segundo, aquel *spillover* que afecta a un mercado en particular en diferentes países (Diebold & Yilmaz, 2009, Toyoshima & Hamori, 2018). Conjuntamente, es posible encontrar trabajos que estudian la relación entre los mercados de capitales de diferentes países. Shu & Chang (2019) utilizando índices de volatilidad del mercado de capitales norteamericano (VIX y otros), europeo (VSTOXX) y asiático (VKOSPI), evidenciaron la predominancia transmisora de volatilidad del VIX y de receptor VKOSPI. Shi (2021) estudió el *spillover* entre los mercados financieros de los países BRICS (abreviación de cinco mercados emergentes, Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) durante la pandemia por COVID-19, evidenciando la influencia que generan los mercados financieros de China y Rusia en el grupo. En esta misma línea, es posible encontrar a autores como Gamba-Santamaria et al., (2017), Uğurlu Yıldırım (2020), entre otros.

En general, estos estudios se han concentrado en mercados desarrollados o en vías de desarrollo, existiendo una escasa participación en la literatura de los mercados latinoamericanos a excepción de Brasil, ya que forma parte de los países BRICS. Por otro lado, dentro de los autores que han estudiado el *spillover* entre los mercados latinos, su principal enfoque se basa en el dominio del tiempo, como Gamba-Santamaria et al. (2017), omitiendo las preferencias de tiempos de inversión de los agentes. La anterior debilidad metodológica puede ser resuelta a través de la propuesta de Baruník & Křehlík (2018) que extiende el método desarrollado por Diebold & Yilmaz (2009, 2012) a un enfoque de dominio de tiempo y frecuencia aplicada en el presente trabajo.

El principal objetivo de este trabajo es analizar la conectividad de los retornos y volatilidad entre los principales mercados financieros latinoamericanos (Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile y Perú) y estadounidense e identificar la frecuencia en el horizonte de tiempo que predomina en cada uno, buscando robustecer la discusión existente de las economías emergentes latinas. Los resultados demuestran una alta conexión entre los mercados en estudio, y establecen a Brasil, México y Estados Unidos como transmisores de *spillover*, en retorno y volatilidad. Igualmente, los resultados sugieren que en el *spillover* de volatilidad (retorno) responde a altas (bajas) frecuencias de dominio, y que los transmisores y receptores de volatilidad netos permanecen independiente de la frecuencia analizada.

A continuación, se presenta una revisión a la literatura de trabajos relevantes. Luego se presentan los datos, la metodología utilizada y los resultados de las estimaciones. Finalmente, se exponen las conclusiones e implicancias del estudio.

### PALABRAS CLAVES

**Spillover,  
Mercados  
Financieros,  
Latinoamérica,  
Dominio de  
Tiempo y  
Frecuencia.**

### KEYWORDS

**Spillover, Financial  
Markets, Latin  
America, Time-  
Frequency Domain.**

### PALAVRAS-CHAVES

**Spillover, Mercados  
Financeiros,  
América Latina,  
Domínio Tempo-  
Frequência.**

**CÓDIGOS JEL  
C10, G15**

## 2. Revisión de la Literatura

Una parte del estudio de los mercados financieros se ha concentrado en investigar las relaciones dinámicas, el contagio y el comovimiento de los mercados bursátiles. Por ejemplo, Arouri et al. (2010) estudió los comovimientos de los mercados bursátiles de las economías emergentes latinoamericanas, identificando que los comovimientos dinámicos presentan cambios de regímenes causados por los principales eventos económicos a través de un modelo DCC-GARCH.

Consistentemente, resultados similares han sido encontrados por Celik (2012) al estudiar un conjunto de economías emergentes y desarrolladas, evidenciando el contagio transversal en las economías durante la crisis subprime. En esta línea, destaca además el trabajo realizado por Uğurlu Yıldırım (2020) enfocado en la crisis pandémica por Covid-19 y su asociación a los mercados en Turquía, Estados Unidos y China.

Por otro lado, se encuentran los estudios que se han dedicado a investigar la relación de los diferentes mercados financieros a través del *spillover index* propuesto por Diebold & Yilmaz (2009, 2012). Éste se encuentra basado en las descomposiciones de la varianza del error de pronóstico en un marco de vectores autorregresivos. Destacan por ejemplo, Shu & Chang (2019) quienes estudiaron la relación de tres volatilidades implícitas (VIX, VSTOXX y VKOSPI) con el retorno de 10 de los mercados bursátiles más importantes a nivel internacional (USA, Europa y Asia) a través del *spillover index*. Los autores concluyeron que el VIX tiene la mayor influencia en todos los mercados, existiendo un efecto contagio, especialmente desde el VIX hacia las otras volatilidades.

También, Gamba-Santamaria et al. (2017) estudió el efecto *spillover* de los principales mercados latinoamericanos (Brasil, Chile, Colombia y México) y EE.UU, a través de una innovación del modelo de Diebold & Yilmaz (2009, 2012), destacando la capacidad transmisora de volatilidad de Brasil y el aumento del *spillover* total durante la crisis financiera internacional de 2008. Sin embargo, una de las limitantes de este método es la omisión del horizonte de preferencias de inversión con las que cuentan los agentes que participan en el mercado, por lo que autores como Baruník & Křehlík (2018) proponen la utilización del tiempo y la frecuencia de dominio para plasmar esta heterogeneidad de preferencias.

En este marco, autores como Zhang et al. (2020) analizaron el *spillover* de volatilidad y retorno de los indicadores bursátiles del gas natural, petróleo, electricidad de Norteamérica y Europa. Los autores identificaron que ambos *spillovers* son más altos en Europa y que al corto plazo, contribuye en mayor medida el *spillover* de retorno, mientras que, al largo plazo, se atribuye preferentemente al *spillover* de volatilidad. Así mismo, Sun et al. (2021) estudió el tiempo y frecuencia de dominio que predomina en el *spillover* de retorno del mercado energético chino, utilizando el 50 empresas y clasificándolas en 7 industrias. Los autores concluyen que el *spillover* ocurre mayoritariamente en el rango de tiempo de 32-64 días e identificando un *spillover* en multiescala en el mercado energético.

En general, la literatura identifica el rol predominante de los mercados financieros desarrollados sobre los emergentes o en desarrollo, es por ello, que este trabajo se centra en identificar la conectividad entre los principales mercados latinoamericanos y el estadounidense, de tal forma de comprobar efecto de este último, considerando diferentes horizontes temporales (dominio de frecuencia), y a su vez, conocer como esta conexión varía a través del tiempo.

### 3. Metodología y Modelo

#### 3.1. Datos

Con el propósito de estudiar la conectividad de los mercados financieros latinoamericanos con el mercado estadounidense, se utilizó la cotización diaria de los índices bursátiles representativos de Latinoamérica y de Estados Unidos, desde 01 de febrero de 2008 al 30 de diciembre de 2020. Los Indicadores utilizados son: Bolsa de Valores del Estado de São Paulo (BVSP) de Brasil, Índice de Precio y Cotizaciones (IPC) de México, Mercado de Valores de Acciones de Buenos Aires (MERV) de Argentina, Índice de la Bolsa de Valores de Colombia (COLCAP), Índice de Precio Selectivo de Acciones (IPSA) de Chile, Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (BVL) de Perú y el Standard and Poor's 500 (SP500) de EE. UU.

El cálculo del retorno diario se realiza a través de  $R_t = \frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}}$ , donde  $P_t$  representa el precio de cierre del índice en el periodo  $t$ . En cuanto a la volatilidad, se utiliza la *realized volatility* (RV) o volatilidad realizada basada en un rango diario, implementando la metodología desarrollada por Garman y Klass (1980)

$$\hat{\sigma}_{it}^2 = 0,511(H_{it} - L_{it})^2 - 0,019[(C_{it} - O_{it})(H_{it} + L_{it} - 2O_{it}) - 2(H_{it} - O_{it})(L_{it} - O_{it})] - 0,383(C_{it} - O_{it})^2$$

Donde  $H_{it}$ ,  $L_{it}$ ,  $O_{it}$  y  $C_{it}$  corresponde a el precio más alto, bajo, de apertura y de cierre respectivamente para el mercado  $i$  en el periodo  $t$ .

La **Tabla 1** muestra la estadística descriptiva de los retornos y volatilidad de cada país, demostrando una desviación estándar (SD) similar para los retornos, por el contrario, la volatilidad presenta valores superiores en el caso de Brasil y Argentina. La prueba Jarque – Bera indica la no-normalidad para retornos y volatilidad. La prueba Box – Pierce demuestra la persistencia en la volatilidad al 1% y al 10% en retornos. Los resultados demuestran la estacionalidad de los retornos y volatilidades al 1% de nivel de significancia a través de la prueba Phillips – Perron.

**Tabla 1 - Estadística descriptiva de los retornos y volatilidades**

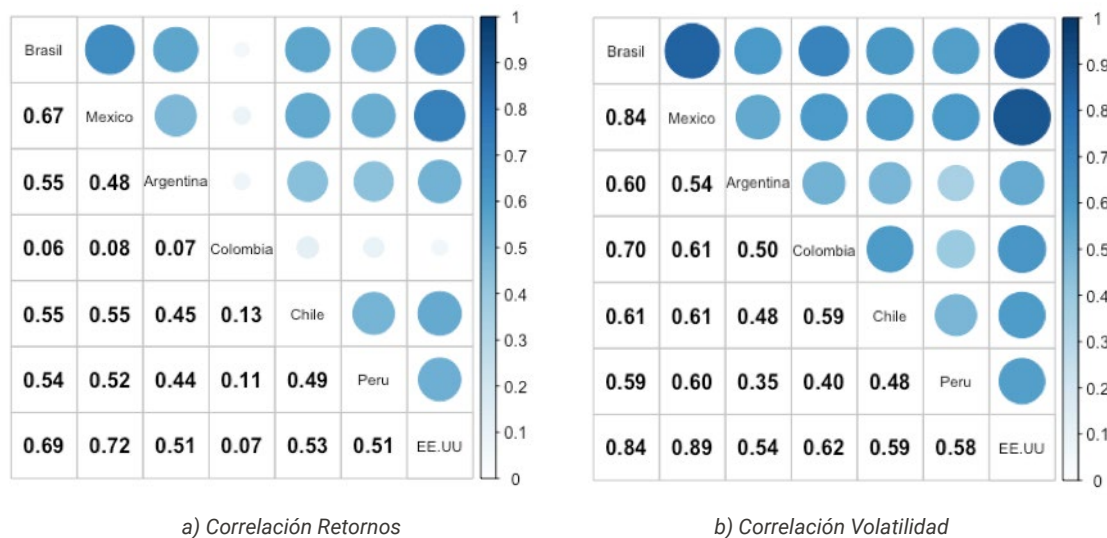
	Media	SD	Min	Max	Skewness	Curtosis	J - B	B - P	P - P
<b>Retornos</b>									
<i>Brasil</i>	0.000	0.019	-0.148	0.167	0.096	9.285	0.001	0.001	0.010
<i>México</i>	0.000	0.013	-0.071	0.118	0.286	8.145	0.001	0.001	0.010
<i>Argentina</i>	0.002	0.026	-0.379	0.154	-1.138	19.944	0.001	0.763	0.010
<i>Colombia</i>	0.000	0.015	-0.251	0.356	2.672	152.470	0.001	0.034	0.010
<i>Chile</i>	0.000	0.012	-0.131	0.162	-0.042	23.119	0.001	0.001	0.010
<i>Perú</i>	0.000	0.016	-0.108	0.246	1.697	35.797	0.001	0.001	0.010
<i>EE.UU</i>	0.000	0.014	-0.108	0.110	-0.336	10.606	0.001	0.001	0.010

Volatilidades									
Brasil	0.208	0.110	0.083	1.171	4.146	24.874	0.001	0.001	0.010
México	0.140	0.069	0.057	0.683	3.158	14.875	0.001	0.001	0.010
Argentina	0.240	0.121	0.083	1.011	2.411	9.142	0.001	0.001	0.010
Colombia	0.111	0.079	0.038	1.146	7.357	77.333	0.001	0.001	0.010
Chile	0.119	0.073	0.045	0.788	3.877	21.952	0.001	0.001	0.010
Perú	0.125	0.076	0.047	0.732	3.470	17.994	0.001	0.001	0.010
EE.UU	0.126	0.090	0.030	0.808	3.143	14.061	0.001	0.001	0.010

Nota: La columna J-B y B-P muestra los valores p de la prueba Jaque – Bera y Box – Pierce respectivamente, con 10 retardos. La última columna muestra los valores p de la prueba Phillips – Perron (P-P)  
Fuente: Elaboración Propia

La **Figura 1** muestra una alta correlación de los retornos (a) y volatilidad (b) entre EE.UU, México y Brasil, lo que representa un primer acercamiento a la relación que existe entre los mercados financieros de estos países.

Figura 1 - Correlación de Retornos y Volatilidades



### 3.2. Metodología

Para cuantificar la relación entre los mercados financieros latinoamericanos y el estadounidense, utilizamos la metodología propuesta por Diebold & Yilmaz (2012) basado en las descomposiciones de la varianza del error de pronóstico en un marco autorregresivo vectorial generalizado.

$$y_t = \sum_{i=1}^p \Phi y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde  $y_t$  es el vector de tamaño  $M$  que contiene todas las volatilidades en el periodo  $t$ ,  $\varepsilon_t \sim N(0, \Sigma)$  es un vector de perturbaciones. La descomposición de la varianza del error de pronóstico generalizado de  $H$  paso adelante se define por:

$$\theta_{ij}^g(H) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \Sigma e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e_i' A_h \Sigma A_h' e_i)^2}$$

Donde  $H=1,2,\dots$ , y  $ij=1,2,\dots,M$ .  $\Sigma$  es la matriz de varianza – covarianza del vector de perturbaciones  $\varepsilon_t$ ,  $\sigma_{jj}$  es la desviación estándar del término de error para la  $j$ -ésima ecuación,  $A_h$  es la matriz de coeficientes del vector de perturbaciones con retardo  $h$  en la representación de media móvil infinita del modelo VAR y  $e_i$  es el vector de selección, con uno como elemento  $i$ -ésimo y ceros en caso contrario. La suma de los elementos en cada fila de la tabla de descomposición de la varianza no es igual a uno  $\sum_{j=1}^M \theta_{ij}^g(H) \neq 1$  ya que los choques no son necesariamente ortogonales. Las estimaciones deben normalizarse para comparar los efectos *spillover* direccionales por pares individuales

$$\tilde{\theta}_{ij}^g(H) = \frac{\theta_{ij}^g(H)}{\sum_{j=1}^M \theta_{ij}^g(H)}$$

Por construcción  $\sum_{j=1}^M \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = 1$  y  $\sum_{i,j=1}^M \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = M$ . Para simplificar la notación, usaremos  $S_{i \leftarrow j}^H$  en vez de  $\tilde{\theta}_{ij}^g(H)$  describir la dirección del efecto *spillover* en las diferentes series.

El *spillover* direccional (From) recibido por el mercado  $i$  de todos los demás mercados  $j$  se puede definir de la siguiente manera:

$$S_{i \leftarrow \circ}^H = \frac{\sum_{j=1}^M \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{M}$$

Al mismo tiempo, la contribución del mercado  $j$  a todos los demás mercados  $i$  (To) viene dada por:

$$S_{\circ \leftarrow j}^H = \frac{\sum_{i=1}^M \tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{M}$$

El *spillover* neto del mercado  $i$  a todos los demás mercados  $j$  corresponde a la diferencia entre el *spillover* direccional y se puede calcular como:

$$S_i^H = S_{\circ \leftarrow i}^H - S_{i \leftarrow \circ}^H$$

De esta forma, es posible identificar a los “transmisores netos” ( $S_i^H > 0$ ) y a los “receptores netos” ( $S_i^H < 0$ ). Finalmente, el índice de *spillover* total puede ser construido como:

$$S^H = \frac{\sum_{i,j=1}^M \tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{M}$$

El *spillover* total es el ratio de la suma de los elementos fuera de la diagonal de  $\tilde{\theta}_{ij}^g(H)$  y la suma de todos los otros elementos.

Adicionalmente, con el objetivo de conocer la relación entre los diferentes mercados con dominio de tiempo y frecuencia, Baruník y Křehlík (2018) estiman esta conexión al corto, mediano y largo plazo basado en la representación espectral de la descomposición de la varianza. La función de respuesta de frecuencia juega un rol fundamental y puede ser obtenida a través de una transformación de Fourier de los coeficientes de  $\psi_h$

$$\psi(e^{-ih\omega}) = \sum_{h=0}^{\infty} e^{-ih\omega} \psi_h$$

donde  $\omega$  es la frecuencia e  $i=\sqrt{-1}$ .

A su vez, el espectro de causalidad generalizada sobre la frecuencia  $\omega \in (-\pi, \pi)$  es:

$$\theta_{ij}(\omega) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{\infty} (\psi(e^{-ih\omega}) \Sigma)_{ij}^2}{\sum_{h=0}^{\infty} (\psi(e^{-ih\omega}) \Sigma \psi(e^{-ih\omega}))_{ii}}$$

donde  $\theta_{ij}(\omega)$  es la porción del espectro de la variable  $i$ -ésima a una frecuencia dada  $\omega$  que puede ser atribuida a choques en la variable  $j$ -ésima. Por otro lado, para analizar el dominio de frecuencia es necesario normalizar la Eq. (10):

$$\tilde{\theta}_{ij}(\omega) = \frac{\theta_{ij}(\omega)}{\sum_{h=1}^n \theta_{ij}(\omega)}$$

de esta forma,  $\tilde{\theta}_{ij}(\omega)$  representa la conectividad por pares desde  $j$  a  $i$  a una frecuencia  $\omega$ , diferente al  $\tilde{\theta}_{ij}(H)$  que mide la conectividad por pares desde  $j$  a  $i$  a un horizonte de tiempo  $H$ .

Por lo tanto, es posible establecer un conjunto de bandas para estudiar el comportamiento de la conectividad entre mercados de forma desagregada y posiblemente identificar respuestas de frecuencias diferenciadas a los choques. Las bandas de frecuencias  $d=(a,b)$  pueden ser obtenidas como:

$$\tilde{\theta}_{ij}(d) = \int_a^b \tilde{\theta}_{ij}(\omega) d\omega$$

De esta forma, es posible calcular los diferentes indicadores que se obtienen a través de la metodología de Diebold y Yilmaz (2012) a una banda de frecuencia  $d$ , como:

La conexión direccional "From":

$$S_{i \leftarrow o}^d = \frac{\sum_{j=1}^M \tilde{\theta}_{ij}(d)}{M}$$

La conexión direccional "To":

$$S_{o \leftarrow j}^d = \frac{\sum_{i=1}^M \tilde{\theta}_{ij}^d(d)}{M}$$

La conexión neta a una banda de frecuencia  $d$ :

$$S_i^d = C_{o \leftarrow i}^d - C_{i \leftarrow o}^d$$

Finalmente, el ratio de la suma de los elementos fuera de la diagonal de  $\tilde{\theta}_{ij}^d(d)$  y la suma de todos los otros elementos a una banda de frecuencia dada, representa el índice de conexión total:

$$S^d = \frac{\sum_{i,j=1}^M \tilde{\theta}_{ji}^d(d)}{M}$$

## 4. Estimaciones y Resultados

A continuación, se presentan las estimaciones y resultados del *Spillover Index* siguiendo a Diebold & Yilmaz (2009, 2012) y a Baruník & Křehlík (2018) de retornos y volatilidades de mercados latinoamericanos y estadounidense. Además, se realiza un análisis de muestra continua para demostrar la relación de los mercados a través del tiempo.

### 4.1. *Spillover* de Retornos y Volatilidad

Para estimar la red de conexiones entre los diferentes mercados financieros en análisis, se utiliza un modelo VAR de orden 1 para la retornos y de orden 2 para volatilidad, esta selección se basa en el criterio de información Schwarz. La **Tabla 3** y **Tabla 4** muestra la tabla de *spillover* y el *spillover* con dominio de frecuencia para los retornos y volatilidad respectivamente. Ambas tablas, se componen de 4 sub-tablas, donde en la parte superior es basada en el método de Diebold & Yilmaz (2009, 2012) y las subsiguientes representan el corte, mediano y largo plazo, según Baruník & Křehlík (2018). Estas últimas, se encuentran descompuesta en tres frecuencias, donde: F1 corresponde al marco de tiempo de 1 a 5 días (corto plazo), F2: corresponde a 5 a 20 días (mediano plazo) y F3 representando al largo plazo, periodo superior a 20 días.

La **Tabla 3** muestra que el *spillover* total de los retornos es de un 58.37%, evidenciando una alta conexión entre los principales mercados financieros del continente americano. La tabla *spillover* según Diebold & Yilmaz (2009, 2012) establece a dos principales transmisores del sistema, Brasil (2,48%) y EE.UU (2.36%), seguidos por México (1.92%), resultados similares a los de Gamba-Santamaria et al. (2017). Al analizar la fila "TO" estos tres países representan a aquellos que más influencia ejercen sobre los otros



cuatro países latinoamericanos. Resultados esperados, ya que representan los tres mayores mercados financieros del continente. Por otro lado, el mayor receptor de *spillover* es el mercado colombiano (-5.85%).

Al analizar las estimación con dominio de frecuencia (F1, F2, F3) de Baruník & Křehlík (2018) se identifica que, en términos de retornos, el corto plazo (1 a 5 días, 46.14%) es la frecuencia constituye la mayor contribución del sistema, seguida por el mediano plazo (5 a 20 días, 8.98%) y finalmente, al largo plazo (más de 20 días, 3.25%). Cabe destacar, que la suma del *spillover* total de cada frecuencia, corresponde al *spillover* total calculado en Diebold & Yilmaz (2009, 2012).

Por otro lado, en la **Tabla 4** evidencia una alta relación entre los mercados al analizar las volatilidades, con un *spillover* total de 54.34%, donde un claro transmisor de volatilidad es Brasil, con un índice neto de 17.24%, por sobre el país norteamericano con un 6.84%. Además, muestra que en su mayoría los mercados financieros sudamericanos son receptores de volatilidad, con indicadores netos que van desde -4.73% (Argentina) al -6.94% (Chile).

Al considerar la frecuencia de dominio los resultados son opuestos a la utilización de retornos, donde la mayor contribución al sistema la realiza el largo plazo (50.71%), luego el mediano plazo (3.25%) y una contribución mínima del corto plazo (0.38%)

**Tabla 3 - Resultados Spillover de retornos.**

Diebold & Yilmaz (2009, 2012) Spillover									
	Brasil	México	Argentina	Colombia	Chile	Perú	EE.UU	From	Net
Brasil	34.74	15.65	10.72	0.34	11.17	10.64	16.74	9.32	2.48
México	16.05	35.63	8.14	0.26	10.9	9.93	19.1	9.2	1.92
Argentina	14.06	10.46	45.52	0.23	9.04	8.67	12.02	7.78	-0.80
Colombia	8.72	7.95	4.36	56.66	7.52	6.32	8.47	6.19	-5.85
Chile	13.58	13.04	8.25	0.56	41.75	9.77	13.05	8.32	0.18
Perú	13.57	12.28	8.35	0.36	10.22	42.63	12.6	8.2	-0.28
EE.UU	16.62	18.43	9.06	0.62	10.66	10.11	34.51	9.36	2.36
To	11.8	11.11	6.98	0.34	8.5	7.92	11.71	58.37	
Baruník & Křehlík (2018) Spillover									
F1: Spillover al corto plazo correspondiente de 1 a 5 días									
	Brasil	México	Argentina	Colombia	Chile	Perú	EE.UU	From	Net
Brasil	28.69	12.80	8.92	0.25	9.28	8.98	13.88	7.73	9.71
México	12.96	28.46	6.51	0.23	8.88	8.35	15.50	7.49	9.40
Argentina	11.04	8.11	36.77	0.16	6.97	6.91	9.49	6.10	7.66
Colombia	6.51	5.89	3.26	46.35	5.55	4.91	6.08	4.60	5.77
Chile	10.00	9.53	6.18	0.35	31.45	7.71	9.56	6.19	7.77
Perú	9.89	9.03	6.21	0.23	7.86	33.41	9.30	6.08	7.63
EE.UU	14.14	15.49	7.64	0.47	9.11	8.85	29.37	7.96	9.99
To	9.22	8.69	5.53	0.24	6.81	6.53	9.11	46.14	

<i>F2: Spillover a mediano plazo correspondiente de 5 a 20 días</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	4.46	2.10	1.33	0.07	1.39	1.22	2.11	1.17	7.85
<i>México</i>	2.28	5.28	1.20	0.02	1.50	1.17	2.66	1.26	8.43
<i>Argentina</i>	2.22	1.72	6.44	0.05	1.51	1.29	1.86	1.24	8.27
<i>Colombia</i>	1.62	1.51	0.81	7.58	1.44	1.04	1.75	1.17	7.79
<i>Chile</i>	2.61	2.56	1.52	0.15	7.53	1.51	2.55	1.56	10.41
<i>Perú</i>	2.69	2.37	1.56	0.09	1.73	6.77	2.41	1.55	10.38
<i>EE.UU</i>	1.83	2.16	1.05	0.11	1.14	0.94	3.80	1.03	6.90
<i>To</i>	1.89	1.77	1.07	0.07	1.25	1.02	1.91	8.98	
<i>F3: Spillover al largo plazo correspondiente a mas de 20 días</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	1.59	0.75	0.47	0.03	0.5	0.43	0.75	0.42	7.76
<i>México</i>	0.81	1.88	0.43	0.01	0.53	0.41	0.94	0.45	8.25
<i>Argentina</i>	0.81	0.63	2.31	0.02	0.55	0.47	0.68	0.45	8.32
<i>Colombia</i>	0.59	0.55	0.3	2.72	0.53	0.37	0.64	0.43	7.9
<i>Chile</i>	0.97	0.95	0.56	0.06	2.77	0.55	0.94	0.57	10.64
<i>Perú</i>	0.99	0.87	0.57	0.03	0.63	2.44	0.88	0.57	10.51
<i>EE.UU</i>	0.65	0.77	0.37	0.04	0.4	0.33	1.34	0.37	6.77
<i>To</i>	0.69	0.65	0.39	0.03	0.45	0.36	0.69	3.25	

Tabla 4 - Resultados Spillover de volatilidad.

<i>Diebold &amp; Yilmaz (2009, 2012) Spillover</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	56.94	13.35	3.33	1.69	0.72	1.20	22.77	6.15	17.24
<i>México</i>	33.59	33.99	2.72	0.43	1.70	0.59	26.98	9.43	0.34
<i>Argentina</i>	23.84	6.13	52.16	2.97	1.70	0.63	12.57	6.83	-4.73
<i>Colombia</i>	27.23	8.64	3.36	43.81	1.39	1.17	14.41	8.03	-5.91
<i>Chile</i>	26.11	8.89	2.20	8.26	41.44	1.75	11.35	8.37	-6.94
<i>Perú</i>	22.19	12.25	1.08	0.16	2.79	46.49	15.05	7.64	-6.84
<i>EE.UU</i>	30.76	19.10	2.04	1.28	1.69	0.32	44.80	7.89	6.84
<i>To</i>	23.39	9.76	2.11	2.11	1.43	0.81	14.73	54.34	
<i>Baruník &amp; Křehlík (2018) Spillover</i>									
<i>F1: Spillover al corto plazo correspondiente de 1 a 5 días</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	0.78	0.12	0.05	0.03	0.03	0.02	0.15	0.06	0.04
<i>México</i>	0.13	0.82	0.04	0.02	0.04	0.02	0.18	0.06	0.02
<i>Argentina</i>	0.06	0.05	1.7	0.01	0.02	0.02	0.1	0.04	0.00
<i>Colombia</i>	0.23	0.17	0.04	2.6	0.06	0.02	0.11	0.09	-0.07

Chile	0.09	0.09	0.03	0.07	2.25	0.01	0.09	0.05	-0.02
Perú	0.06	0.04	0.04	0.01	0.02	3.59	0.04	0.03	-0.02
EE.UU	0.1	0.11	0.04	0.03	0.03	0.01	0.5	0.05	0.05
To	0.1	0.08	0.03	0.03	0.03	0.01	0.1		0.38
<i>F2: Spillover a mediano plazo correspondiente de 5 a 20 días</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	4.23	0.77	0.41	0.32	0.23	0.17	1.18	0.44	0.50
<i>México</i>	1.25	3.62	0.31	0.14	0.3	0.12	1.36	0.5	0.10
<i>Argentina</i>	0.65	0.37	7.24	0.16	0.24	0.09	0.77	0.33	-0.03
<i>Colombia</i>	1.96	0.96	0.44	9.75	0.51	0.17	1.14	0.74	-0.49
<i>Chile</i>	1.12	0.79	0.32	0.76	8.75	0.11	0.86	0.57	-0.31
<i>Perú</i>	0.62	0.43	0.25	0.06	0.24	10.92	0.42	0.29	-0.19
<i>EE.UU</i>	0.99	0.83	0.32	0.29	0.26	0.07	2.79	0.4	0.42
To	0.94	0.59	0.29	0.25	0.25	0.1	0.82		3.25
<i>F3: Spillover al largo plazo correspondiente a mas de 20 días</i>									
	<i>Brasil</i>	<i>México</i>	<i>Argentina</i>	<i>Colombia</i>	<i>Chile</i>	<i>Perú</i>	<i>EE.UU</i>	<i>From</i>	<i>Net</i>
<i>Brasil</i>	51.93	12.46	2.87	1.34	0.47	1.01	21.44	5.66	16.70
<i>México</i>	32.21	29.55	2.38	0.27	1.37	0.45	25.44	8.87	0.22
<i>Argentina</i>	23.13	5.71	43.21	2.8	1.43	0.53	11.7	6.47	-4.69
<i>Colombia</i>	25.04	7.5	2.88	31.46	0.82	0.98	13.15	7.2	-5.36
<i>Chile</i>	24.9	8.01	1.84	7.43	30.44	1.63	10.4	7.75	-6.60
<i>Perú</i>	21.51	11.77	0.8	0.08	2.53	31.98	14.58	7.32	-6.63
<i>EE.UU</i>	29.67	18.17	1.68	0.96	1.4	0.23	41.51	7.45	6.37
To	22.35	9.09	1.78	1.84	1.15	0.69	13.82		50.71

## 4.2. Análisis Dinámico

Durante el periodo en estudio ocurrieron una serie de eventos en los mercados financieros internacionales, lo que se ve reflejado en la conectividad total representando en las **Figura 2** y **Figura 3**, las que muestran los resultados de un análisis de ventanas móviles para capturar la conectividad a través del tiempo, considerando la descomposición del dominio del tiempo (Diebold & Yilmaz, 2009, 2012) y el dominio de frecuencia (Baruník & Křehlík, 2018). Las estimaciones fueron realizadas utilizando una ventana móvil de un año aproximadamente (240 observaciones).

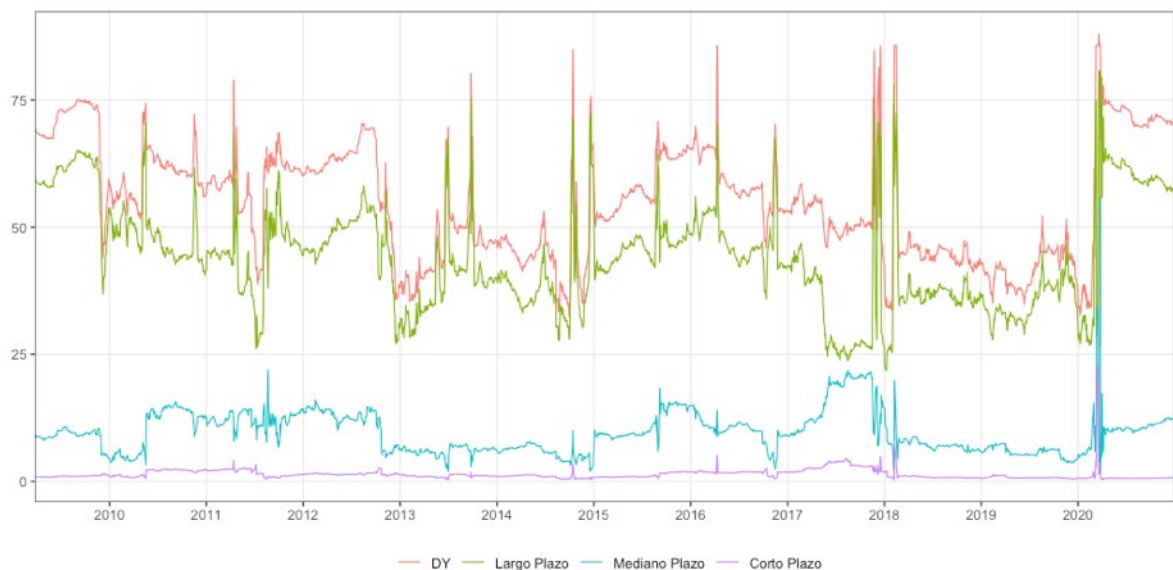
La **Figura 2** muestra la conectividad total dinámica y la descomposición de frecuencia de los retornos de los mercados latinos y norteamericano. En general, es posible identificar dos grandes hallazgos: Primero, la conectividad que existe entre el retornos de los mercados financieros ocurre casi en su totalidad al corto plazo durante todo el periodo. Segundo, la conexión entre los mercados fluctúa entre el 20% (durante 2015 y 2018) y un 80% al finalizar 2009.

Figura 2 - Conectividad Total de los Retornos.



La **Figura 3** muestra la dinámica del spillover de volatilidad total y de la descomposición de frecuencia de los mercados, donde, a diferencia del spillover de retornos total, este presenta reacciones más sensibles ante shocks en los mercados. Además, existe una clara predominancia el largo plazo en el spillover total durante el periodo. La alta variabilidad del spillover total responde, al igual que en la serie de retornos, a eventos ocurridos que afectan directamente la volatilidad de largo plazo de los mercados y a su vez, la relación entre ellos.

Figura 3 - Conectividad Total de la Volatilidad.



La aumento o peaks de conectividad que se presentan en la **Figura 2** y **Figura 3** pueden ser atribuidos a diferentes hechos ocurridos en mercados internacionales como:

- i) Desde 2009 hasta mediados de 2012 se presenta una “estabilidad” con altos índices, lo que puede ser atribuido a la financiera internacional y la crisis de deuda europea.
- ii) Durante 2011, Standard & Poor's baja en la clasificación crediticia de EE.UU a AA-, golpeando a todos los mercados financieros mundiales
- iii) En el ultimo trimestre de 2014 se presentan dos grandes peaks. Primero, el Flash Crash en los bonos del tesoro de Estados Unidos, y segundo, la caída del precio del petróleo.
- iv) Aumento progresivo del índice desde 2015 hasta 2017, provocado por la crisis internacional del petróleo y los cortes de oferta anunciados por la OPEC.
- v) Inicio de la Guerra Comercial entre Estados Unidos y China
- vi) Caída simultaneas e incertidumbre en todos los mercados internacionales en 2020 a raíz de la crisis sanitaria internacional a causa de la pandemia por COVID-19.

## 5. Conclusiones e Implicancias

Este trabajo analiza el tiempo y la frecuencia dinámica de la conectividad de los principales mercados financieros latinoamericanos (Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile y Perú) y de Estados Unidos desde 2009 a 2020, utilizando el Spillover Index desarrollado por Diebold & Yilmaz (2009, 2012) y la extensión propuesta por Baruník & Křehlík (2018) que permite medir la conexión dinámica de los retornos y la volatilidad en el tiempo y en diferentes frecuencias. Los resultados obtenidos contribuyen a la literatura con tres principales hallazgos:

Primero, al estudiar el dominio de tiempo es posible identificar que las principales economías americanas, y a su vez, los principales mercados financieros del continente americano (EE.UU – Brasil – México) son los mayores transmisores de volatilidad y retornos al resto de mercados latinos, siendo Brasil el predominante de todo el sistema.

Segundo, en términos de dominio de frecuencia, los resultados indican que el corto plazo (1 a 5 días) tiene el efecto mas alto en el spillover de retorno, es decir, un shock de retorno provocado por en un mercado será transmitido a los otros rápidamente, en no mas de una semana. Por otro lado, en el spillover de volatilidad, el mayor efecto se desarrolla al largo plazo (más de 20 días). Ambos resultados, son coherentes los hallazgos Shi (2021), Toyoshima & Hamori (2018), Zhang et al. (2020).

Tercero, en el análisis de ventanas móviles, es posible identificar una mayor estabilidad en la conectividad total de los retornos de los mercados, evidenciando aumentos en este a causa de eventos internacionales como la crisis financiera global de 2008, la crisis de deuda europea de 2009, la crisis del petróleo desde 2014 y la crisis sanitaria mundial por COVID-19 en 2020. Estos eventos, también impactaron, a su vez, en la conectividad total de la volatilidad, junto con otros hechos, generando una alta variabilidad y peaks repentinos durante todo el periodo en análisis.

---

Estos hallazgos proveen de información a los agentes que participan en los mercados para la toma de decisiones y manejo del riesgo. Desafortunadamente, en el spillover de retornos, el efecto es mayor a corto plazo, lo que implica un menor tiempo para reaccionar antes un shock en el mercado. Por otro lado, respecto al spillover de volatilidad, dado un mayor efecto a largo plazo, otorga a los agentes suficiente tiempo para reaccionar y prevenir el impacto de *shocks* en otros mercados.

Esta evidencia empírica conlleva importantes implicancias prácticas para inversionistas, ya que provee de información relevante para las decisiones sobre inversión, o bien sobre el movimiento de capitales entre países de la región, entregando señales útiles para identificar destinos de inversión en Latinoamérica y/o opciones de rebalanceo de portafolios. Por otro lado, en políticas públicas la aplicación es útil dado que, identifica aquellos países más expuestos a shocks externos. Es decir, contribuye como una herramienta útil para monitorear el riesgo e intervenir ante el riesgo sistemático y potencial, lo cuál resulta de suma relevancia en mercados emergentes.

Dentro de posibles futuras líneas de desarrollo de esta investigación, se encuentra incorporar al análisis otros mercados internacionales representativos que pueden influir directamente en los mercados latinoamericanos, como también, incorporar elementos o características propias de los países en estudio.

---

Referências

- Arouri, M. E. H.; Bellalab, M.; Nguyen, D. K. (2010). "The comovements in international stock markets: New evidence from Latin American emerging countries", *Applied Economics Letters*, 17(13), 1323–1328. <https://doi.org/10.1080/13504850902967449>
- Baruník, J.; Křehlík, T. (2018). "Measuring the Frequency Dynamics of Financial Connectedness and Systemic Risk\*", *Journal of Financial Econometrics*, 16(2), 271–296. <https://doi.org/10.1093/jffinec/nby001>
- Bekaert, G.; Ehrmann, M.; Fratzscher, M.; Mehl, A. (2014). "The Global Crisis and Equity Market Contagion", *Journal of Finance*, 69(6), 2597–2649. <https://doi.org/10.1111/jofi.12203>
- Celkk, S. (2012). "The more contagion effect on emerging markets: The evidence of DCC-GARCH model", *Economic Modelling*, 29(5), 1946–1959. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.06.011>
- Diebold, F. X.; Yilmaz, K. (2009). "Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers, with Application to Global Equity Markets", *The Economic Journal*, 119(534), 158–171. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2008.02208.x>
- Diebold, F. X.; Yilmaz, K. (2012). "Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers", *International Journal of Forecasting*, 28(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.02.006>
- Gamba-Santamaria, S.; Gomez-Gonzalez, J. E.; Hurtado-Guarin, J. L.; Melo-Velandia, L. F. (2017). "Stock market volatility spillovers: Evidence for Latin America", *Finance Research Letters*, 20, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.10.001>
- Garman, M. B.; Klass, M. J. (1980). "On the Estimation of Security Price Volatilities from Historical Data", *The Journal of Business*, 53(1), 67–78. <https://www.jstor.org/stable/2352358>
- Shi, K. (2021). "Spillovers of Stock Markets among the BRICS: New Evidence in Time and Frequency Domains before the Outbreak of COVID-19 Pandemic", *Journal of Risk and Financial Management*, 14(3), 112. <https://doi.org/10.3390/jrfm14030112>
- Shu, H.-C.; Chang, J.-H. (2019). "Spillovers of volatility index: Evidence from U.S., European, and Asian stock markets", *Applied Economics*, 51(19), 2070–2083. <https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1540846>
- Sun, Q.; Gao, X.; An, H.; Guo, S.; Liu, X.; Wang, Z. (2021). "Which time-frequency domain dominates spillover in the Chinese energy stock market?", *International Review of Financial Analysis*, 73, 101641. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101641>
- Toyoshima, Y.; Hamori, S. (2018). "Measuring the Time-Frequency Dynamics of Return and Volatility Connectedness in Global Crude Oil Markets", *Energies*, 11(11), 2893. <https://doi.org/10.3390/en11112893>
- Uğurlu Yıldırım, E. (2020). "The Impact of COVID-19 Pandemic on the Financial Contagion among Turkey, US, and China Stock Markets", *Journal of Business Research - Turk*, 12(3), 2764–2773. <https://doi.org/10.20491/isarder.2020.1006>
- Zhang, D.; Hu, M.; Ji, Q. (2020). "Financial markets under the global pandemic of COVID-19", *Finance Research Letters*, 36, 101528. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101528>