

Spillovers en un contexto de crisis *Sub-prime* y COVID-19*

Joaquín Prieto Álvarez[†]

Octubre 2020

Abstract

Utilizando la metodología de Diebold & Yilmaz (2012), se estiman los *spillovers* de retornos y de volatilidad para 14 economías desarrolladas y 8 economías emergentes. Se analizan estos indicadores para toda la muestra, para luego analizar el índice total de *spillover* y dar cuenta de la evolución que ha tenido en el contexto de crisis. Se detecta un cambio en los comportamientos de *spillovers* en la crisis del coronavirus, en comparación a crisis previas, tanto en *spillovers* de retornos como de volatilidad. Además, se analiza la posición neta de *spillovers* de los países, dando cuenta de cómo ha cambiado este indicador desde 1998, en particular de lo que ha sucedido en los centros de esta investigación: crisis *subprime* y COVID-19, encontrando una diferencia importante en ciertos países, pero a niveles generales, los países desarrollados enfatizan su posición neta de emisores de volatilidad, mientras que para los países emergentes sucede exactamente lo contrario.

Keywords: Volatilidad, spillover, coronavirus, crisis.

*Agradezco los comentarios y sugerencias muy útiles en el desarrollo de la idea y la aplicación econométrica de Ljubo Franetović, Montserrat Martí, Ercio Muñoz, Alfredo Parra y al profesor José L. Ruiz. Todo error queda a responsabilidad del autor.

[†]Estudiante Magíster en Finanzas, Universidad de Chile. Email: jprietoa@fen.uchile.cl.

1 Introducción

La pandemia del COVID-19 que se desató desde fines del 2019 con origen en China, ha traído una crisis sanitaria que, a costas, trae una de las crisis económicas más importantes de las que se tenga registro. Esta ha llevado a que las proyecciones de crecimiento de distintos países sean en la gran mayoría de los casos negativas. En este contexto, las economías se contraen, lo que repercute directamente en economías a lo largo del planeta, que en su mayoría depende directamente de potencias mundiales como Estados Unidos (USA) o China.

Los mercados financieros no han quedado ajenos de esta crisis, y se han visto distintos desplomes de las bolsas mundiales, junto a las caídas bursátiles de empresas que las han dejado al borde de la quiebra. En un contexto de esta magnitud, la volatilidad de los mercados ha aumentado de manera significativa, lo que también se ha visto en crisis pasadas, como lo fue la crisis *subprime* en el año 2008. Cabe destacar el día cuando los futuros de petróleo cayeron a precios negativos en marzo de 2020, dando cuenta de la magnitud de la crisis que venía el 2020.

Junto con lo anterior, existen diferentes transmisiones de retornos y de volatilidad desde y hacia distintos mercados. Esto lo podemos estudiar a partir del método propuesto por [Diebold & Yilmaz \(2009\)](#). Este modelo plantea el cálculo de los *spillover* de retornos y de volatilidad de distintos índices accionarios de países desarrollados y emergentes. En este trabajo, se define *spillover* como la fracción de varianza del error de la predicción de un periodo hacia adelante de una variable x_i , dado por *shocks* en x_j donde $i \neq j$. A partir de esto, se generan índices de *spillover* para distintos periodos de tiempo.

El modelo recién mencionado posee algunas limitaciones. La primera, es que, al basarse en una descomposición de Cholesky, la descomposición de varianza del error de predicción depende del orden en que se presenten las variables. Lo segundo es que solo permite calcular *spillovers* totales, es decir, de un mercado i a todo el resto de los mercados o viceversa. Por otro lado, este trabajo permite solamente el cálculo de *spillovers* entre activos iguales en diferentes países. Para solucionar estos problemas, se presenta el trabajo de [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#), dando una aproximación generalizada para poder hacer análisis más profundos, en particular de los *spillover* de volatilidad por pares de países, además de el análisis que puede surgir entre distintos activos, donde esto último es en lo que se concentra el documento.

Además de lo propuesto por los autores previamente mencionados, [Gamba-Santamaria et al. \(2016\)](#) llevan a cabo una extensión del modelo. Ellos aplican un enfoque con modelos DCC-GARCH, propuesto por [Engle \(2002\)](#), lo que evita una definición formal de volatilidad, según los autores. Esto permite que no se haga la diferencia entre *spillovers* de retornos y de volatilidad, ya que la volatilidad se incorpora directamente al modelo desde la matriz de varianza-covarianza del modelo DCC-GARCH. Este trabajo, aplica el modelo para países de latinoamérica, estudiando como son los *spillovers* entre los principales mercados de la región (Brazil, Chile, Colombia y México).

Este documento pretende analizar los *spillovers* de economías desarrolladas y emergentes, definidas como tal por [MSCI](#), y ver como estos han (o no) cambiado con la presencia de la pandemia del coronavirus. Para esto, se pretende utilizar el enfoque planteado por [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#) y comparar estos resultados en el contexto de crisis. Cabe señalar que la principal limitación de este trabajo, es que vamos a tener que definir una volatilidad. Para esto, se utilizará la misma métrica planteada por los autores y que se detallará más adelante. Para estudiar lo que se pretende en este documento se utilizarán los principales índices bursátiles de cada país, que se definirán más en detalle en la Subsección 3.1.

Los principales resultados de este trabajo es que indica un cambio importante en los comportamiento de *spillovers* en los distintos países. Esto se observa, tanto para cuando tenemos un indicador de *spillover* a nivel total como para cuando analizamos los *spillovers* netos de cada país. En particular, vemos que los países desarrollados de la eurozona presentan un aumento importante en sus transmisiones de *spillovers*, es decir, lo que ellos transmiten al resto de los mercados es aún más grande a lo que pasaba previo a la pandemia. Por su parte, los países emergentes tienden a recibir más posterior a la pandemia que antes, pero este efecto es más heterogéneo en los países estudiados. Por su parte, los *spillovers* de volatilidad han seguido la misma senda que los *spillovers* de retornos.

El resto de este trabajo se organiza como sigue. La Sección 2 lleva a cabo una revisión de literatura asociada al tema en estudio. La Sección 3 presenta la metodología y un análisis descriptivo de los datos. En particular, la Subsección 3.3 presenta la metodología de estimación, la Subsección 3.1 describe los datos a utilizar, mientras que la Subsección 3.2 muestra la estadística descriptiva de los datos. Por su parte, la Sección 4 muestra los resultados obtenidos por este trabajo. Finalmente, en la Sección 5 se concluye.

2 Revisión de literatura

El estudio de volatilidad en los mercados financieros, y su efecto en distintos indicadores, ha sido ampliamente estudiado en la literatura en el último tiempo. Además del estudio de la volatilidad como tal mediante distintos mecanismos y sus implicancias (e.g [Day & Lewis, 1992](#); [French, Schwert & Stambaugh, 1987](#); [Schwert, 1989](#), entre muchos otros), se han planteado distintos modelos econométricos que tratan de incorporar la volatilidad para los retornos ([Bollerslev, 1986](#); [Engle, 1982](#)), junto a distintas extensiones con este fin.

Por otro lado, últimamente se han estudiado las dinámicas de volatilidad cruzada entre países, a partir del concepto de *spillover* que se define formalmente por [Diebold & Yilmaz \(2009, 2012\)](#). Este concepto captura el efecto de retornos y volatilidades dentro de un mercado sobre otro. Esto puede ser entre países, como en efectos cruzados entre mercados de acciones, bonos, *commodities* y futuros ([Diebold & Yilmaz, 2012](#)). Por ejemplo, [Antonakakis & Vergos \(2012\)](#) cuantifican los *spillover* entre mercados de crédito soberano y bancos en la eurozona, llegando a la fuerte conexión entre el mercado del crédito y los bancos. Esta metodología se pretende explotar para poder analizar los *spillover* en contexto de crisis, idea final de este documento.

El modelo discutido previamente ha sido extendido en distintos sentidos. En particular, se han incorporado otros modelos de estimación para pulir los *spillover*. Así, también se ha investigado sobre los *spillover* sin utilizar lo propuesto por [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#). Por ejemplo, [Arezki & Liu \(2020\)](#) analizan los canales de transmisión de *spillovers* de *shocks* sobre variables macroeconómicas entre economías emergentes y desarrolladas.

Así, hay muchos estudios que incorporan *spillovers* extendiendo este modelo, como por ejemplo el estudio ya mencionado de [Gamba-Santamaria et al. \(2016\)](#), que utilizan un modelo DCC-GARCH y lo aplican para 4 países latinoamericanos, [Beirne et al. \(2010\)](#) y [Gilenko & Fedorova \(2014\)](#) con un GARCH-in-mean multivariado. El primero lo hace para una aplicación a 4 países de latinoamérica y el segundo para los países BRIC. [Do et al. \(2019\)](#), utilizando también un DCC-GARCH y un EGARCH con aplicaciones para China. Por su parte, [McIver & Kang \(2020\)](#) utilizan un modelo DECO-GJR-GARCH multivariado para analizar *spillovers*

entre EE.UU. y los mercados financieros de países BRICS. [Yildirim, Cevik & Esen \(2020\)](#) por su parte, analizan los *spillovers* entre el precio del petróleo y de metales preciosos.

Uno de los documentos más similares a lo que se pretende hacer en este trabajo es el llevado a cabo por [Yarovaya, Brzezczynski & Lau \(2016\)](#). En particular, los autores analizan los *spillovers* de retornos y de volatilidad entre regiones y dentro de las regiones con la metodología de [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#). Utilizan datos de índices accionarios y sus futuros para la estimación de los *spillover*. Si bien mencionan las crisis en el periodo estudiado, no se analizan en profundidad los comportamientos existentes entre crisis, además de considerar una menor cantidad de países.

El estudio y comparación en crisis lo podemos ver en [Lien et al. \(2018\)](#), quienes compararon los *spillover* de volatilidad entre EE.UU. y el mercado accionario asiático en el contexto de la crisis *subprime* y la crisis asiática. En esta misma línea, [Alter & Beyer \(2013\)](#) analizan los *spillover* del *bond yield spread* entre países de la euro zona para las épocas de crisis financiera global y la crisis de deuda de la eurozona.

3 Metodología y análisis descriptivo

3.1 Datos

Para llevar a cabo la estimación de este trabajo, se utilizarán los principales índices bursátiles de los países a estudiar con frecuencia diaria. Como se mencionó previamente, se utilizarán datos diarios de países desarrollados y emergentes (según [MSCI](#)). Filtrando por la disponibilidad de datos, tendremos los siguiente países desarrollados: Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, España, Francia, Hong Kong, Israel, Japón, Países Bajos, Reino Unido, Singapur, Suiza y Estados Unidos y los siguientes países emergentes: Brasil, Filipinas, India, Indonesia, Korea, Malasia, Perú y Taiwán. Esto nos deja una muestra de 22 países desde al año 1997 al presente.

El detalle de los países considerados se puede encontrar en la Tabla 4 en el anexo. En dicha tabla se presenta el código ISO 3 del país, su índice bursátil y el nemotécnico a utilizar para recuperar los datos desde *Yahoo Finance* (YF).

Una vez obtenidos los datos, los trabajamos para la construcción de retornos y de volatilidad. En primer lugar, los retornos se definen como:

$$r_{it} = \log \left(\frac{P_{it}}{P_{it-1}} \right) \quad (1)$$

Luego, la volatilidad se construirá tal como se hizo en [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#), que basados en [Alizadeh, Brandt & Diebold \(2002\)](#), definen la volatilidad diaria como:

$$\tilde{\sigma}_{it}^2 = 0.361 \cdot [\ln(P_{it}^{\max}) - \ln(P_{it}^{\min})]^2 \quad (2)$$

Finalmente, la volatilidad anualizada (como porcentaje) se construye como:

$$\hat{\sigma}_{it} = 100 \cdot \sqrt{365 \cdot \tilde{\sigma}_{it}} \quad (3)$$

3.2 Estadística descriptiva

Para comenzar, vamos a llevar a cabo una breve estadística descriptiva para dar una aproximación a los datos que estamos utilizando. Se calculan los principales estadísticos, los cuales se

presentan en la Tabla 1 para nuestros datos diarios. A simple vista, podemos ver que ninguna de las series de retornos se comportan normales, principalmente por los valores de asimetría y curtosis (0 y 3 para una distribución normal, respectivamente), además de la inspección visual desde la Figura 9 para los retornos y Figura 10 para las volatilidades que sugiere una evidente no normalidad en las volatilidades pero no tanto para los retornos. Luego, cabe destacar la negatividad de la media en la mayoría de los países desarrollados, y una mayor positividad en países emergentes. Sin embargo, vemos que la mediana de los retornos de todos los índices, es positiva en el periodo estudiado, salvo para Brasil y Singapur. Por su parte, la desviación estándar es bastante similar entre todos los países de estudio, salvo por Brasil que rompe la barrera del 2%.

Para corroborar la hipótesis de que los retornos no son normales, se lleva a cabo el test de Jarque-Bera, que tiene como hipótesis nula la normalidad de la serie a estudiar. Estos resultados se presentan en la Tabla 5 del anexo. Vemos que se rechaza la normalidad de todas las series. Este test se hace solo sobre la serie de retornos, ya que, como se mencionó previamente, no hace sentido hacerlo para las volatilidades.

Respecto a la estadística descriptiva de las volatilidades, vemos que la media para todos los índices de países desarrollados se encuentra en torno al 8%, salvo por Brasil que llega a un 14%, aproximadamente. Sin embargo, la mediana tiene valores más bajos cercanos al 5%, donde nuevamente Brasil presenta un valor extremo cercano al 10%. Luego, la desviación estándar oscila entre 9% y 16%, aproximadamente.

En cuanto a la normalidad, vemos que ninguno de los valores se acerca a los de una normalidad, puesto que los valores de asimetría están ampliamente por sobre 7, mientras que la curtosis desde 12 hacia arriba.

Por último, se obtienen la a matriz de correlación para los retornos (Tabla 6) y para las volatilidades (Tabla 7). Lo primero que cabe destacar para los retornos es la correlación importante que existe entre algunas economías desarrolladas, mucho más de lo que vemos en las economías emergentes. Esto es también extensible para las volatilidades diarias calculadas según lo descrito en (3), donde llegamos a conclusiones similares, es decir, fuerte correlación en algunas economías desarrolladas, más que en las emergentes.

3.3 Metodología de estimación

La estimación se llevará a cabo con el método que se detalla a continuación. El concepto de *spillovers* es presentado por Diebold & Yilmaz (2009) y que se entiende a partir de dos definiciones: *own variance shares* y *cross variance shares*, donde este último corresponde a los *spillovers*. Como se mencionó previamente, la metodología que se utilizará, permite el cálculo de retornos y volatilidades direccionales entre países, pudiendo entender como han sido afectados los países en contextos de crisis.

Luego, definamos lo que utiliza Diebold & Yilmaz (2012). En primer lugar, consideremos un modelo VAR(p) estacionario para un vector de N variables $x_t = \sum_{i=1}^p \Phi_i x_{t-i} + \varepsilon_t$ donde $\varepsilon \stackrel{\text{iid}}{\sim} (0, \Sigma)$. Luego, su representación VMA(∞) (dado que es débilmente estacionario) $x_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_i \varepsilon_{t-i}$, donde las matrices A_i de $N \times N$, vienen de la recursividad $A_i = \Phi_1 A_{i-1} + \Phi_2 A_{i-2} + \dots + \Phi_p A_{i-p}$ para $i = 1, 2, \dots$ con $A_0 = I_N$ y $A_i = 0$ para $i < 0$. Así, denotando la descomposición de varianza del error de predicción de H periodos en adelante con el método

Tabla 1: Estadística descriptiva para retornos y volatilidades diarias

<i>Panel A: Países Desarrollados</i>										
País	Retornos					Volatilidades				
	Media	Mediana	S.D.	Sk.	Kurt.	Media	Mediana	S.D.	Sk.	Kurt.
AUT	-0,016%	0,054%	1,422%	-0,878	9,165	9,275%	5,692%	11,664%	3,613	24,158
BEL	-0,014%	0,024%	1,282%	-0,681	11,110	7,723%	4,907%	8,975%	3,008	18,740
CAN	-0,022%	0,050%	1,111%	-1,013	15,237	6,399%	3,886%	8,000%	3,090	16,252
CHE	-0,015%	0,032%	1,203%	-0,536	4,968	7,518%	4,921%	8,774%	3,128	17,338
DEU	-0,024%	0,055%	1,515%	-0,465	4,556	10,053%	6,397%	11,396%	2,462	8,548
ESP	-0,026%	0,026%	1,512%	-0,260	7,821	9,733%	6,360%	10,615%	2,376	9,449
FRA	-0,029%	0,013%	1,461%	-0,444	5,622	9,101%	5,857%	10,069%	2,485	9,644
GBR	-0,047%	0,000%	1,212%	-0,569	7,094	8,381%	5,621%	9,489%	3,118	18,824
HKG	-0,036%	0,029%	1,557%	-0,463	3,935	8,719%	5,806%	9,412%	2,415	8,947
ISR	-0,006%	0,000%	1,124%	-0,236	2,507	7,302%	4,863%	7,771%	2,199	7,255
JPN	-0,002%	0,014%	1,509%	-0,397	4,836	8,352%	5,633%	9,289%	3,266	21,687
NLD	-0,042%	0,023%	1,447%	-0,434	5,987	8,603%	5,490%	10,074%	2,716	10,521
SGP	-0,050%	-0,007%	1,242%	-0,535	5,900	7,801%	5,205%	8,828%	2,720	12,455
USA	0,003%	0,057%	1,253%	-0,858	9,627	7,522%	4,100%	9,473%	2,854	13,284

<i>Panel B: Países Emergentes</i>										
País	Retornos					Volatilidades				
	Media	Mediana	S.D.	Sk.	Kurt.	Media	Mediana	S.D.	Sk.	Kurt.
BRA	-0,059%	-0,007%	2,032%	-1,010	7,603	14,209%	9,774%	16,316%	3,468	23,380
IDN	-0,002%	0,080%	1,543%	-0,480	7,691	8,377%	4,862%	11,274%	3,309	19,724
IND	0,019%	0,080%	1,488%	-0,714	7,375	9,992%	6,462%	11,008%	2,753	12,735
KOR	0,019%	0,064%	1,719%	-0,175	5,294	9,508%	5,664%	11,722%	2,769	12,552
MYS	-0,029%	0,014%	1,324%	-1,260	70,231	6,340%	3,440%	10,986%	11,330	258,682
PER	-0,031%	0,007%	1,361%	-1,012	9,114	7,922%	4,625%	11,628%	5,509	61,578
PHL	-0,019%	0,013%	1,438%	-0,311	11,911	7,281%	4,569%	9,034%	3,265	22,403
TWN	-0,007%	0,035%	1,403%	-0,311	3,902	8,425%	5,621%	9,282%	2,181	7,777

Nota: Se presentan los principales estadísticos para los retornos y para las volatilidades diarias, que corresponden a media, mediana, desviación estándar, asimetría y curtosis, respectivamente. Se utilizan datos diarios entre 1997-07-03 y 2020-11-11 (3032 observaciones).

KPPS¹ como $\theta_{ij}^g(H)$ para $H = 1, 2, \dots$:

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

Donde σ_{jj} es la desviación estándar del término de error para la ecuación j -ésima y e_i es el vector de selección que tiene un 1 en el elemento i -ésimo y 0 en otro caso. Este índice se

¹El enfoque generalizado denotado como KPPS por Diebold & Yilmaz (2012) se refiere a lo propuesto en Koop, Pesaran & Potter (1996) y Pesaran & Shin (1998). Como consecuencia, los *shocks* no son ortogonalizados, por lo que la suma de las contribuciones a la varianza del error de predicción, no es necesariamente igual a 1.

normaliza por la suma de las filas como:

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

Donde, por construcción, se cumple $\sum_{j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = 1$ y $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = N$.

A partir de lo anterior, los autores plantean el índice de *spillover* total (central para este trabajo) definido como

$$S^g(H) = \frac{\sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq 0}}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{N} \cdot 100^2 \quad (4)$$

Este índice nos permite ver la contribución de los *shocks* en *spillovers* de volatilidad a la totalidad del error de predicción a lo largo de los distintos países. Nótese que este es un índice de *spillover* agregado para toda la estimación, el cual nos permite analizar este indicador en su agregado.

A continuación, se definen los conceptos principales de este trabajo, y que corresponde a los *spillovers* direccionales, netos y netos de a pares.

- ***Spillovers* direccionales.** Dentro de esta definición, encontramos dos tipos de *spillovers* direccionales: (1) los *spillovers* recibidos por el mercado i desde todo el resto de los j mercados como:

$$S_i^g(H) = \frac{\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq 0}}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H)}{N} \cdot 100 \quad (5)$$

Este *spillover* se denota como **TO**. Por otro lado, tenemos (2) los *spillovers* transmitidos por el mercado i hacia el resto de los j mercados como:

$$S_{-i}^g(H) = \frac{\sum_{j=1}^N \tilde{\theta}_{ji}^g(H)}{N} \cdot 100 \quad (6)$$

Este *spillover* se denota como **FROM**.

- ***Spillovers* netos.** Los *spillovers* netos se calculará como la diferencia entre el *spillover* FROM y el *spillover* TO, es decir:

$$S_i^g(H) = S_i^g(H) - S_{-i}^g(H) \quad (7)$$

Este elemento será de utilidad a la hora de analizar los resultados y ver como reaccionan los países en contextos de crisis.

²Notar que en el denominador se cumple $\sum_{i,j=1}^N \tilde{\theta}_{ij}^g(H) = N$, lo que no se va a explicitar en el resto del documento.

Así, el modelo a estimar para obtener resultados preliminares es un modelo VAR(1) para ambas frecuencias de datos

$$\mathbf{r}_t = \Phi_0 + \Phi_1 \mathbf{r}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Donde \mathbf{r}_t es un vector de detornos de 22×1 . A partir de las estimaciones de este modelo, se podrán obtener los índices de *spillover* para los retornos en este caso. Por su parte, la volatilidad será estimada como

$$\sigma_t = \Theta_0 + \Theta_1 \sigma_{t-1} + \eta_t \quad (9)$$

Y al igual que en el modelo anterior, σ_t es un vector de 22×1 . Notar que σ_t es un vector de volatilidades calculadas, definida en la ecuación (3) para todos los países.

De esta forma, se calcularán los *spillover* para ambos modelos, los que nos van a permitir darnos cuenta de como ha evolucionado este índice a lo largo de los años. Luego de tener esta intuición agregada, veremos como cambian estos *spillovers* por país en cada periodo de tiempo, para llegar a las conclusiones del trabajo.

4 Resultados

Para dar una primera aproximación a lo que se quiere llegar con este trabajo, es ver los *spillover* para la muestra en su agregado, es decir, qué nos dicen estos indicadores cuando estimamos el modelo de la ecuación (8) para los datos diarios entre 1997 y el presente. Estos resultados se presentan en la Tabla 2, donde podemos ver los *spillovers* de los retorno. Aquí se aprecia una relación más fuerte entre países desarrollados de la eurozona, y menos relación entre países emergentes, incluso en la relación de estos países con el set de países desarrollados con los que se cuenta, tal como sugiere el resultado de [Yarovaya, Brzezczynski & Lau \(2016\)](#). Un caso interesante es lo que ocurre en Alemania, España, Francia y Reino Unido, quienes tienen *spillovers* cercanos al 10%.

Tabla 2: *Spillovers* de retornos

	AUT	BEL	CAN	CHE	DEU	ESP	FRA	GBR	HKG	ISR	JPN	NLD	SGP	USA	BRA	IDN	IND	KOR	MYS	PER	PHL	TWN	FROM
AUT	16.86	8.32	4.45	6.50	6.98	7.83	8.02	7.51	2.28	3.94	1.55	7.34	2.54	3.71	2.78	1.33	1.89	0.89	0.44	3.40	0.41	1.02	3.78
BEL	6.80	13.91	3.96	8.33	8.46	8.51	9.76	8.90	1.69	3.25	1.03	9.92	2.00	4.40	2.65	0.83	1.53	0.72	0.34	2.15	0.25	0.61	3.91
CAN	4.94	5.44	20.13	5.12	6.38	5.75	6.60	6.43	1.37	2.63	0.77	6.08	1.74	11.51	6.64	0.63	1.28	0.77	0.21	4.59	0.31	0.68	3.63
CHE	5.54	8.68	3.78	14.51	9.17	7.95	9.86	9.38	1.74	3.11	1.11	10.00	2.05	4.32	2.71	0.70	1.30	0.73	0.32	2.15	0.22	0.69	3.89
DEU	5.56	8.20	4.41	8.57	13.57	8.76	10.87	8.94	1.58	3.32	0.81	10.19	1.68	5.17	2.88	0.51	1.13	0.78	0.17	2.16	0.12	0.59	3.93
ESP	6.49	8.63	4.22	7.69	9.08	14.02	10.63	8.69	1.62	3.28	0.89	9.40	1.90	4.37	2.94	0.59	1.32	0.75	0.21	2.46	0.19	0.62	3.91
FRA	5.83	8.71	4.22	8.43	9.95	9.39	12.41	9.58	1.65	3.41	0.94	10.37	1.91	4.58	2.69	0.59	1.25	0.79	0.26	2.22	0.16	0.67	3.98
GBR	5.85	8.49	4.37	8.57	8.74	8.20	10.23	13.27	2.08	3.23	1.07	9.91	2.11	4.37	2.70	0.64	1.41	1.00	0.38	2.50	0.23	0.67	3.94
HKG	3.38	3.30	2.40	3.08	3.30	3.16	3.74	4.24	22.22	3.02	5.39	3.77	9.97	2.18	2.14	3.92	4.41	5.13	2.76	1.97	2.18	4.35	3.54
ISR	5.96	5.99	3.61	5.47	6.26	5.96	7.02	6.20	3.04	25.51	1.58	6.74	3.06	3.40	2.36	0.90	1.87	1.10	0.38	2.15	0.43	1.01	3.39
JPN	3.62	3.11	2.31	2.99	2.73	2.72	3.37	3.32	7.53	2.15	30.90	3.22	6.44	2.13	1.38	2.44	2.66	5.97	1.68	1.75	2.49	5.10	3.14
NLD	5.54	9.16	4.04	8.86	9.65	8.59	10.73	9.59	1.83	3.39	0.98	12.83	1.94	4.32	2.68	0.61	1.15	0.82	0.34	2.17	0.16	0.63	3.96
SGP	3.63	3.56	2.68	3.36	3.17	3.34	3.84	3.92	9.90	2.79	4.56	3.66	21.91	2.16	2.14	4.50	4.28	4.50	3.12	2.15	2.59	4.23	3.55
USA	4.29	6.16	11.85	5.79	7.64	6.14	7.24	6.46	0.71	2.52	0.31	6.52	0.95	20.71	7.59	0.24	0.82	0.48	0.03	3.07	0.09	0.40	3.60
BRA	4.01	4.85	8.60	4.77	5.37	5.27	5.48	5.19	1.57	2.24	0.58	5.29	1.76	9.63	26.27	0.90	1.21	1.09	0.33	4.54	0.49	0.57	3.35
IDN	3.20	2.72	2.59	2.15	2.06	1.91	2.38	2.37	6.32	1.52	2.74	2.36	7.19	1.78	2.31	35.07	3.94	3.90	3.42	2.27	4.57	3.26	2.95
IND	3.93	3.92	2.66	3.06	3.07	3.33	3.62	3.85	6.38	2.40	2.71	3.21	6.35	2.00	1.90	3.61	32.55	3.58	1.03	2.70	1.40	2.75	3.07
KOR	2.19	2.26	2.05	2.13	2.51	2.44	2.80	3.07	7.49	1.74	6.20	2.73	6.64	1.97	1.99	3.30	3.58	32.04	2.29	1.70	2.44	6.45	3.09
MYS	1.79	1.60	1.96	1.52	1.31	1.15	1.49	1.75	6.11	0.97	2.69	1.74	6.99	1.58	1.78	4.87	1.58	3.52	49.09	1.43	2.59	2.48	2.31
PER	5.66	4.48	6.87	4.24	4.55	4.98	5.16	5.49	2.05	2.34	1.22	4.93	2.42	4.39	5.37	1.49	2.26	1.11	0.45	28.80	0.72	1.02	3.24
PHL	2.72	2.56	3.09	2.20	2.12	2.40	2.47	2.56	4.79	1.48	3.23	2.23	5.72	2.86	2.44	5.71	2.01	3.12	2.32	1.98	39.05	2.93	2.77
TWN	2.71	2.02	2.30	2.06	2.13	2.18	2.50	2.23	6.96	1.64	5.82	2.35	6.93	2.11	1.50	3.38	3.16	7.12	1.78	1.55	2.62	34.96	2.96
TO	4.26	5.10	3.93	4.77	5.21	5.00	5.81	5.44	3.58	2.47	2.10	5.54	3.74	3.77	2.80	1.90	2.00	2.18	1.01	2.32	1.12	1.85	75.88

Nota: Se presentan los *spillovers* de retornos de países utilizados. Los colores hacen referencia a un *spillover* mayor. En particular, se establecen los rangos 0-4, 4-8, 8-12, 12-16 y 16 o más.

Para el caso de las volatilidades esto no es muy distinto, puesto que los *spillover* de volatilidad, que se pueden ver en la Tabla 3, dan cuenta de esta dependencia asociada a las zonas

geográficas en las que se encuentran. Sin embargo, hay una fuerte dependencia entre la eurozona y Estados Unidos, que se atribuye principalmente a la potencia mundial que es este país y como sus movimientos de mercado pueden afectar a todas las economías del mundo.

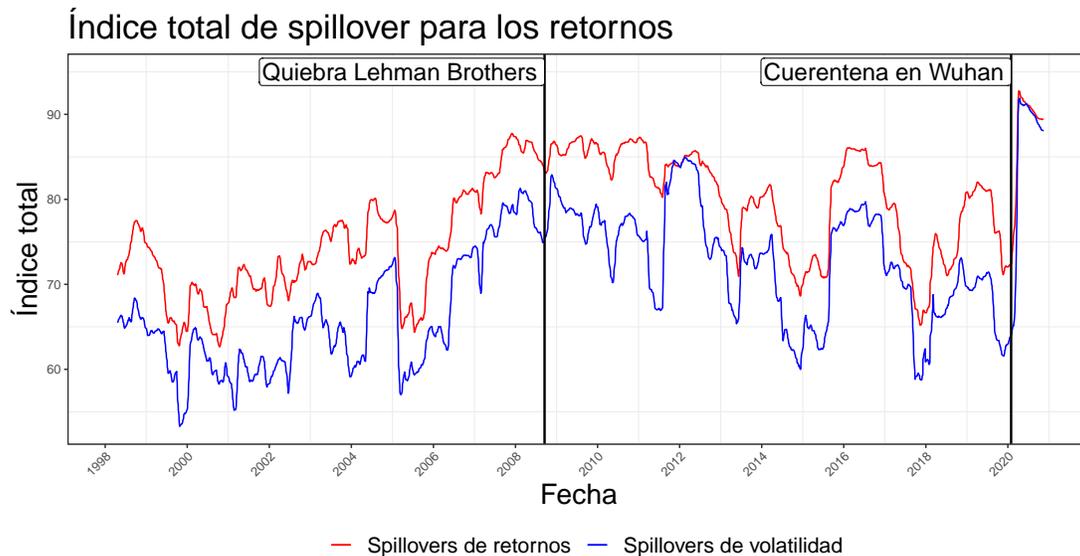
Tabla 3: *Spillovers* de volatilidad

	AUT	BEL	CAN	CHE	DEU	ESP	FRA	GBR	HKG	ISR	JPN	NLD	SGP	USA	BRA	IDN	IND	KOR	MYS	PER	PHL	TWN	FROM
AUT	21.96	8.62	5.27	6.38	5.71	7.44	6.95	8.57	1.28	2.80	0.71	6.11	2.36	4.61	3.30	0.98	1.24	0.25	0.23	4.38	0.53	0.31	3.55
BEL	6.48	16.53	3.66	9.20	9.19	8.76	10.77	9.81	0.49	2.30	0.46	11.16	1.15	4.43	2.17	0.29	0.58	0.37	0.04	1.70	0.10	0.35	3.79
CAN	5.76	5.52	24.87	4.53	4.62	4.42	5.56	6.58	0.91	1.69	0.66	4.68	1.72	13.32	6.69	0.57	1.45	0.53	0.10	4.95	0.28	0.60	3.42
CHE	4.73	9.42	3.13	17.09	10.28	7.89	10.49	9.54	0.66	2.05	0.63	10.89	1.45	4.41	2.90	0.57	0.52	0.46	0.32	1.88	0.20	0.47	3.77
DEU	4.14	8.90	3.00	9.63	16.42	9.32	12.45	9.00	0.75	2.33	0.60	11.85	1.24	4.56	2.25	0.29	0.57	0.60	0.20	1.22	0.07	0.59	3.80
ESP	5.96	9.55	3.18	8.30	10.31	17.31	12.27	8.93	0.46	2.22	0.46	10.25	0.86	4.09	2.60	0.16	0.44	0.32	0.06	1.83	0.07	0.36	3.76
FRA	4.67	9.89	3.38	9.28	11.76	10.54	15.19	9.96	0.52	2.19	0.43	11.95	0.97	4.32	2.03	0.20	0.41	0.33	0.05	1.48	0.04	0.44	3.86
GBR	6.08	9.44	4.21	8.85	8.87	7.90	10.34	16.16	0.96	2.24	0.86	9.96	1.54	4.84	2.58	0.47	0.81	0.50	0.09	2.62	0.17	0.53	3.81
HKG	2.61	1.61	1.52	1.80	1.78	1.42	1.52	3.10	37.49	2.09	3.12	1.72	11.76	1.74	2.22	4.44	4.38	5.08	3.53	2.09	1.77	3.20	2.84
ISR	5.03	5.48	2.65	4.85	5.75	4.99	5.75	5.52	1.72	36.39	0.91	6.02	3.10	3.43	1.81	0.78	1.46	1.42	0.43	1.48	0.26	0.77	2.89
JPN	2.70	2.29	1.96	2.31	2.32	1.70	2.39	4.15	4.12	1.21	44.62	2.37	5.98	2.46	1.81	1.93	1.47	5.81	1.63	1.84	1.41	3.52	2.52
NLD	4.33	10.51	2.98	10.08	11.51	9.00	12.30	9.88	0.60	2.32	0.54	15.96	1.16	3.97	1.82	0.26	0.37	0.36	0.15	1.38	0.07	0.44	3.82
SGP	3.84	2.64	2.28	3.18	2.69	2.04	2.65	3.84	9.53	2.52	3.70	2.68	29.15	2.34	2.56	5.79	3.60	4.64	3.33	2.41	1.90	2.72	3.22
USA	4.73	6.12	11.79	6.01	6.53	5.44	6.66	6.67	0.92	1.97	0.88	5.89	1.51	21.72	6.73	0.44	0.97	0.83	0.15	2.82	0.35	0.86	3.56
BRA	4.45	4.14	7.97	5.61	4.58	4.73	4.30	5.09	1.40	1.50	0.90	3.91	2.09	9.04	29.58	1.10	1.33	1.13	0.59	4.60	0.98	0.97	3.20
IDN	2.85	1.40	2.02	2.02	1.41	0.82	1.31	2.29	5.48	1.35	1.63	1.14	8.54	1.77	2.64	44.82	3.15	3.69	5.04	2.14	2.90	1.58	2.51
IND	3.54	2.37	2.90	1.76	1.80	1.54	1.51	3.19	5.61	1.75	1.58	1.53	6.36	2.00	2.18	3.38	47.12	3.62	0.73	2.22	0.98	2.32	2.40
KOR	1.52	1.47	1.26	1.72	1.77	1.45	1.39	2.31	6.18	1.44	5.65	1.31	7.37	1.92	2.32	2.98	3.27	42.04	2.54	1.47	1.53	7.10	2.63
MYS	1.22	0.33	0.41	2.18	1.20	0.59	0.56	0.94	5.39	1.04	1.72	0.85	6.36	0.74	3.71	6.34	0.95	3.29	57.09	0.70	2.75	1.64	1.95
PER	7.01	3.84	7.50	4.25	2.92	3.75	3.77	6.17	1.49	1.43	0.95	3.49	2.24	4.45	5.94	1.11	1.41	0.50	0.18	36.42	0.86	0.32	2.89
PHL	2.08	1.23	1.11	2.23	1.25	1.09	1.12	1.97	3.50	0.95	1.95	1.20	4.19	1.00	2.40	4.64	1.34	2.12	3.14	1.94	57.61	1.95	1.93
TWN	1.18	1.35	1.23	1.86	1.81	1.56	1.78	2.03	4.88	1.28	4.09	1.67	5.11	1.91	1.68	1.88	2.76	8.93	1.59	0.84	1.74	48.85	2.33
TO	3.86	4.82	3.34	4.82	4.91	4.38	5.27	5.43	2.58	1.76	1.47	5.03	3.50	3.70	2.83	1.75	1.48	2.03	1.10	2.09	0.86	1.41	68.44

Nota: Se presentan los *spillovers* de países desarrollados. Los colores hacen referencia a un *spillover* mayor. En particular, se establecen los rangos 0-4, 4-8, 8-12, 12-16 y 16 o más.

Luego, para analizar la dinámica de los *spillovers*, en la Figura 1 se presenta el índice total de *spillover*, descrito en la ecuación (4), luego de la estimación del modelo mediante *rolling*.

Figura 1: Índice total de *spillovers* para retornos y volatilidades

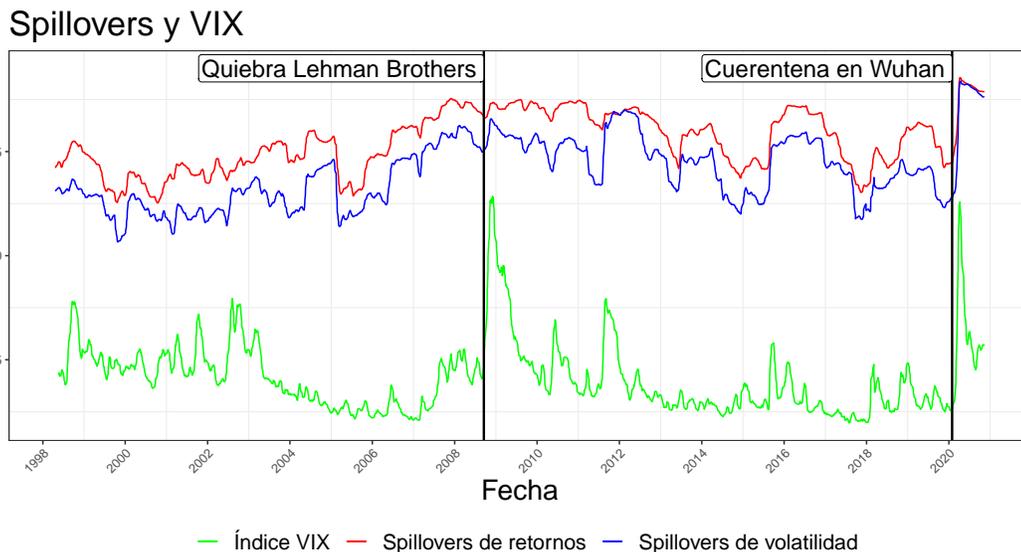


Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a Diebold & Yilmaz (2012)) para obtener el índice de *spillover* total, definido en la ecuación (4). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Para recuperar el índice diario con una ventana de 100 días y una predicción de 20 días, considerado como un mes hábil. Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización.

Es importante destacar lo que ocurre en la crisis actual, puesto que los *spillovers* toman una tendencia al alza muy importante, a diferencia de lo que podemos apreciar, el 2008 para la crisis *subprime*. En esta línea, en la Figura 1 marcamos como hito de la crisis *subprime* la quiebra de *Lehman Brothers*, mientras que el hito de la crisis del coronavirus cuando Wuhan entra por primera vez en cuarentena. En específico, los índices de retornos y de volatilidad no tienen alteraciones muy importantes en vecindades de un año alrededor de la crisis *subprime*. Esto es muy diferente a lo que ocurre con la crisis actual, donde vemos un aumento importante, llegando a niveles superiores a todo lo observado en el resto de la muestra. Cabe destacar que no solo el aumento es lo importante, sino lo rápido que aumentó el índice, que se atribuye a lo inédito de la crisis actual, que ha paralizado la economía con distintos rubros de manera transversal.

Otro punto importante a considerar, es que a primera vista, las series tienen una correlación muy importante. Si bien no son exactamente iguales, las series se mueven en conjunto de manera evidente. De cualquier modo, ambas series nos sirven como una medida de volatilidad del mercado global, y como es común en este tipo de casos, vamos a comparar estas series con el índice VIX de la *Chicago Board Option Exchange* (CBOE) que muestra un índice de volatilidad implícita de las opciones que se transan, cuyo gráfico lo vemos en la Figura 2.

Figura 2: Evolución de los *spillovers* y el índice VIX



Nota: Se presentan los mismos resultados que en la Figura 1, pero se agrega el índice VIX a partir de la CBOE.

De la inspección visual de las tres series, podemos ver la ya mencionada correlación entre los *spillovers* de retornos y de volatilidades, pero ahora el análisis lo vamos a centrar en la relación que tienen con el índice VIX. En líneas generales, existen ciertos periodos donde tenemos comportamientos similares, en particular entre 1999 y 2003, aproximadamente. Luego de esto, los *spillovers* muestran una baja de manera más drástica para luego repuntar, a diferencia de lo que ocurre con el VIX, que baja poco a poco hasta finales del 2007.

Lo más importante a considerar en este análisis, es lo que ocurre en las crisis que estamos estudiando en este documento. En particular, llama la atención la diferencia de reacciones de los índices para la crisis *subprime* y la crisis del coronavirus. En particular, el índice VIX llega a su máximo histórico, hasta la fecha de la crisis, días después a la quiebra de *Lehman Brothers*, mientras que los índices de *spillovers* se mantienen en cierta forma constante. Esto lo podemos atribuir a que el VIX se construye en base a opciones del mercado estadounidense, mientras que los índices de *spillovers* se construyen en base a mercados mundiales. Así, el índice VIX sobrerreacciona en comparación a los *spillovers*, que se construye en base a economías mundiales, donde los efectos se mitigan entre ellos, y luego de afectar, los agentes ya incorporan esta información a sus decisiones de inversión.

Luego de esto, las series se comportan de manera algo diferente, ya que el VIX tiene una mayor variabilidad, mientras que los *spillovers* son más oscilantes. Finalmente, e igual de importante, vemos cómo las 3 series suben de manera considerable en la crisis del coronavirus. En particular, los *spillovers* llegan a sus máximos históricos, mientras que el VIX llega a valores similares a la reacción que hubo en la crisis *subprime*. Luego, la explicación de esto, es que la crisis del coronavirus es un fenómeno global y no anticipado en todo el mundo, afectando las decisiones de inversión en todos los agentes de los mercados mundiales. Dado esto, todos los *shocks* son transmitidos entre los países, lo que explica la subida importante en estos índices. En esta misma línea, el VIX sube por la misma razón que en 2008, solo que esta vez amplificado por un efecto global.

Finalmente, se obtienen los *net spillovers* para cada país en el periodo estudiado. A partir de esto, separaremos el análisis de resultado en lo que ocurre para países desarrollados y países emergentes:

- Países desarrollados: Para los *spillovers* de retornos, vemos principalmente un efecto similar en los países que se presentan en la Figura 3, que en su mayoría, solo con la excepción de Canadá, son de la eurozona. Todos estos países tienen impactos positivos luego del coronavirus, es decir, que post-coronavirus, los *shocks* tienen una mayor transmisión al resto de los mercados. Otro punto importante a considerar, es que estos países, en general, tienen *spillovers* netos positivos, es decir, que son emisores de volatilidad, lo que atribuimos a lo grandes que son las economías. El resto de las economías desarrolladas consideradas, cuyos *spillovers* netos los vemos en la Figura 4, tienen efectos ambiguos en el contexto de crisis, sin embargo, vemos un factor común entre los países desarrollados asiáticos, que tienen una caída en este indicador, lo que podemos interpretar como la consecuencia de ser el origen del coronavirus, aunque este indicador por lo general está en torno al 0 para estos países.

Para el caso de las volatilidades, que podemos ver en la Figura 6 para los primeros 8 países y en la Figura 7 para el resto, las conclusiones son básicamente las mismas. Sin embargo, llama mayormente la atención lo que sucede para el caso de Israel, que tiene un *shock* mucho más negativo que el efecto ambiguo en su contraparte de retornos. Esto indica que los *shocks* de volatilidades que reciben son mayores a los *shocks* de retornos.

- Países emergentes: Para los retornos, vemos estos resultados en la Figura 5. A partir de esto, vemos efectos heterogéneas a lo largo de los distintos países. De esto, podemos nombrar a Brasil y Perú, países latinoamericanos que, según esta metodología, tienen *shocks* positivos, pasando a ser emisores netos de volatilidad. Esto es una consecuencia

directa de la crisis ya que se repite lo sucedido en la crisis *subprime*. Sin embargo, estos países suelen estar en torno al cero y hacia abajo, siendo más comúnmente receptores netos de los *shocks*. Lo contrario ocurre con el resto de los países emergentes de la muestra, donde los *spillovers* netos tienden a estar en su mayoría bajo el cero, es decir receptores netos de volatilidad, y con la crisis esto crece aún más, con *shocks* negativos bastante considerables. El único caso que tiene un efecto ambiguo es lo que sucede con India, que mantienen sus *spillovers* netos en, aproximadamente, su media histórica.

El caso de las volatilidades es prácticamente igual, con la salvedad de tener *shocks* mucho más pronunciados que en el caso de los retornos, es decir, los *shocks* de volatilidad parecen tener mayores impactos en el resto de los mercados. Esto lo atribuimos a que la volatilidad e incertidumbre generalizada en la crisis del coronavirus es mayor, por lo que *shocks* más pequeños pueden tener impactos mayores.

5 Conclusiones

En el presente trabajo, se buscó establecer posibles relaciones en los *spillovers* de retornos y volatilidad. Para analizarlos, se utilizó la metodología propuesta por [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#), que dan una aproximación a este concepto mediante estimaciones de series de tiempo multivariadas. En particular, esta metodología estudia los *shocks* en una variable sobre el resto para construir estos índices que conocemos como *spillovers*. Así, este trabajo tomó esta metodología, y la aplicó a 22 países (16 desarrollados y 8 emergentes) dada la disponibilidad, ya que requeríamos de una serie extensa, que nos permitiera hacernos una idea del comportamiento de las series de *spillovers* previo al primer hito de interés de este trabajo que corresponde a la crisis *subprime*. Una vez estimado el modelo, obtenemos el índice total de *spillovers*, tanto para retornos como para volatilidades, los que nos permiten hacer una variable *proxy* de volatilidades de mercado. En efecto, vemos un comportamiento similar al del famoso índice VIX de la *Chicago Board Options Exchange* (CBOE), pero lo bueno de los índices construidos en este trabajo, es que amortigua efectos locales y se queda con efectos globales.

La mayor contribución de este documento, es que explota dos *shocks* importantes en la historia reciente para estudiar como cambian las trayectorias de los *spillovers*. En particular, se obtienen conclusiones del índice total como se mencionó previamente y se analizan los *spillovers* netos que experimentan los países de la muestra. A partir de este análisis, damos cuenta de cómo la mayoría de países desarrollados tienden a ser emisores netos de volatilidad, y que en momentos de crisis esta emisión se acrecienta. Esto lo atribuimos a que en épocas de crisis, inversiones en estos países se consideran más seguras, por lo que *shocks* a los retornos y a las volatilidades de estos países impactan en mayor medida al resto de los mercados. Bajo este mismo argumento, es que los países emergentes pasan a tener una posición de recepción de volatilidad aún mayor.

Una buena extensión a lo que se hizo en este trabajo, es utilizar metodologías de estimación que incorporen la volatilidad (e.g la metodología de [Gamba-Santamaria et al., 2016](#)), de manera de limpiar el efecto de los *spillovers* y considerar una mayor cantidad de países. En este sentido, podremos obtener efectos globales, que podrán ayudar al estudio de agregados macro, con esta variable no observable, que la aproximamos con índice total de *spillover*. Finalmente, lo aplicado en este trabajo, también se podría utilizar para obtener esta misma variable sobre un país, considerando las empresas de dicho país.

Referencias

- Alizadeh, S., Brandt, M. W., & Diebold, F. X. (2002). Range-based estimation of stochastic volatility models. *The Journal of Finance*, 57(3), 1047–1091.
- Alter, A., & Beyer, A. (2013). The dynamics of spillover effects during the european sovereign debt crisis. *Econometric Modeling: Capital Markets - Risk eJournal*.
- Antonakakis, N., & Vergos, K. (2012). Sovereign bond yield spillovers in the euro zone during the financial and debt crisis.
- Arezki, R., & Liu, Y. (2020). On the (changing) asymmetry of global spillovers: Emerging markets vs. advanced economies. *Journal of International Money and Finance*, 107.
- Beirne, J., Caporale, G. M., Schulze-Ghattas, M., & Spagnolo, N. (2010). Global and regional spillovers in emerging stock markets: A multivariate garch-in-mean analysis. *Emerging Markets Review*, 11(3), 250–260.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327.
- Day, T., & Lewis, C. (1992). Stock market volatility and the information content of stock index options. *Journal of Econometrics*, 52, 267–287.
- Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2009). Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers, with Application to Global Equity Markets. *Economic Journal*, 119(534), 158–171.
- 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.
- Do, A., Powell, R., Yong, J., & Singhab, A. (2019). Time-varying asymmetric volatility spillover between global markets and china’s a, b and h-shares using egarch and dcc-egarch models. *The North American Journal of Economics and Finance*, *In Press*.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of united kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007.
- Engle, R. F. (2002). Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339–350.
- French, K., Schwert, G., & Stambaugh, R. F. (1987). Expected stock returns and volatility. *Journal of Financial Economics*, 19, 3–29.
- Gamba-Santamaria, S., Gomez-Gonzalez, J. E., Melo-Velandia, L. F., & Hurtado-Guarin, J. L. (2016). *Stock Market Volatility Spillovers: Evidence for Latin America* (Borradores de Economía No. 943). Banco de la República de Colombia.
- Gilenko, E., & Fedorova, E. (2014). Internal and external spillover effects for the bric countries: Multivariate garch-in-mean approach. *Research in International Business and Finance*, 31, 32–45.
- Koop, G., Pesaran, M. H., & Potter, S. M. (1996). Impulse response analysis in nonlinear multivariate models. *Journal of Econometrics*, 74(1), 119–147.
- Lien, D., Lee, G., Yang, L., & Zhang, Y. (2018). Volatility spillovers among the u.s. and asian stock markets: A comparison between the periods of asian currency crisis and subprime credit crisis. *North American Journal of Economics and Finance*, 46, 187–201.
- McIver, R. P., & Kang, S. H. (2020). Financial crises and the dynamics of the spillovers between the u.s. and brics stock markets. *Research in International Business and Finance*, 54.
- Pesaran, H. H., & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics Letters*, 58(1), 17–29.

- Schwert, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time? *Journal of Finance*, 44(5), 1115–1153.
- Yarovaya, L., Brzeszczynski, J., & Lau, C. (2016). Intra- and inter-regional return and volatility spillovers across emerging and developed markets: Evidence from stock indices and stock index futures. *International Review of Financial Analysis*, 43, 96–114.
- Yıldırım, D. Ç., Cevik, E. I., & Esen, Ö. (2020). Time-varying volatility spillovers between oil prices and precious metal prices. *Resources Policy*, 68.

A Apéndice

A.1 Tablas

Tabla 4: Países clasificados según [MSCI Index](#)

País	ISO3	Índice	YF
<i>Panel A: Países Desarrollados</i>			
Alemania	DEU	DAX Performance Index	^GDAXI
Austria	AUT	Austrian Traded Index	^ATX
Bélgica	BEL	BEL 20	^BFX
Canadá	CAN	S&P/TSX Composite	^GSPTSE
España	ESP	IBEX 35	^IBEX
Francia	FRA	CAC 40	^FCHI
Hong Kong	HKG	Hang Seng Index	^HSI
Israel	ISR	TA-35	TA35.TA
Japón	JPN	Nikkei 225	^N225
Países Bajos	NLD	AEX-Index	^AEX
Reino Unido	GBR	FTSE 100	^FTSE
Singapur	SGP	STI Index	^STI
Suiza	CHE	SMI PR	^SSMI
Estados Unidos	USA	Standard & Poor's 500	^GSPC
<i>Panel B: Países Emergentes</i>			
Brasil	BRA	BOVESPA	^BVSP
Filipinas	PHL	PSEi Index	PSEI.PS
India	IND	S&P BSE SENSEX	^BSESN
Indonesia	IDN	Jakarta Composite Index	^JKSE
Korea	KOR	KOSPI Composite Index	^KS11
Malasia	MYS	FTSE Bursa Malaysia KLCI	^KLSE
Perú	PER	S&P/BVL Peru General Index	^SPBLPGPT
Taiwán	TWN	TSEC weighted index	^TWII

Nota: Se presentan los países a utilizar, junto a su código ISO3, que será utilizado para la presentación de gráficos y tablas. Además, se incluye el índice bursátil de cada país, elegidos como los más importantes de cada uno. Por último, se incorpora el nemotécnico de *Yahoo Finance*, a partir de donde se obtuvieron los datos.

Tabla 5: Test de Jarque-Bera para los retornos diarios

País	JB	p-value
<i>Panel A: Países Desarrollados</i>		
AUT	11013.35	0.000
BEL	16045.06	0.000
CAN	29806.93	0.000
CHE	3255.49	0.000
DEU	2742.53	0.000
ESP	7626.58	0.000
FRA	4000.84	0.000
GBR	6575.62	0.000
HKG	2053.41	0.000
ISR	825.90	0.000
JPN	3042.24	0.000
NLD	4639.76	0.000
SGP	4566.54	0.000
USA	12034.90	0.000
<i>Panel B: Países Emergentes</i>		
BRA	7809.87	0.000
IDN	7578.38	0.000
IND	7113.92	0.000
KOR	3557.84	0.000
MYS	626172.05	0.000
PER	11071.31	0.000
PHL	18087.59	0.000
TWN	1970.45	0.000

Tabla 6: Matriz de correlaciones para los retornos diarios

	AUT	BEL	CAN	CHE	DEU	ESP	FRA	GBR	HKG	ISR	JPN	NLD	SGP	USA	BRA	IDN	IND	KOR	MYS	PER	PHL	TWN
AUT	1.000	0.704	0.493	0.618	0.644	0.685	0.689	0.665	0.385	0.490	0.323	0.660	0.404	0.444	0.383	0.298	0.346	0.247	0.187	0.454	0.187	0.266
BEL	0.704	1.000	0.513	0.776	0.778	0.787	0.840	0.802	0.366	0.494	0.295	0.848	0.397	0.527	0.417	0.268	0.348	0.247	0.179	0.396	0.160	0.229
CAN	0.493	0.513	1.000	0.496	0.556	0.531	0.563	0.553	0.261	0.360	0.197	0.541	0.294	0.755	0.569	0.182	0.257	0.198	0.109	0.477	0.122	0.183
CHE	0.618	0.776	0.496	1.000	0.796	0.743	0.827	0.808	0.356	0.472	0.291	0.834	0.385	0.508	0.412	0.235	0.310	0.235	0.157	0.383	0.135	0.227
DEU	0.644	0.778	0.556	0.796	1.000	0.806	0.896	0.814	0.353	0.501	0.260	0.867	0.365	0.587	0.440	0.212	0.300	0.252	0.131	0.403	0.113	0.226
ESP	0.685	0.787	0.531	0.743	0.806	1.000	0.873	0.790	0.355	0.493	0.271	0.821	0.382	0.530	0.440	0.226	0.321	0.246	0.139	0.424	0.140	0.226
FRA	0.689	0.840	0.563	0.827	0.896	0.873	1.000	0.881	0.379	0.534	0.295	0.916	0.407	0.569	0.444	0.238	0.330	0.265	0.161	0.426	0.134	0.248
GBR	0.665	0.802	0.553	0.808	0.814	0.790	0.881	1.000	0.402	0.502	0.298	0.868	0.409	0.535	0.432	0.237	0.337	0.282	0.178	0.433	0.147	0.237
HKG	0.385	0.366	0.261	0.356	0.353	0.355	0.379	0.402	1.000	0.356	0.525	0.390	0.688	0.177	0.232	0.447	0.457	0.507	0.374	0.285	0.358	0.468
ISR	0.490	0.494	0.360	0.472	0.501	0.493	0.534	0.502	0.356	1.000	0.258	0.522	0.359	0.337	0.284	0.208	0.280	0.218	0.141	0.294	0.142	0.203
JPN	0.323	0.295	0.197	0.291	0.260	0.271	0.295	0.298	0.525	0.258	1.000	0.296	0.483	0.117	0.144	0.313	0.309	0.467	0.260	0.225	0.323	0.431
NLD	0.660	0.848	0.541	0.834	0.867	0.821	0.916	0.868	0.390	0.522	0.296	1.000	0.403	0.540	0.436	0.238	0.314	0.267	0.181	0.412	0.134	0.239
SGP	0.404	0.397	0.294	0.385	0.365	0.382	0.407	0.409	0.688	0.359	0.483	0.403	1.000	0.204	0.249	0.476	0.460	0.476	0.398	0.307	0.384	0.465
USA	0.444	0.527	0.755	0.508	0.587	0.530	0.569	0.535	0.177	0.337	0.117	0.540	0.204	1.000	0.605	0.109	0.196	0.149	0.036	0.380	0.050	0.131
BRA	0.383	0.417	0.569	0.412	0.440	0.440	0.444	0.432	0.232	0.284	0.144	0.436	0.249	0.605	1.000	0.180	0.212	0.199	0.086	0.412	0.133	0.141
IDN	0.298	0.268	0.182	0.235	0.212	0.226	0.238	0.237	0.447	0.208	0.313	0.238	0.476	0.109	0.180	1.000	0.354	0.346	0.337	0.248	0.390	0.335
IND	0.346	0.348	0.257	0.310	0.300	0.321	0.330	0.337	0.457	0.280	0.309	0.314	0.460	0.196	0.212	0.354	1.000	0.344	0.201	0.290	0.229	0.309
KOR	0.247	0.247	0.198	0.235	0.252	0.246	0.265	0.282	0.507	0.218	0.467	0.267	0.476	0.149	0.199	0.346	0.344	1.000	0.289	0.216	0.310	0.469
MYS	0.187	0.179	0.109	0.157	0.131	0.139	0.161	0.178	0.374	0.141	0.260	0.181	0.398	0.036	0.086	0.337	0.201	0.289	1.000	0.152	0.260	0.247
PER	0.454	0.396	0.477	0.383	0.403	0.424	0.426	0.433	0.285	0.294	0.225	0.412	0.307	0.380	0.412	0.248	0.290	0.216	0.152	1.000	0.184	0.205
PHL	0.187	0.160	0.122	0.135	0.113	0.140	0.134	0.147	0.358	0.142	0.323	0.134	0.384	0.050	0.133	0.390	0.229	0.310	0.260	0.184	1.000	0.313
TWN	0.266	0.229	0.183	0.227	0.226	0.226	0.248	0.237	0.468	0.203	0.431	0.239	0.465	0.131	0.141	0.335	0.309	0.469	0.247	0.205	0.313	1.000

Nota: Se presentan las correlaciones de países desarrollados. Los colores hacen referencia a una correlación mayor. En particular, se establecen los rangos 0-0.25, 0.25-0.5, 0.5-0.75 y 0.75-1. En gris los países desarrollados.

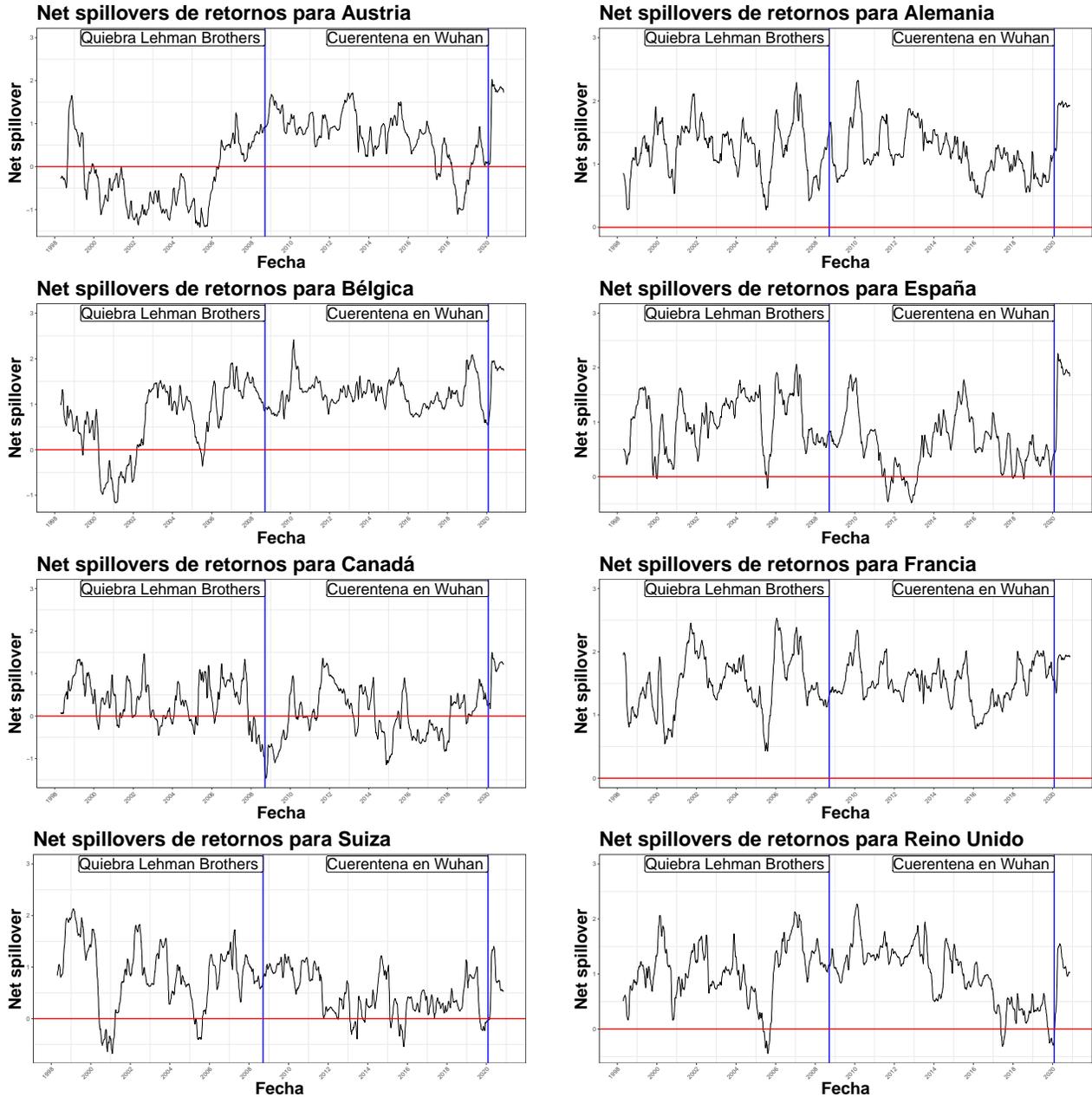
Tabla 7: Matriz de correlaciones para las volatilidades diarios

	AUT	BEL	CAN	CHE	DEU	ESP	FRA	GBR	HKG	ISR	JPN	NLD	SGP	USA	BRA	IDN	IND	KOR	MYS	PER	PHL	TWN
AUT	1.000	0.633	0.480	0.544	0.511	0.593	0.563	0.624	0.272	0.380	0.230	0.533	0.368	0.457	0.386	0.252	0.275	0.169	0.141	0.456	0.188	0.158
BEL	0.633	1.000	0.480	0.753	0.747	0.746	0.814	0.771	0.206	0.406	0.187	0.824	0.296	0.529	0.384	0.175	0.227	0.170	0.075	0.340	0.122	0.161
CAN	0.480	0.480	1.000	0.439	0.442	0.438	0.480	0.511	0.210	0.278	0.171	0.442	0.270	0.748	0.539	0.191	0.246	0.170	0.067	0.462	0.122	0.166
CHE	0.544	0.753	0.439	1.000	0.781	0.699	0.790	0.750	0.216	0.387	0.202	0.806	0.319	0.519	0.434	0.202	0.209	0.175	0.138	0.350	0.155	0.185
DEU	0.511	0.747	0.442	0.781	1.000	0.768	0.878	0.749	0.226	0.415	0.197	0.854	0.297	0.541	0.393	0.155	0.202	0.199	0.109	0.292	0.100	0.190
ESP	0.593	0.746	0.438	0.699	0.768	1.000	0.843	0.717	0.190	0.389	0.162	0.770	0.257	0.502	0.407	0.127	0.193	0.144	0.078	0.339	0.102	0.165
FRA	0.563	0.814	0.480	0.790	0.878	0.843	1.000	0.810	0.194	0.413	0.186	0.887	0.282	0.544	0.390	0.146	0.183	0.166	0.072	0.330	0.090	0.176
GBR	0.624	0.771	0.511	0.750	0.749	0.717	0.810	1.000	0.269	0.404	0.269	0.791	0.341	0.533	0.410	0.205	0.253	0.208	0.107	0.419	0.146	0.190
HKG	0.272	0.206	0.210	0.216	0.226	0.190	0.194	0.269	1.000	0.243	0.327	0.215	0.588	0.228	0.223	0.381	0.369	0.404	0.328	0.231	0.253	0.337
ISR	0.380	0.406	0.278	0.387	0.415	0.389	0.413	0.404	0.243	1.000	0.151	0.422	0.304	0.319	0.239	0.182	0.221	0.195	0.124	0.214	0.098	0.157
JPN	0.230	0.187	0.171	0.202	0.197	0.162	0.186	0.269	0.327	0.151	1.000	0.190	0.399	0.198	0.164	0.235	0.185	0.399	0.207	0.198	0.223	0.308
NLD	0.533	0.824	0.442	0.806	0.854	0.770	0.887	0.791	0.215	0.422	0.190	1.000	0.294	0.513	0.367	0.152	0.185	0.158	0.114	0.314	0.111	0.168
SGP	0.368	0.296	0.270	0.319	0.297	0.257	0.282	0.341	0.588	0.304	0.399	0.294	1.000	0.275	0.280	0.474	0.388	0.442	0.372	0.284	0.298	0.350
USA	0.457	0.529	0.748	0.519	0.541	0.502	0.544	0.533	0.228	0.319	0.198	0.513	0.275	1.000	0.584	0.179	0.205	0.224	0.080	0.366	0.103	0.216
BRA	0.386	0.384	0.539	0.434	0.393	0.407	0.390	0.410	0.223	0.239	0.164	0.367	0.280	0.584	1.000	0.218	0.217	0.233	0.170	0.404	0.202	0.199
IDN	0.252	0.175	0.191	0.202	0.155	0.127	0.146	0.205	0.381	0.182	0.235	0.152	0.474	0.179	0.218	1.000	0.292	0.298	0.363	0.212	0.285	0.224
IND	0.275	0.227	0.246	0.209	0.202	0.193	0.183	0.253	0.369	0.221	0.185	0.185	0.388	0.205	0.217	0.292	1.000	0.286	0.147	0.228	0.165	0.248
KOR	0.169	0.170	0.170	0.175	0.199	0.144	0.166	0.208	0.404	0.195	0.399	0.158	0.442	0.224	0.233	0.298	0.286	1.000	0.273	0.166	0.227	0.442
MYS	0.141	0.075	0.067	0.138	0.109	0.078	0.072	0.107	0.328	0.124	0.207	0.114	0.372	0.080	0.170	0.363	0.147	0.273	1.000	0.112	0.243	0.193
PER	0.456	0.340	0.462	0.350	0.292	0.339	0.330	0.419	0.231	0.214	0.198	0.314	0.284	0.366	0.404	0.212	0.228	0.166	0.112	1.000	0.188	0.126
PHL	0.188	0.122	0.122	0.155	0.100	0.102	0.090	0.146	0.253	0.098	0.223	0.111	0.298	0.103	0.202	0.285	0.165	0.227	0.243	0.188	1.000	0.216
TWN	0.158	0.161	0.166	0.185	0.190	0.165	0.176	0.190	0.337	0.157	0.308	0.168	0.350	0.216	0.199	0.224	0.248	0.442	0.193	0.126	0.216	1.000

Nota: Se presentan las correlaciones de países desarrollados. Los colores hacen referencia a una correlación mayor. En particular, se establecen los rangos 0-0.25, 0.25-0.5, 0.5-0.75 y 0.75-1. En gris los países desarrollados.

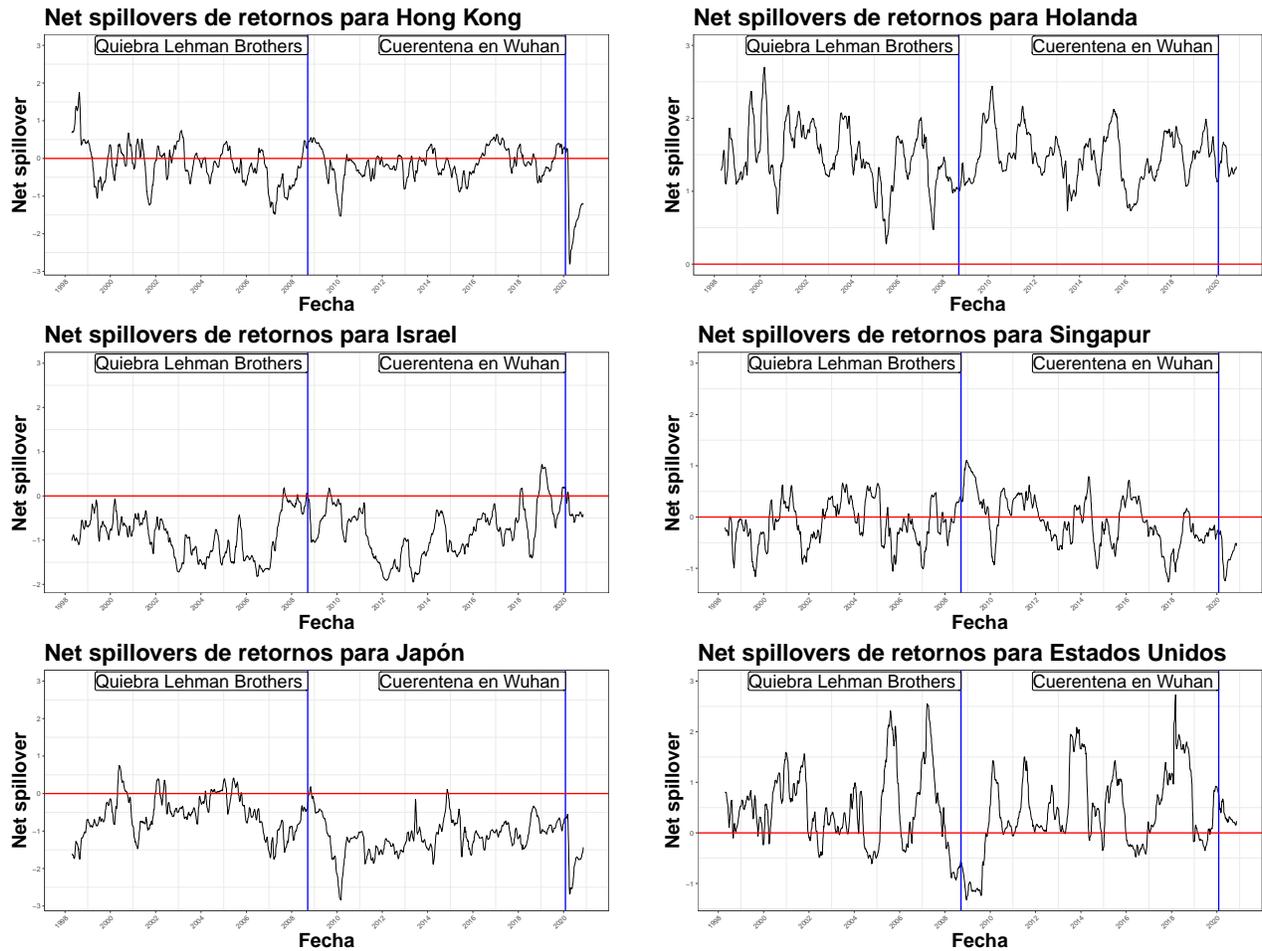
A.2 Figuras

Figura 3: *Net spillovers* de retornos para países desarrollados (1)



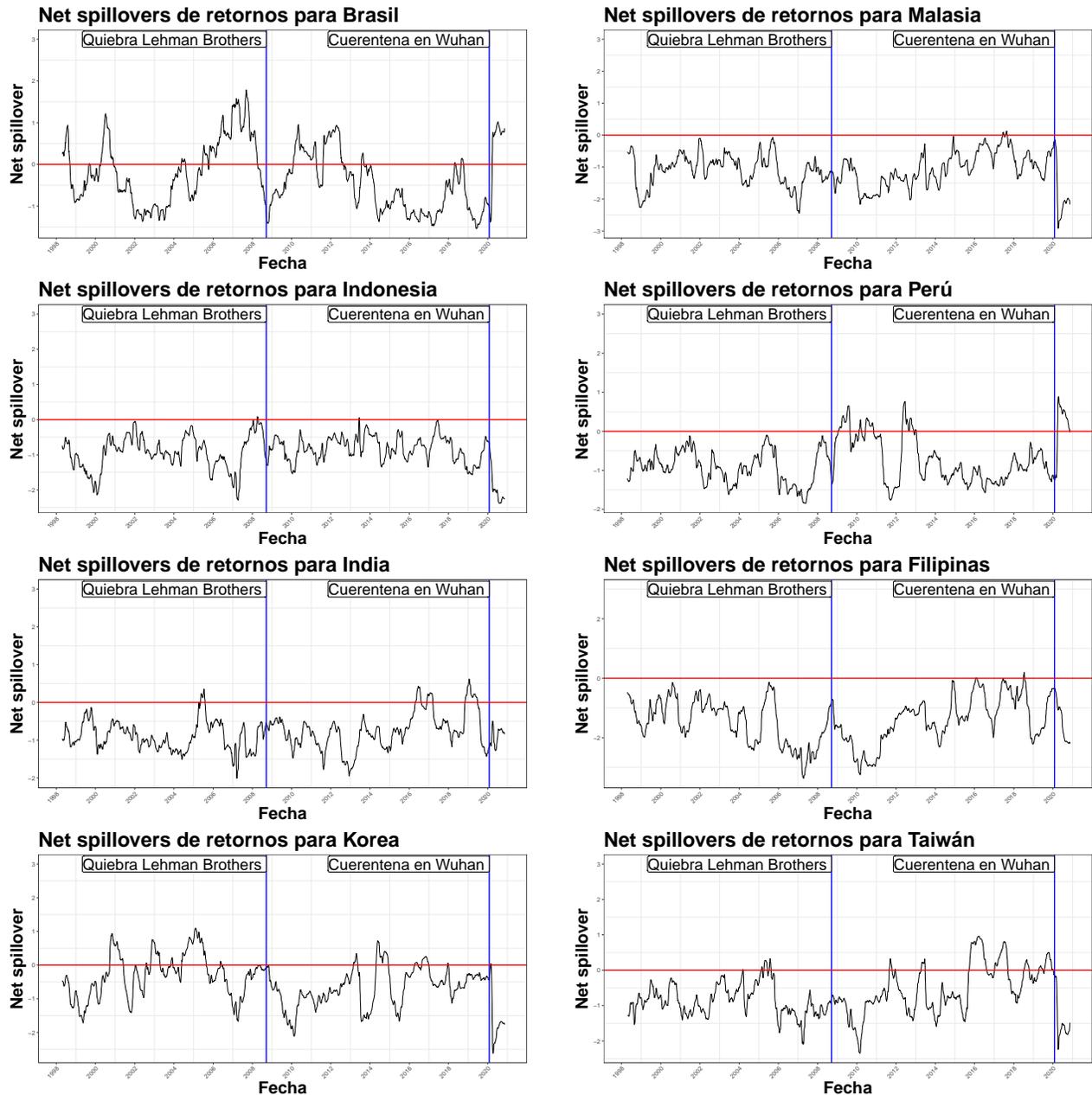
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#)) para obtener los *net spillovers* de retornos, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los primeros 8 países desarrollados de la muestra.

Figura 4: *Net spillovers* de retornos para países desarrollados (2)



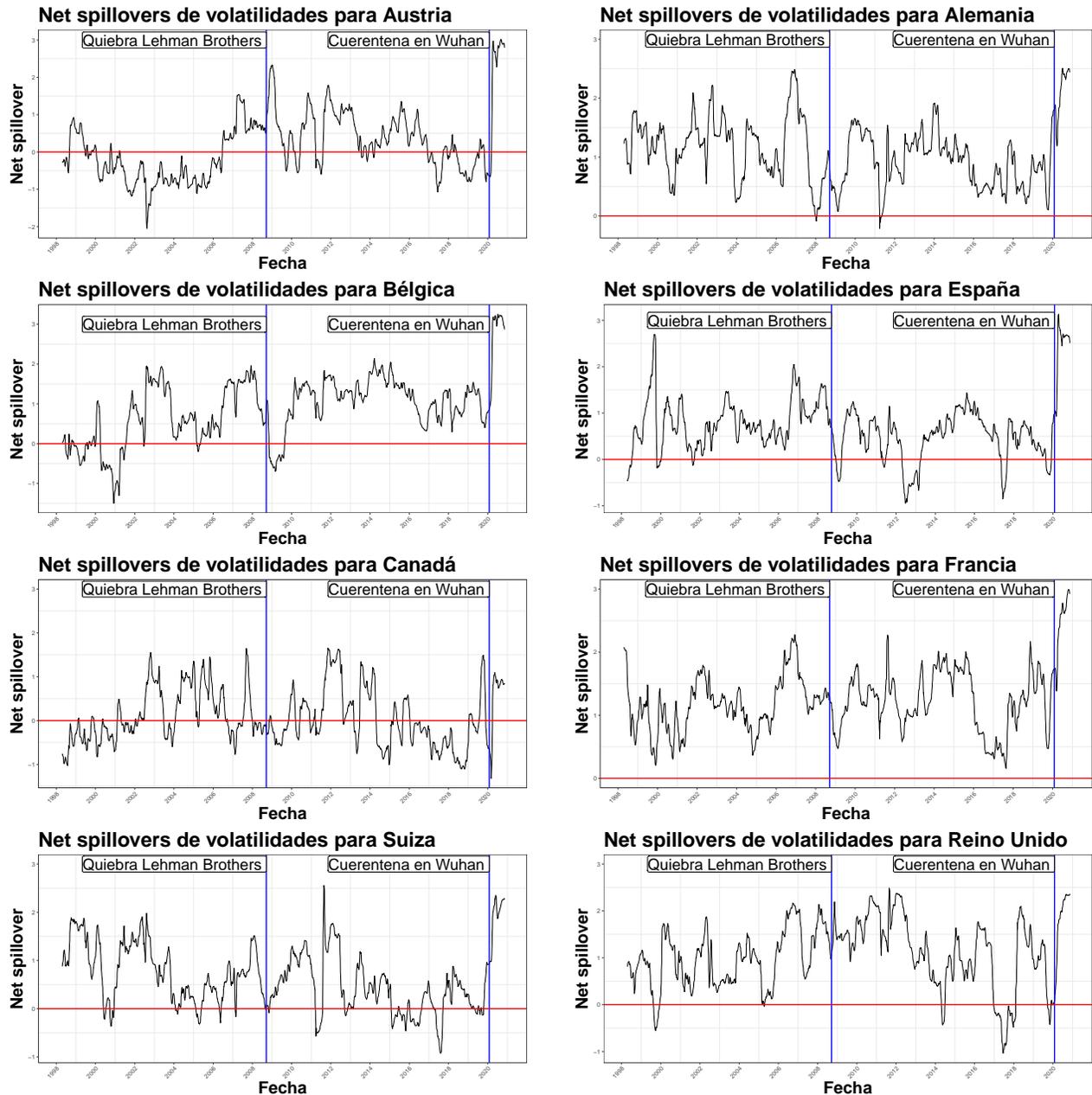
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#)) para obtener los *net spillovers* de retornos, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los segundos 6 países desarrollados de la muestra.

Figura 5: *Net spillovers* de retornos para países emergentes



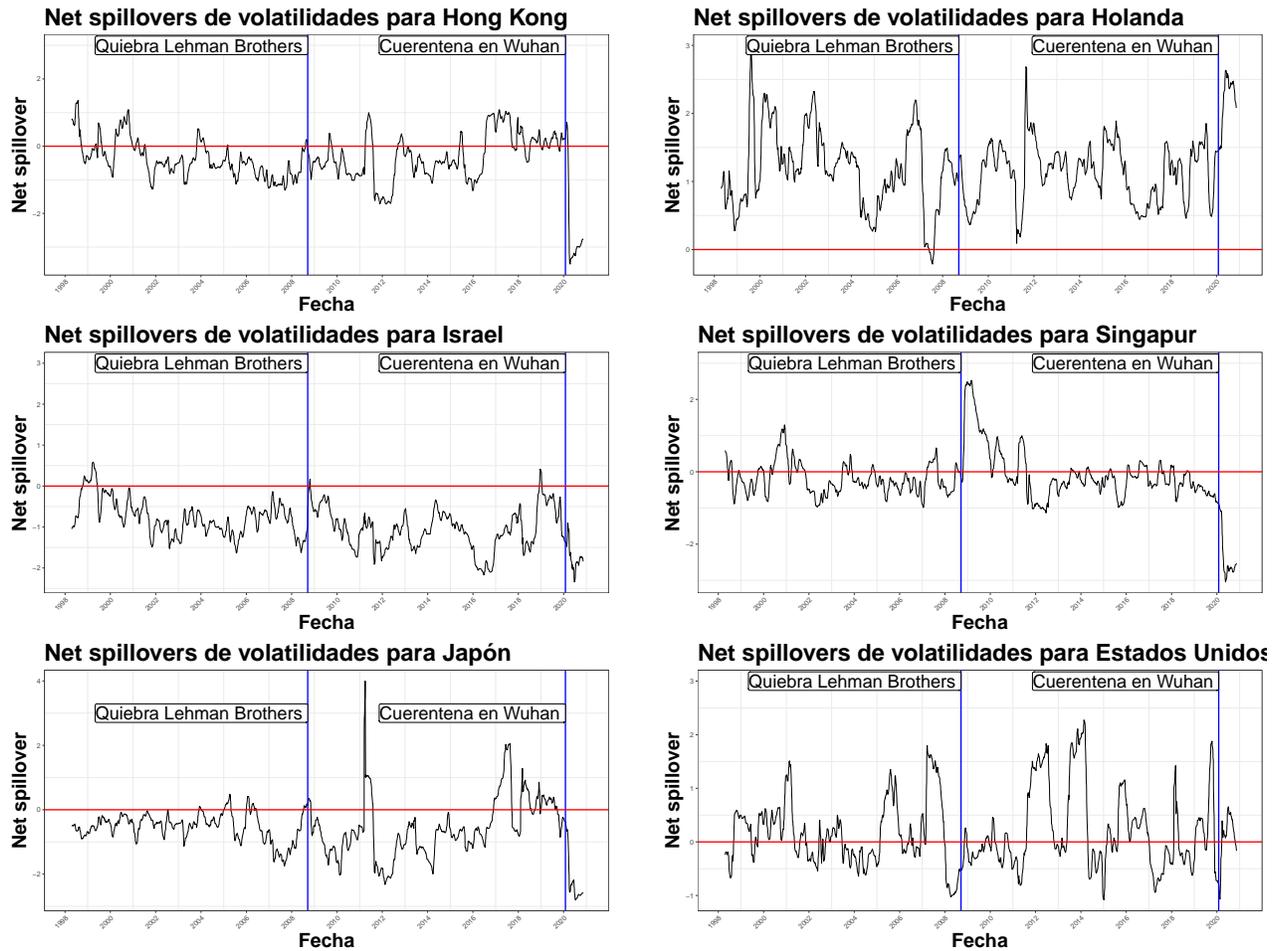
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#)) para obtener los *net spillovers* de retornos, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los países emergentes de la muestra.

Figura 6: *Net spillovers* de volatilidades para países desarrollados (1)



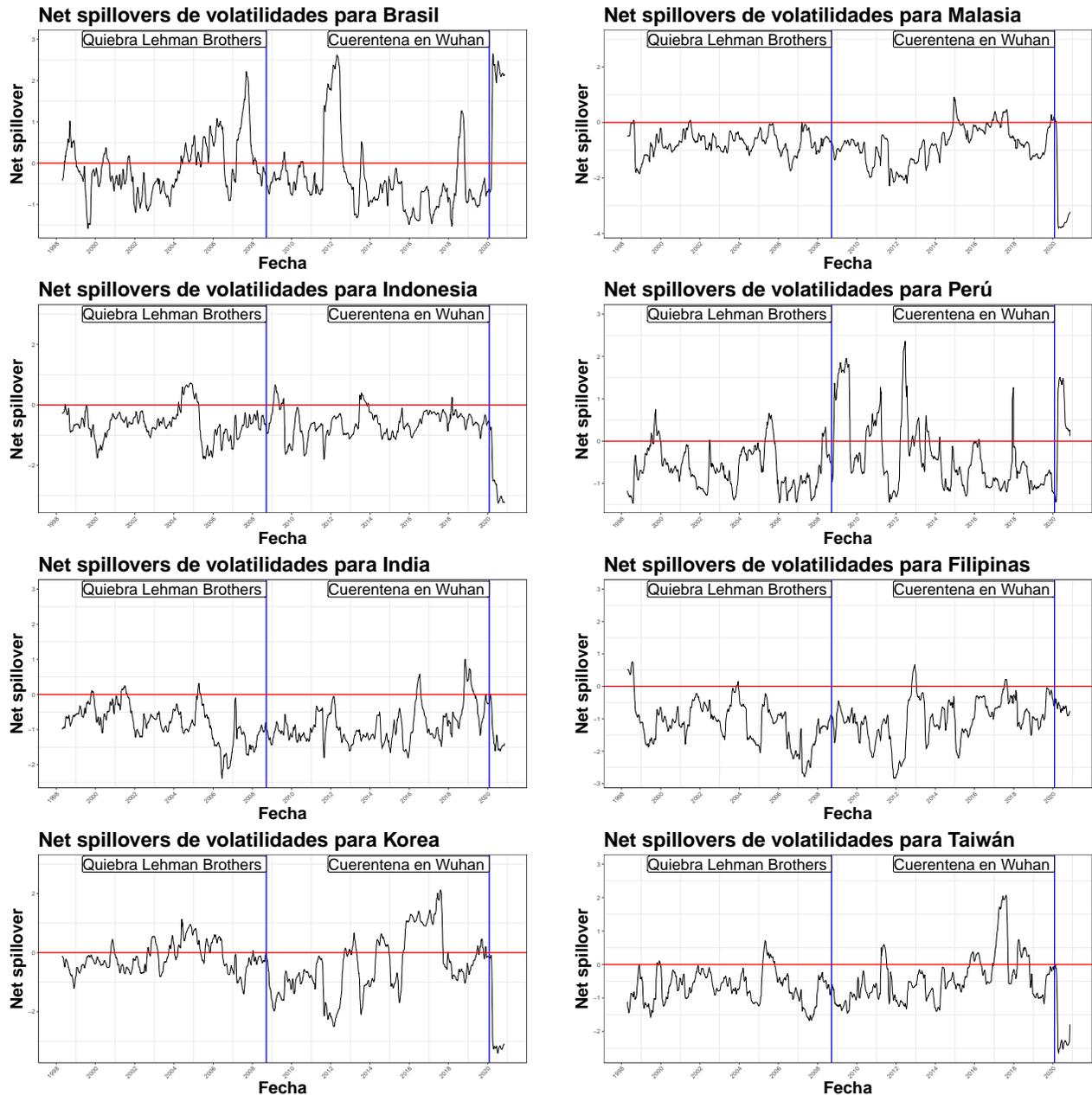
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#)) para obtener los *net spillovers* de volatilidad, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los primeros 8 países desarrollados de la muestra.

Figura 7: *Net spillovers* de volatilidades para países desarrollados (2)



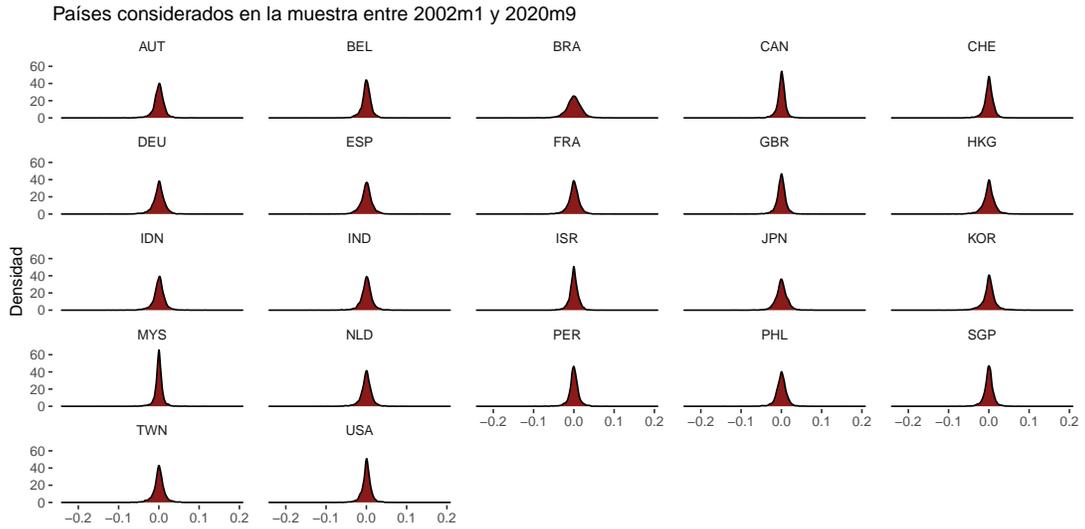
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a Diebold & Yilmaz (2012)) para obtener los *net spillovers* de volatilidad, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los segundos 6 países desarrollados de la muestra.

Figura 8: *Net spillovers* de volatilidades para países emergentes



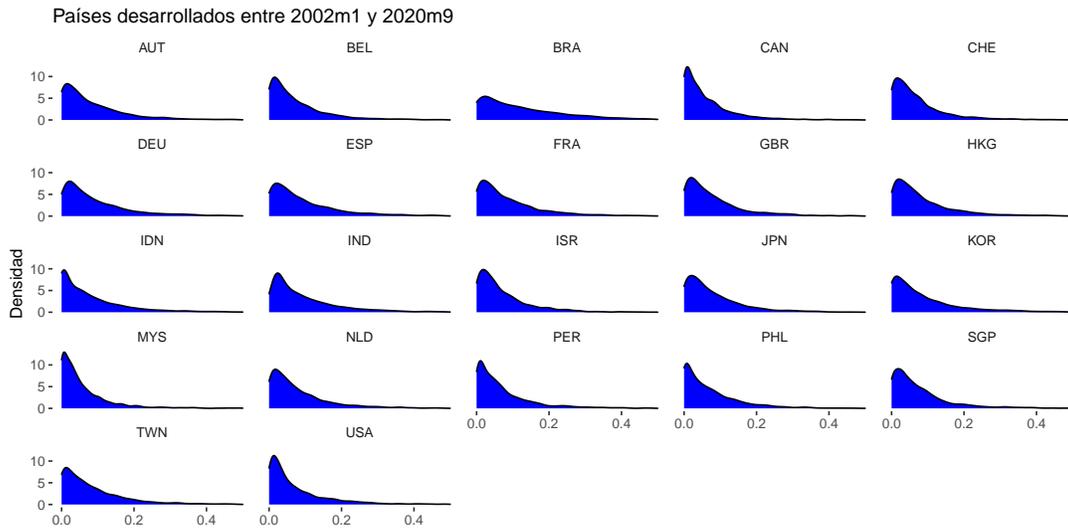
Nota: Se hace un *rolling estimation* (siguiendo a [Diebold & Yilmaz \(2012\)](#)) para obtener los *net spillovers* de volatilidad, definidos en la ecuación (7). Además, la serie se expresa usando una media móvil de 10 días para evitar la variabilidad diaria y su mejor visualización. Se presentan los resultados para los países emergentes de la muestra.

Figura 9: Densidad de los retornos (%) diarios por índice



Nota: Se presentan las densidades de los retornos diarios de todos los índices en porcentaje. Se omiten 499 observaciones para poder observar la densidad de mejor manera.

Figura 10: Densidad de las volatilidades (%) diarias por índice



Nota: Se presentan las densidades de las volatilidades diarias de todos los índices en porcentaje. Se omiten 349 observaciones para poder observar la densidad de mejor manera.