

Evaluación del grado de integración de los principales mercados de capital europeos con un modelo Cópula-GARCH

Estimation of the Degree of Integration of the Main European Capital Markets using a Copula-GARCH Model

Roberto J. Santillán-Salgado*

César Gurrola Ríos**

Francisco López-Herrera***

Fecha de recepción: 3 de diciembre de 2014

Fecha de aceptación: 19 de octubre de 2015

* EGADE Business School, Campus Monterrey,
Tecnológico de Monterrey.
Monterrey, Nuevo León, México,
roberto.santillan@itesm.mx

** Facultad de Economía, Contaduría y Administración,
Universidad Juárez del Estado de Durango.
Cd. de Durango, Durango, México,
cgurrola@ujed.mx

*** División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración,
Universidad Nacional Autónoma de México.
Cd. de México, México,
francisco_lopez_herrera@yahoo.com.mx

RESUMEN

El enfoque metodológico que se sigue en este trabajo para estudiar el comovimiento de los cinco principales mercados de capital europeos es el de Cópula-GARCH, ajustando primero modelos GARCH para estimar las distribuciones marginales de los rendimientos de cada uno de dichos mercados. Con base en las distribuciones marginales estimadas, se procede a llevar a cabo el modelado de la distribución conjunta de los rendimientos mediante la estimación de un modelo canónico de viña de copulas (vine copula).

Clasificación JEL: C22, C58, C65

Palabras clave: GARCH-Cópula, C-Vine cópula, viñas de cópulas, integración financiera europea, mercados financieros europeos.

ABSTRACT

The Copula-GARCH model is used to assess the simultaneous movement of the main five European Capital Markets. First, the returns marginal distributions were estimated with GARCH models, with these estimations, the returns joint distributions modeling was carried out using a canonic vine copula model.

JEL Classification: C22, C58, C65

Key words: *GARCH-Copula, C-Vine copula, European financial integration, European financial markets.*

Introducción

La interdependencia entre los mercados de valores es uno de los temas de frontera en la agenda de investigación financiera, en especial a raíz de eventos como la caída de precios de octubre de 1987 o la crisis financiera de 2007-2009, y la subsecuente crisis de la deuda soberana de varios países europeos. Tales fenómenos provocaron movimientos y co-movimientos inesperados en los precios de activos históricamente correlacionados. Evidentemente, el libre flujo de capitales ha provocado la presencia de mercados nacionales cada vez más interdependientes (Kanas, 1998).

En el contexto europeo, la situación actual es muy distinta a la que existía en 1999, cuando por primera vez comenzó a utilizarse el euro como moneda común entre los 11 países fundadores de la eurozona,¹ y diametralmente diferente de la que prevalecía en 1993, cuando tuvo lugar uno de los primeros actos formales tendientes a lograr la integración financiera, la creación del Mercado Financiero Único. Los esfuerzos destinados a la creación de un mercado financiero sin fronteras para la prestación de servicios, inversiones y crédito, fue una parte fundamental del proceso más amplio de convergencia económica y política de los países de la Unión Europea, y deben ser interpretados en ese contexto, pero también es necesario analizar su desarrollo empírico y evaluar el grado de convergencia entre mercados nacionales hasta el presente.

La operación de los mercados bursátiles requiere de un sólido marco legal, de una supervisión eficiente y, por supuesto, de una infraestructura física moderna y confiable. El grado con el cual este conjunto de condiciones está presente difiere sustancialmente entre países miembros. El establecimiento de la Unión Monetaria Europea en 1999 dio lugar a la coordinación de algunas políticas macroeconómicas entre los países miembros. Sin embargo, los diferentes mercados nacionales aún difieren profundamente en materia de regulación y supervisión, aspectos funcionales y operativos diversos,

¹ Alemania, Austria, Bélgica, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos y Portugal.

esquemas fiscales aplicables, etcétera, lo cual conlleva a la permanencia de un importante grado de segmentación hasta el día hoy (Thalassinos y Thalassinos, 2006).

Los esfuerzos realizados en distintos ámbitos para reducir gradualmente las diferencias han requerido abordar temas complejos en materia regulatoria y de supervisión e impulsar reformas estructurales para modernizar y elevar la competitividad de la zona, especialmente en las regiones más rezagadas (Rajan y Zingales, 2003).

Si bien la integración financiera puede coadyuvar a absorber las perturbaciones macroeconómicas al ofrecer alternativas para redistribuir riesgos y mejorar la reasignación de recursos también podría, si no se acompaña de políticas adecuadas, ampliar las divergencias entre las economías afectadas (Hasan y Schmiedel, 2004; Van Ewijk y Arnold, 2015).

El presente estudio extiende los resultados de Santillán-Salgado, *et al.* (2015 a), quienes confirman la presencia de una relación de largo plazo entre los principales mercados de capital de Europa continental (Francia, Alemania, España, Italia), aun cuando distintos episodios afectaron la estabilidad de los mercados financieros globales durante el periodo analizado (enero de 1998 a junio de 2014). El modelo propuesto por estos autores fue un VECM-GARCH, hasta ahora poco utilizado en estudios del mercado financiero, capaz de resolver los problemas que se presentan en la estimación como consecuencia de la presencia de rupturas estructurales en las series. De esa forma les fue posible confirmar la presencia de una relación cointegrante entre los cuatro mercados estudiados y, después de corregir los problemas de autocorrelación de los residuos y modelar la heterocedasticidad de los mismos, llevar a cabo una interpretación de los parámetros del modelo.

Los estudios citados en los párrafos anteriores son parte de un conjunto mucho más amplio de iniciativas exploratorias que tienen como objetivo mejorar la comprensión de las dificultades y oportunidades que surgen para los inversionistas internacionales y para los gobiernos de los países de la eurozona como consecuencia de la creciente integración de los mercados, a su vez resultado de la eliminación de barreras institucionales y de la utilización de la misma moneda. Tienen la intención de evaluar los resultados del proceso en materia de volatilidad y correlación de los mercados y de proporcionar información útil a los tomadores de decisiones en el ámbito de los administradores de portafolios internacionales, de los inversionistas institucionales y de todos aquellos inversionistas potenciales

atraídos por las bondades de la fusión de las economías europeas en una sola región económica.

El presente estudio plantea la utilización de un enfoque novedoso y robusto no únicamente ante las rupturas estructurales asociadas a fenómenos exógenos, sino también a la ausencia de normalidad de los rendimientos, el Análisis de Cópulas. Con este enfoque se ofrece una nueva validación de la naturaleza de la convergencia e integración financiera en Europa.

En la primera sección se aborda una breve revisión de la Teoría de la Integración de los Mercados Financieros, así como de algunos de los estudios más representativos sobre la integración financiera en Europa Occidental. Ello permite enmarcar la relevancia y originalidad del enfoque metodológico propuesto en este trabajo, así como destacar los resultados obtenidos en el contexto de la literatura sobre este tema (subsección 1) y algunas de las principales limitaciones de los estudios publicados hasta hora (subsección 2). La segunda sección explica los aspectos metodológicos; la tercera analiza los resultados de la contrastación empírica y, finalmente, la cuarta concluye con reflexiones y recomendaciones sobre la dirección posible de futuras investigaciones.

1. Teoría de la integración de los Mercados Financieros

En su acepción más amplia, la integración financiera entre países se refiere a fenómenos, tales como: el listado de empresas en múltiples mercados nacionales, la realización de transacciones financieras transfronterizas sin enfrentar obstáculos regulatorios ni costos excesivos, la oferta transfronteriza de servicios de crédito y la inversión extranjera de portafolios en distintos mercados nacionales, entre otros aspectos (Litch, 1997).

En algunos casos, el concepto de integración financiera se interpreta como la ausencia de oportunidades de arbitraje, una vez considerados los costos de transacción. Si dos o más mercados están integrados, los márgenes potenciales por arbitraje son suficientemente pequeños como para desmotivar a los agentes económicos interesados en realizarlo, aún en ausencia de barreras regulatorias (e.g., Bekaert y Harvey, 1995; Ferson y Harvey, 1991).

Para otros autores, el grado de integración se mide en términos de la importancia de los factores de riesgo regionales con respecto a los riesgos específicos de cada país. Por ejemplo, Baele y Vander-Vennet (2001), estudian si la evolución de la volatilidad del tipo de cambio, la creciente integración económica, y la coordinación de política monetaria aumentaron la integra-

ción entre los mercados accionarios europeos antes de la adopción del euro, y concluyen que, efectivamente, dicho fenómeno está fuertemente vinculado con la reducción de la volatilidad del tipo de cambio y con la convergencia de la política monetaria.

Otra perspectiva sobre integración financiera entre países, consiste en analizar empíricamente la correlación de mercados generalmente (pero no exclusivamente) cercanos geográficamente. Este enfoque introduce metodologías de modelación incrementalmente complejas para corroborar la presencia de integración (e.g., Bekaert, y Harvey 1995; Thalassinos y Thalassinos, 2006).

Bekaert y Harvey (1995), sostienen que la mayoría de los estudios sobre integración financiera pueden clasificarse en tres vertientes: mercados segmentados, mercados integrados y mercados parcialmente segmentados. En un extremo, los autores consideran que los mercados están totalmente integrados si los activos con el mismo nivel de riesgo ofrecen el mismo rendimiento esperado, independientemente del mercado. Heston *et al.*, (1995), por ejemplo, examinan la estructura de covarianzas de rendimientos accionarios en Europa y EUA y confirman la hipótesis de integración.

Si existe segmentación en los mercados, la covarianza con algún factor mundial tendrá poco poder explicativo sobre los rendimientos esperados; en cuanto a la prima al riesgo se esperarían comportamientos distintos pues su origen proviene de diferentes tipos y exposiciones al riesgo (Bekaert y Harvey, 1995). Entre los estudios más influyentes que sostienen la hipótesis de la segmentación parcial en los mercados financieros internacionales destaca el de Errunza y Losq (1985), sobre las implicaciones de las barreras a la inversión para la valoración de activos. En él afirman los autores que las dificultades resultantes de restricciones impuestas por autoridades gubernamentales conducen a primas de riesgo elevadas, directamente proporcionales al riesgo condicional del mercado en cuestión. Otros estudios que sostienen la idea de la integración parcial y/o variante en el tiempo son Arouri y Foulquier (2012); Arouri, Teulon y Rault (2013).

La cantidad de trabajos publicados sobre el tema de integración financiera en distintas regiones del planeta es numerosa y, en su gran mayoría corrobora la existencia del fenómeno al utilizar distintas metodologías de análisis econométrico para determinarla (e.g., Kim *et al.* (2015) para los mercados de Asia-Pacífico; Licht, (1997) y Santillán-Salgado *et al.* (2015 a), para los mercados de Europa Occidental; Gurrola *et al.* (2014), para América Latina).

1.1 La integración económica y financiera de los países europeos

El fenómeno de integración de los mercados financieros europeos ha tenido lugar dentro del marco de la convergencia internacional observada en la mayoría de las regiones geográficas del planeta. Semejante a lo observado en otras latitudes los principales factores que lo han impulsado han sido: la evolución de tecnología, los procesos de desregulación y la adopción de sistemas alternativos de gobierno corporativo. No obstante, la diferencia específica del caso de la eurozona fue la adopción de una misma moneda, a partir del 1º de enero de 1999.

En realidad, la convergencia económica de los países de Europa Occidental ha sido un proceso muy largo, que ha superado retos muy grandes y se ha caracterizado por la voluntad y decisión de preservar la unidad, aún en las circunstancias más adversas.² Europa unificada tiene un mayor peso específico en la geopolítica mundial y una importancia económica apenas comparable con la de Estados Unidos. En tal virtud, los mercados financieros de los países miembros de la eurozona han eliminado gradualmente los obstáculos para aumentar el volumen de transacciones transfronterizas y homologar la regulación, mecanismos de operación y autoridades supervisoras.

En el estudio de Rajan y Zingales (2003), queda plasmada una clara idea de de la transformación financiera que tuvo lugar en Europa Occidental durante los veinte años transcurridos entre 1980 y 2000. Basta citar algunos datos para ilustrar la magnitud de las profundas transformaciones estructurales que tuvieron lugar. La razón de capitalización del mercado accionario con respecto al Producto Interno Bruto de Estados Unidos se triplicó durante ese periodo, al mismo tiempo que la proporción de la inversión de las empresas privadas financiada con emisiones de acciones también lo hizo. En Europa Occidental, la razón de capitalización del mercado accionario con respecto al PIB creció más de trece veces, en tanto que la proporción de la inversión privada financiadas mediante la emisión de acciones aumentó dieciséis veces.

² Por ejemplo, uno de los momentos más complejos en la historia de la integración monetaria fue el rescate de Grecia, Irlanda, Portugal y España; instrumentado por el resto de los miembros de la Eurozona liderados por Alemania y Francia durante la Crisis de la Deuda Soberana (2009-2012). La enorme capacidad de convocatoria de los líderes políticos y los fuertes intereses comunes se manifestaron como una clara voluntad de hacer de la integración monetaria una condición permanente para los países que ya han adoptado el euro.

Aunque ese importante crecimiento no eliminó completamente la brecha existente con respecto a la economía de Estados Unidos, sí la redujo sustancialmente. En 1980, la capitalización del mercado accionario era cinco veces mayor en Estados Unidos y Gran Bretaña, en comparación con Europa Continental, pero veinte años más tarde, apenas era 60% más grande.

Además, durante el periodo tuvo lugar un crecimiento explosivo de los mercados de derivados financieros en Europa. Hacia finales de los años 1980s y principios de los 1990s todos los países Europeos crearon mercados de derivados y su valor nominal aumento poco menos de cien veces entre 1980 y 2001.

Aunque aún hay un camino largo y difícil por recorrer; para lograr la plena integración de los mercados financieros europeos se observan signos importantes de convergencia con las características del mercado financiero norteamericano, considerado por muchos estudiosos (incluidos Rajan y Zingales) como el paradigma de referencia internacional en materia del papel económico que desempeña.

La adopción de una sola moneda fue un paso muy importante hacia la integración económica definitiva, pero las diferencias legislativas, institucionales y en materia fiscal entre países dejan abierta la posibilidad de que surjan desequilibrios macroeconómicos entre éstos con niveles de desarrollo distintos, tal como fue el caso durante la Crisis de la Deuda Soberana 2009-2012 Santillán-Salgado *et al.* (2015 b).

Hasan y Schmiedel (2004) argumentan que la creciente integración financiera internacional observada en años recientes ha aumentado la frecuencia de las fusiones de bolsas de valores, o bien la creación de redes entre las bolsas (fusiones implícitas). Estos arreglos son capaces de desarrollar un entorno más competitivo, donde las bolsas más eficientes ganan la confianza de los inversionistas, los intermediarios y las empresas. También presentan varios detalles sobre como funcionan los acuerdos de cooperación entre las bolsas europeas y el impacto potencial de dichas iniciativas en el desempeño, crecimiento y costos de transacción. Concluyen que la decisión de llevar a cabo un acuerdo de esta naturaleza impacta el valor de capitalización de los mercados participantes, genera mayor crecimiento y, en menor medida, reduce los costos de transacción.

Inzinger y Haiss (2006) consideran que uno de los temas centrales de estudio sobre la evolución de la eurozona tiene que ver con la integración financiera de los mercados de capital, puesto que la integración de éstos tiene influencia significativa sobre el dinamismo de la inversión, de la liquidez

del mercado y, en general, sobre la asignación más eficiente del capital. Una aportación importante de estos autores es su extensa revisión de los trabajos que han abordado el tema del impacto de la Unión Económica y Monetaria (UEM) en la integración de los mercados de valores en Europa. Del total de estudios revisados, el 45% encuentra evidencia significativa sobre el aumento de la integración financiera en la eurozona y 25% de ellos confirma que el grado de integración aumentó con la introducción del euro; sólo 9% de los trabajos revisados documenta que la integración del mercado de valores no aumentó.

Entre las principales conclusiones del estudio se destaca que no obstante la costumbre de asociar a la globalización y, especialmente a la integración financiera, con un fuerte impacto sobre el dinamismo de la inversión, la liquidez del mercado y la asignación más eficiente del capital; también es preciso reconocer que tales procesos implican riesgos adicionales.

Bley (2009) demuestra la naturaleza variable en el tiempo del proceso de integración de los mercados de la eurozona. Sus resultados demuestran que el comportamiento de los rendimientos está cambiando y que los mercados de capital están comenzando a desvincularse; concluye que asumir un nivel creciente de integración entre los mercados financieros de la eurozona no puede darse por descontado.

Baele *et al.*, (2004), aseguran que la integración de los mercados financieros europeos se sostiene sobre un escenario en el cual conceptualmente todos los agentes económicos enfrentan las mismas normas e igualdad de oportunidad en el acceso a instrumentos y servicios financieros. Estudian separadamente cinco segmentos del mercado financiero: dinero, deuda pública, bonos corporativos, banca, crédito, y renta variable y sus resultados revelan que, no obstante los esfuerzos institucionales y legislativos para lograr una integración sin límites en materia financiera, los diferentes segmentos presentan distintos niveles de integración. Destacan que, como cabría esperar dada la existencia de una política monetaria única en la eurozona, el mercado de dinero ha llegado a ser el más integrado.

Más recientemente la literatura ha abordado el tema de los procesos de integración en la eurozona con nuevas metodologías como, por ejemplo, los trabajos de Reboredo, *et al.* (2015), Bartram y Wang (2015), ambos sustentados con Análisis de Cópulas.

El primero estudia la estructura de dependencia entre las cuatro principales bolsas de valores de Europa Central y Oriental (República Checa, Hungría, Polonia y Rumanía), utilizando funciones cópula estáticas y diná-

micas, con diferentes formas de dependencia de la cola de la distribución. Los resultados confirman la presencia de dependencia positiva y variable en el tiempo.

El segundo investiga el grado y los determinantes de la dependencia entre mercados europeos con una muestra de 10 industrias en 12 países de la eurozona, y 8 mercados de valores fuera de ella, durante el período que comprende la introducción del euro, el colapso de *Lehman Brothers* y la crisis de deuda soberana europea. Sus conclusiones destacan que la mayor parte de las industrias de los países de la zona euro muestran un aumento en su nivel de dependencia después de la introducción del euro. Asimismo, revelan que la dependencia es más fuerte entre países con mayor capitalización de mercado.

1.2 Limitaciones de los estudios sobre integración financiera

Algunos autores aseguran que las evidencias de un incremento en el nivel de integración financiera en Europa podrían ser contradictorias, sesgadas o simplemente incompletas (Pascual (2003); Anderson *et al.*, (2011); Andrade y Chhaochharia (2012); Van Ewijk y Arnold (2015)).

Por ejemplo, Pascual (2003) utiliza técnicas de cointegración sobre los movimientos comunes de largo plazo en los mercados de capitales de Reino Unido, Alemania y Francia, y reporta no haber encontrado evidencia significativa de cambios en el grado de integración para los dos primeros países. Sólo en el caso de Francia se confirma una tendencia significativa en la sensibilidad de su mercado de valores hacia los otros mercados de la muestra.

O bien, el trabajo de Anderson, *et al.* (2011) donde se destaca que en los estudios de series de tiempo que han abordado el tema de los procesos de integración de la eurozona se ha dado poca atención al aspecto metodológico y, en particular se señalan dos problemas: la cantidad insuficiente de datos históricos para el análisis econométrico, y la muestra limitada de países estudiados. Respecto al primer problema, los autores aseguran que no obstante que la moneda euro existe desde 1999, algunos instrumentos de mercado de dinero estuvieron disponibles apenas hasta 2002, por lo que no existen observaciones suficientes para análisis macroeconómicos de series de tiempo. En cuanto al segundo problema, sostienen que los países que participaron en el Sistema Monetario Europeo cambiaron con el transcurso del tiempo y que, en ocasiones, los nuevos miembros tienen políticas macroeco-

nómicas sustancialmente diferentes a las de los miembros originales. Al ser dinámico el número de miembros, no es posible realizar análisis histórico-comparativos consistentes.

En línea con el estudio anterior, Scheller (2004), plantea que no existe un consenso sobre la fecha de arranque de la integración financiera en la eurozona, se acostumbra tomar como referencia: *a*) el inicio de la operación del Sistema Monetario Europeo (SME), en marzo de 1979; *b*) inicio de la primera fase de la Unión Monetaria Europea en 1990; *c*) la firma de la Tratado de la Unión Europea “Tratado de Maastricht” en 1992 y *d*) cuando los países fundadores acuerdan las condiciones de admisión a la zona del euro así como la creación del Banco Central Europeo (BCE), en 1998. Tal falta de homogeneidad, argumenta Sheller (2004) puede tener serias implicaciones al momento de realizar análisis de series de tiempo.

Andrade y Chhaochharia (2012) documentan la reversión en la tendencia de largo plazo de la integración de mercados de capitales en Europa durante 2007-2011, a la luz de tres crisis importantes en la región: la crisis de competitividad/crecimiento, la crisis de la deuda soberana, y la crisis bancaria. En su estudio aseguran que la causa fundamental de tales episodios fue la introducción de la moneda única en un contexto aún no suficientemente maduro para ello. Paradójicamente, plantean estos autores, mientras que el euro fue concebido para integrar aún más los mercados financieros europeos, parecería ser que en realidad sentó las bases para los periodos de crisis mencionados y provocó una reversión de la integración de los mercados de capitales europeos.

Por último, el trabajo de Van Ewijk y Arnold (2015), al investigar el papel de la integración financiera en el proceso de ajuste macroeconómico de los países de la Unión Europea, parte de la idea de que la política monetaria comúnmente señalada como “*one size fits all*” puede complicar el proceso de ajuste monetario. La Comisión Europea en 2008 señaló que en la Unión Europea no sólo estaba asegurada la estabilidad macroeconómica sino que la zona se erigía como un polo de estabilidad. No obstante, argumentan Van Ewijk y Arnold, es de llamar la atención que en el mismo informe se menciona que los desequilibrios económicos entre los estados miembros habían crecido con el tiempo, y concluyen que, desde la introducción del euro, la integración financiera ha afectado negativamente el proceso de ajuste macroeconómico de los países de la eurozona.

2. Aspectos metodológicos

La estrategia de modelado conocida como Cópula-GARCH combina modelos GARCH y funciones de cópula para permitir flexibilidad en la selección de distribuciones marginales y estructuras de dependencia. En la primera etapa se emplearon modelos AR-GARCH para las distribuciones marginales. La selección del modelo más apropiado para cada serie se llevó a cabo con el criterio de Schwarz.

Las ecuaciones de la media incluyeron en principio una constante, cinco términos autorregresivos y la variable *dummy* que captura la ruptura estructural de las series a partir del modelo de Perron, más un error aleatorio:

$$R_{it} = C_1 + C_2AR(1)_t + C_3AR(2)_t + C_4AR(1)_t + C_5AR(2)_t \\ + C_6AR(1)_t + C_7\delta_i + \varepsilon_t ;$$

donde, $i = FTSE, DAX, CAC, MIB, IBEX$.

El modelo GARCH;³ desarrollado independientemente por Bollerslev (1986) y Taylor (1986), asume que la varianza condicional depende de las noticias o *shocks* pasados y de sus propios rezagos, como una función ponderada del valor promedio α_0 , de la volatilidad de periodos previos $\alpha_i u_{t-i}^2$, y de las varianzas condicionales rezagadas $\beta_j h_{t-j}$, de la manera siguiente:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} + u_t$$

La estimación de los parámetros utiliza la técnica conocida como Ajuste por Máxima Verosimilitud, la cual encuentra los valores más probables de los parámetros para la especificación modelada.

³ Generalized Autoregressive Conditional Heterscedasticity Model

Cuando el modelo se ajusta correctamente, los residuos presentan las características de “ruido blanco”. Además del modelo GARCH (1,1) tradicional se probaron otras tres distintas variantes de la misma familia: EGARCH, TGARCH, IGARCH.⁴

Para continuar el análisis por medio del enfoque de cópulas (segunda etapa del modelado Cópula-GARCH), se tomaron los residuos estandarizados que se obtuvieron de los modelos seleccionados por el criterio de Schwarz, como las distribuciones marginales de los rendimientos de cada mercado. La base de dicho enfoque lo constituye el teorema de Sklar, según el cual la relación entre las distribuciones marginales, F_i , $i = 1, \dots, d$, y la distribución conjunta $F(x_1, \dots, x_d)$ está dada por una función $C(F_1(x_1), \dots, F_d(x_d))$, llamada cópula, que puede describir toda la estructura de dependencia que existe en la distribución conjunta multivariada. Un resultado proporcionado por el teorema de Sklar es que la cópula se puede obtener con base en las distribuciones marginales de las d variables aleatorias involucradas y es que la cópula puede estimarse con base en las distribuciones uniformes de las marginales, es decir, una cópula es entonces una distribución en el hipercubo unitario con marginales uniformes.

El análisis con base en cópulas ha ganado un buen terreno en el análisis financiero y econométrico en la última década, especialmente gracias al uso de cópulas bivariadas. Se ha encontrado poca flexibilidad cuando el número de variables analizadas crece; entre las posibles soluciones al problema multivariado de grandes dimensiones ha surgido el enfoque conocido como viñas de cópulas (vine copulas). Las viñas de cópulas son representaciones gráficas que permiten especificar lo que se conoce como construcciones de cópulas por pares. Este enfoque ha cobrado popularidad recientemente, ya que es posible descomponer las densidades multi-dimensionales en un producto de las densidades de pares de cópulas y las densidades de las distribuciones marginales:

$$f(x_1, \dots, x_d) = \prod_{j=1}^{d-1} \prod_{i=1}^{d-j} c_{i, (i+j) | (i+j), \dots, (i+j-1)} \cdot \prod_{k=1}^d f_k(x_k),$$

⁴ Los modelos EGARCH(1,1) —Exponential GARCH— y TGARCH(1,1) —Threshold GARCH o GJE—, incorporan la asimetría en las innovaciones para la estimación de los parámetros de la varianza condicional; en tanto que el modelo IGARCH(1,1) permite modelar cierto grado de persistencia en la varianza.

esta descomposición no es única, Bedford y Cooke (2001, 2002) presentan el modelo llamado viña para clasificar las d construcciones de cópulas por pares acomodándolas en $d(d-1)/2$ árboles vinculados, por lo que el conjunto de d dimensiones se puede representar con conjuntos de árboles anidados que satisfacen alguna condición de proximidad.

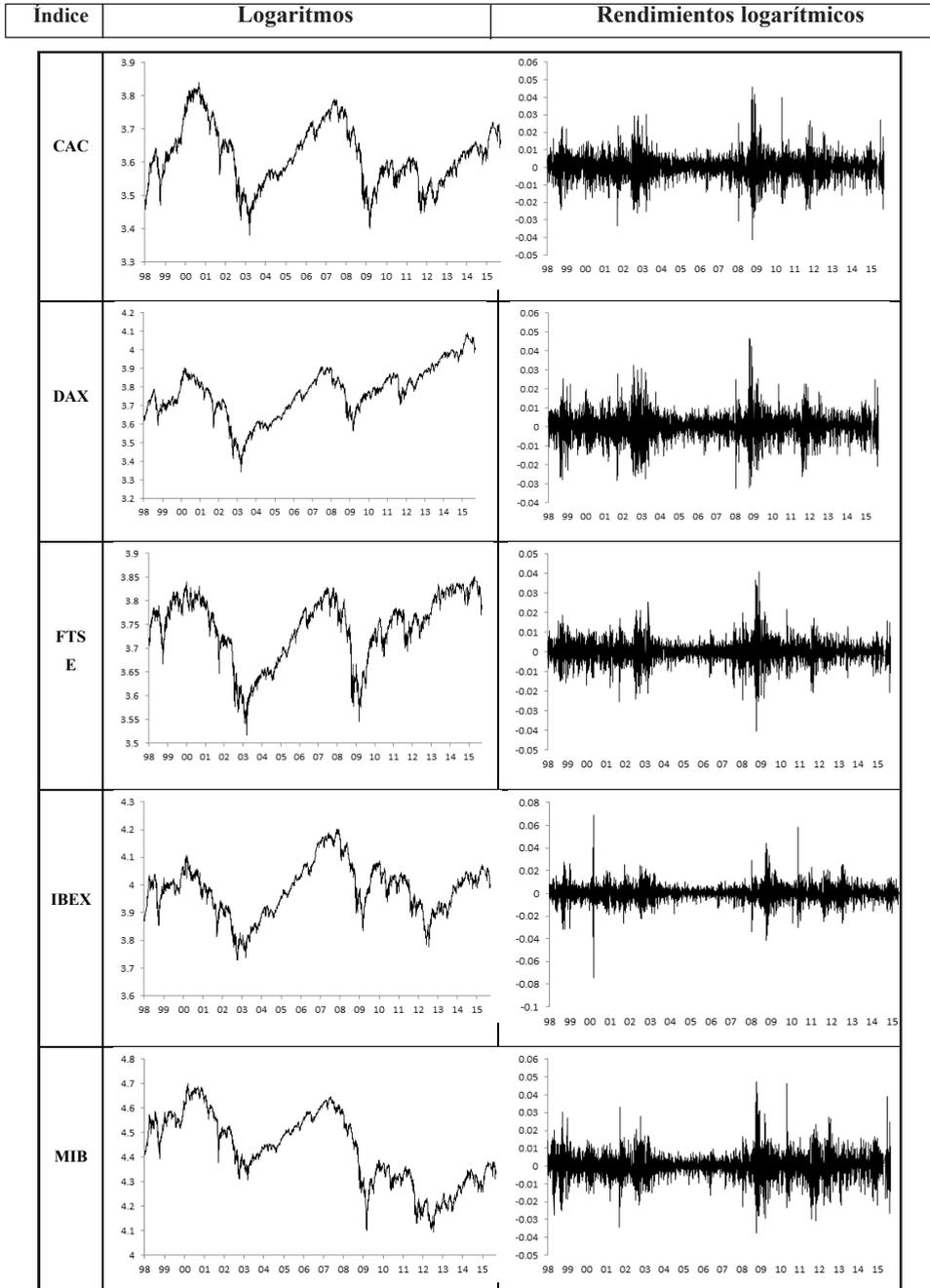
La aplicación de un modelo de viñas de cópulas implica, *grosso modo*, la selección de una estructura (árbol), las familias de cópulas pertinentes y la estimación de los parámetros correspondientes. Para la selección de la estructura se puede utilizar alguna medida de ponderación de las ramas que unen los nodos (pares) de los árboles, en tanto que para seleccionar las(s) cópula(s) se puede recurrir a pruebas de independencia, de bondad de ajuste y/o criterios de selección de modelos como el de Akaike o el de Schwarz. La estimación de los parámetros correspondientes se puede llevar a cabo mediante el método de máxima verosimilitud, estimación secuencial o estimación bayesiana.

3. Análisis de resultados

Las series utilizadas son los precios de cierre diarios de los índices bursátiles más representativos de Reino Unido (FTSE), Alemania (DAX), Francia (CAC), Italia (MIB) y España (IBEX), para el periodo comprendido del 2 de enero de 1998 al 7 de septiembre de 2015. Los datos fueron obtenidos de *Yahoo Finance*. Los índices están expresados en sus monedas locales; a saber, la libra esterlina para Gran Bretaña, y el euro en el caso de los demás países de la muestra.

La representación gráfica en la Figura 1 utiliza precios de cierre diarios en forma logarítmica y en primeras diferencias (rendimientos logarítmicos) para ilustrar el comportamiento de los índices bursátiles estudiados (FTSE, DAX, CAC, MIB e IBEX). El comportamiento de los rendimientos exhibe racimos de volatilidad, en tanto que los niveles revelan dos importantes caídas. El primer desplome se presenta hacia el final del primer trimestre de 2001, en parte explicado por la explosión de la burbuja de las acciones *dot-com*, o de la “nueva economía”, agravado por los ataques terroristas a las Torres Gemelas de Nueva York, en septiembre del mismo año, y los preparativos bélicos para la invasión de Irak a lo largo de 2002. Durante los primeros meses de 2003, los comienza una recuperación, para alcanzar los niveles previos al desplome a mediados de 2007. Pero la recuperación terminó inesperadamente, debido a que comenzaron a presentarse los efectos de la Crisis de las

Figura 1. Precios de cierre y rendimientos logarítmicos



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finance.

Hipotecas *Subprime*. A partir de aquel momento se inicia un nuevo periodo bajista que toca fondo a inicios de 2009.

Para llevar a cabo un análisis más riguroso de la similitud de comportamiento de las distintas bolsas, se utiliza una metodología econométrica que comienza por determinar el grado de integración de las series de precios de cierre diario. Para ello, se realizaron pruebas de raíz unitaria, tanto en la transformación logarítmica de los niveles como en sus primeras diferencias, mediante la prueba Dickey-Fuller (véase el Cuadro 1). Los valores de las pruebas indican que en ningún caso se puede rechazar la presencia de raíces unitarias en niveles, en tanto que las pruebas sobre las primeras diferencias rechazan dicha hipótesis en el total de los casos.

Cuadro 1. Pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentada

	Niveles			Primeras Diferencias		
	Intercepto	Intercepto y Tendencia	Ninguno	Intercepto	Intercepto y Tendencia	Ninguno
CAC	-2.5989	-2.7279	0.4210	-42.0918***	-42.0907***	-42.0927***
DAX	-1.3443	-1.9868	0.7604	-66.3409***	-66.3365***	-66.3389***
FTSE	-2.1889	-2.2732	0.2175	-32.3209***	-32.3172***	-32.3233***
IBEX	-2.5339	-2.5033	0.2083	-65.690***	-65.6848***	-65.6968***
MIB	-1.5175	-2.6937	-0.1843	-67.279***	-67.2737***	-67.2859***

Valores Críticos de la Prueba Dickey Fuller Aumentada

Sig.	Intercepto	Intercepto y Tendencia	Ninguno
1%	-3.4316	-3.9601	-2.5655
10%	-2.5671	-3.1272	-1.6167

Fuente: Elaboración propia con salida de Eviews.

No obstante los resultados anteriores, el comportamiento gráfico de las series en la Figura 1 sugiere la presencia de rompimientos estructurales. Por lo tanto, se prueba nuevamente la hipótesis de la presencia de raíz unitaria con la técnica de Perron, desarrollada para utilizarse precisamente en ese caso (véase Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas de raíz unitaria de Perron para series con rompimientos estructurales

	Niveles			Rendimientos		
	Intercepto	Tendencia	Ambos	Intercepto	Tendencia	Ambos
CAC	-3.18	-2.89	-3.02	-33.01***	-32.64***	-33.04***
DAX	-3.63	-3.12	-3.51	-31.05***	-30.76***	-31.16***
FTSE	-3.73	-3.40	-3.67	-33.04***	-32.32***	-33.4***
IBEX	-3.43	-2.53	-3.67	-41.29***	-40.91***	-41.29***
MIB	-3.68	-2.77	-3.45	-31.37***	-31.15***	-31.46***

Valores críticos de la prueba de Perron

	Intercepto	Tendencia	Ambos
***	-5.92	-5.45	-6.32
Sig. al 5% = **	-5.23	-4.83	-5.59
Sig. al 10% = *	-4.92	-4.48	-5.29

Fechas de ruptura estructural identificadas en los rendimientos

	Intercepto	Tendencia	Ambos
CAC	10/10/2008	2/19/01	10/15/02
DAX	10/10/2008	2/23/01	03/12/2003
FTSE	10/10/2008	9/22/00	10/10/2008
IBEX	10/10/2008	8/31/00	10/10/2008
MIB	03/06/2009	2/21/01	9/21/01

Fuente: Elaboración propia con salidas de Eviews y datos de Yahoo Finance.

Los resultados del Cuadro 2 permiten corroborar el rechazo de la hipótesis de presencia de raíz unitaria en los rendimientos logarítmicos de los índices accionarios en presencia de rompimientos estructurales de las series, con un alto nivel de significancia.

Tal como se describió en la sección anterior, para representar la volatilidad condicional de los rendimientos se recurrió a un modelo GARCH cuya ecuación de la media expresa el rendimiento medio de cada uno de los

índices como función de una constante, cinco términos autorregresivos y una variable *dummy*⁵ que captura el efecto de la ruptura estructural en el intercepto de la serie identificada con la prueba de Perron.⁶

Para modelar la volatilidad condicional se seleccionó el modelo de mejor ajuste de acuerdo al Criterio de Información de Schwarz⁷ entre las versiones siguientes de la familia GARCH: GARCH(1,1), EGARCH(1,1), TARCH(1,1), IGARCH(1,1).

Con base en los resultados de la primera corrida para cada serie se redujo el número de términos autorregresivos, según el caso, cuando no fueron estadísticamente significativos. En la mayoría de los casos, los autorregresivos resultaron ser no significativos, con contadas excepciones. En aquellos casos en los cuales se encontró una significancia del 5% o menos, se incluyeron en el cálculo de los residuos estandarizados. Las variables *dummy* con valor cero antes de la fecha identificada por la prueba de Perron para la ruptura estructural en el intercepto de cada serie resultaron, en todos los casos, no significativas y, por lo mismo, fueron eliminadas.

Como se mencionó anteriormente, para seleccionar entre las variantes del modelo de volatilidad condicional aquel que ofrece el mejor ajuste, se optó por el criterio de información de Schwarz.⁸ En Cuadro 3 se destaca con negritas el criterio de información cuyo valor mínimo dio lugar a la elección del modelo óptimo. Es importante destacar una excepción a la regla anterior: en el caso de los modelos utilizados para la serie de rendimientos del índice DAX, no fue posible eliminar la heterocedasticidad condicional de los residuos⁹ con tres de los cuatro modelos probados,¹⁰ por lo cual se optó por

⁵ El valor de la *dummy* es igual a uno a partir de la fecha de ruptura en adelante y cero antes de esa fecha.

⁶ La fecha de ruptura en tendencia o en ambas, intercepto y tendencia, no se reportan ni se incorporan en la ecuación auxiliar ya que, tratándose de series de rendimientos sólo hace sentido hablar de ruptura en el intercepto de la serie, pero no en la tendencia y, en consecuencia, tampoco en ambas.

⁷ En la mayoría de los modelos coincidieron los tres criterios de información típicamente utilizados: Akaike, Hannan-Quin y Schwarz. No obstante, en caso de conflicto entre la señal se optó por el criterio de Información de Schwarz. En el caso de la modelación.

⁸ No obstante en el Cuadro 3 se reportan los valores de los tres criterios de información tradicionales (Akaike, Hannan-Quin y Schwarz) para los distintos modelos GARCH, para destacar que, en la mayoría de los casos, fueron consistentes entre sí.

⁹ Se utilizó la prueba ARCH LM para verificar la presencia de efectos GARCH. Para confirmar que los efectos GARCH son completamente capturados con cada uno

Cuadro 3: Criterios de información para elegir el modelo GARCH de mejor ajuste.

		GARCH	EGARCH	TARCH (GJR)	IGARCH	Valor Mínimo
CAC	AIC	-5.8797	<u>-5.9099</u>	-5.9072	-5.8715	-5.9099
	BIC (Schwarz)	-5.8666	-5.9021	<u>-5.8985</u>	-5.8614	-5.9021
	Criterio Hannan-Quinn	-5.8751	-5.9038	-5.9042	-5.8680	-5.9042
DAX	AIC	-5.8319	-5.8631	-5.8609	-5.8241	-5.8631
	BIC (Schwarz)	-5.8246	-5.8544	-5.8522	<u>25.3457</u>	-5.8544
	Criterio Hannan-Quinn	-5.8293	-5.8600	-5.8579	-5.8225	-5.8600
FTSE	AIC	-6.3347	-6.3712	-6.3673	-6.3260	-6.3712
	BIC (Schwarz)	-6.3260	<u>-6.3625</u>	-6.3586	-6.3188	-6.3625
	Criterio Hannan-Quinn	-6.3317	-6.3681	-6.3642	-6.3243	-6.3681
IBEX	AIC	-5.8274	-5.8564	-5.8536	-5.8206	-5.8564
	BIC (Schwarz)	-5.8201	<u>-5.8477</u>	-5.8450	-5.8163	-5.8477
	Criterio Hannan-Quinn	-5.8248	-5.8533	-5.8506	-5.8191	-5.8533
MIB	AIC	-5.8207	-5.8431	-5.8401	-5.8156	-5.8431
	BIC (Schwarz)	-5.8135	<u>-5.8344</u>	-5.8314	-5.8098	-5.8344
	Criterio Hannan-Quinn	-5.8182	-5.8401	-5.8371	-5.8136	-5.8401

Notas:

1. Los modelos con los cuales no fue posible eliminar el problema de heterocedasticidad condicional fueron: a) para el CAC, TARCH; b) para el DAX, GARCH, EGARCH y TGARCH; c) para el IBEX, TARCH; d) para el MIB, TARCH.

2. En el caso del DAX, el modelo cuyo Criterio de Información habría sido elegido fue el EGARCH, pero al probar la presencia de heterocedasticidad condicional en los residuos, se confirmó que no se logró eliminarla. En la tabla se indica la falta de correspondencia entre el valor mínimo del Criterio de Schwarz y del modelo IGARCH seleccionado finalmente.

Fuente: Elaboración propia con resultados de EViews.

de los modelos considerados, se utilizó una prueba de Multiplicador de Lagrange (LM), aplicada sobre los residuos cuadrados de la ecuación estimada de la media:

$$\hat{u}_t^2 = \gamma_0 + \gamma_1 \hat{u}_{t-1}^2 + \gamma_2 \hat{u}_{t-2}^2 + \dots + \gamma_q \hat{u}_{t-q}^2 + v_t,$$

donde v_t es un error estocástico. Las pruebas de interés en este caso son:

$$H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_q = 0$$

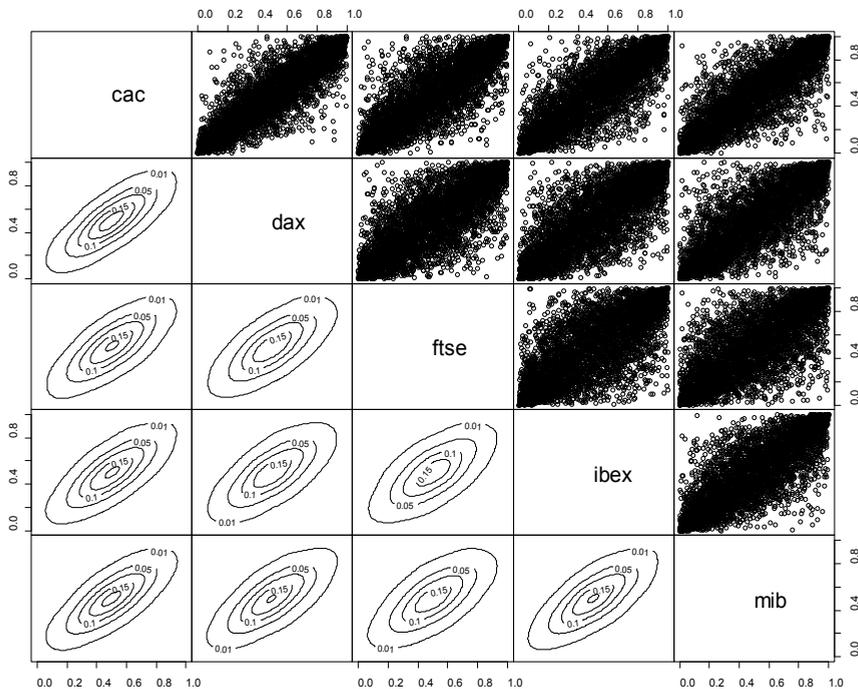
$$H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \neq \dots \neq \gamma_q \neq 0$$

¹⁰ Los modelos que no resultaron capaces de eliminar la heterocedasticidad condicional autorregresiva en los residuos de la ecuación auxiliar estimada del índice DAX fueron: GARCH(1,1), EGARCH(1,1), TARCH(1,1).

escoger el único de los cuatro modelos que sí lo logró, el modelo IGARCH (1,1), aun cuando no correspondió con el valor mínimo indicado por el Criterio de Información de Schwarz. El modelo de volatilidad condicional escogido para las etapas subsecuentes del análisis fue el EGARCH (1,1), en cuatro de los cinco índices. La excepción correspondió al índice DAX, para el cual fue necesario optar por el modelo IGARCH (1,1).

Los residuos estandarizados de los modelos seleccionados en la etapa anterior se transformaron en distribuciones uniformes mediante la integral de la probabilidad, aplicada a cada serie. La Figura 2 muestra los diagramas de dispersión de las distribuciones marginales uniformes en la triangular

Figura 2.
Diagramas de dispersión de las distribuciones uniformes y gráficas de contorno de las cópulas con marginales normales estándar



Fuente: Gráfico elaborado con R¹¹

¹¹ El análisis de cópulas en R se llevó a cabo con el paquete CDVine, véase Brechmann y Schepsmeier (2013).

superior, de los cuales se desprende que la mejor cópula para describir esas distribuciones bivariadas puede ser de la familia elíptica (gaussiana o t de Student). Dicha figura también muestra las gráficas de contorno de cópulas correspondientes a las marginales normales estándar de los datos con diferentes valores del parámetro de dependencia.

El Cuadro 4 muestra las correlaciones entre las distribuciones uniformes, de las marginales y el valor que alcanza la Tau de Kendall para cada par. En general se puede ver que los grados de asociación entre los diferentes mercados analizados tienden a ser de medianos a altos. Se puede ver que el índice CAC muestra niveles más altos de asociación con los demás mercados, como lo sugieren los coeficientes de correlación y las Tau de Kendall estimadas empíricamente. El mercado británico parece ser el que tiene un menor grado de asociación con los otros mercados, no obstante, su Tau promedio es marginalmente superior al 0.58; el grado más bajo de asociación es, en este caso, con el mercado madrileño.

Cuadro 4: Matriz de Correlaciones-Tau de Kendall

	CAC	DAX	FTSE	IBEX	MIB
CAC	1	0.7074	0.6381	0.6454	0.6657
DAX	0.8818	1	0.5920	0.5925	0.6136
FTSE	0.8223	0.7817	1	0.5380	0.5537
IBEX	0.8302	0.7829	0.7249	1	0.6261
MIB	0.8459	0.7987	0.7409	0.8118	1
Correlaciones en la diagonal superior Tau de Kendall (empíricas) en la diagonal inferior					

Fuente: Tabla elaborada con resultados de R.

En el Cuadro 5 se observa el rechazo de la independencia que sugieren para todos los casos los resultados de la prueba T, y se puede ver también ahí que los criterios de Akaike y de Schwarz (BIC) sugieren la cópula t de Student como la mejor opción para todos los pares.

Cuadro 5: Pruebas de independencia y de selección de cópula por pares

Par	Prueba de independencia		Cópula seleccionada (MV)	
	Estadístico T de G&F	p	AIC	BIC
CAC-DAX	70.4464	< 0.01	t de Student	t de Student
CAC-FTSE	63.5490	< 0.01	t de Student	t de Student
CAC-IBEX	64.2672	< 0.01	t de Student	t de Student
CAC-MIB	66.2936	< 0.01	t de Student	t de Student
DAX-FTSE	58.9555	< 0.01	t de Student	t de Student
DAX-IBEX	59.0068	< 0.01	t de Student	t de Student
DAX-MIB	61.1021	< 0.01	t de Student	t de Student
FTSE-IBEX	53.5795	< 0.01	t de Student	t de Student
FTSE-MIB	55.1403	< 0.01	t de Student	t de Student
IBEX-MIB	62.3458	< 0.01	t de Student	t de Student

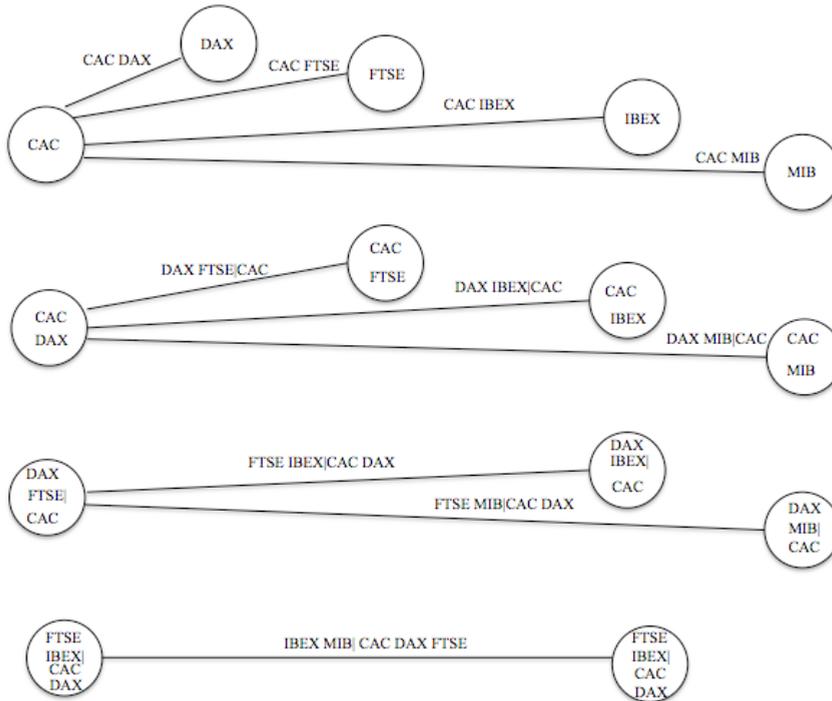
G&F = Genest y Favre (2007), AIC = criterio de información de Akaike;
BIC = Criterio Bayesiano de Schwarz, MV = Estimación máximo-verosímil

Fuente: Tabla elaborada con resultados de R.

La Figura 3 muestra la estructura de la viña empleada en este trabajo para analizar la dependencia de los cinco mercados europeos estudiados; se trata de una viña canónica en la cual cada árbol tiene sólo un nodo que se conecta con todos los demás. En el cuadro 6 se observan los resultados de la estimación secuencial de los parámetros (ρ , ν), los cuales sugieren una significancia superior a cualquier nivel convencional. La estimación secuencial de los parámetros se lleva a cabo comenzando desde el árbol ubicado en la cima, mediante máxima verosimilitud bivariada.

Como se había indicado anteriormente, las cópulas que relacionan los rendimientos del mercado francés con los rendimientos de los demás mercados son las que muestran mayores grados de asociación, dados los altos valores de los parámetros de dependencia estimados, ρ mayores en todos los casos a 0.83 y las τ de Kendall mayores a 0.63 (estimadas con base en los valores de los parámetros ρ), en particular con el mercado alemán. Aunque la moneda de las cotizaciones del mercado británico difiere de todos los demás,

Figura 3: Árbol de la viña canónica estimada para los cinco mercados



Fuente: Gráfico elaborada con base en resultados obtenidos de R.

la asociación de sus rendimientos con los del mercado francés superan a la fuerza de asociación de los rendimientos de España e Italia con ese mismo mercado. En todos los demás árboles de la viña, se observa una caída drástica en los parámetros de asociación, incluso a pesar de que los parámetros de las cópulas correspondientes se encuentren condicionadas al mercado francés. No obstante, resulta conveniente destacar que los rendimientos del mercado de la Gran Bretaña se encuentra más fuertemente asociado con los rendimientos de los otros mercados que como lo están los de España e Italia, en particular cuando la estructura de su dependencia se encuentra condicionada por los rendimientos de los mercados francés y alemán.

En la estructura de dependencia se encuentra que las cópulas estimadas en el primer árbol de la viña, las que relacionan los rendimientos del mercado francés con los rendimientos de los otros mercados, implica una

Cuadro 6: Estimación Secuencial de la Viña

Nodos	ρ	Error estand.	ν	Error estand.	τ de Kendall	AIC	BIC
1,2	0.8888	0.0030	5.6594	0.5255	0.6970	-6863.6125	-6850.8288
1,3	0.8592	0.0038	5.1659	0.4633	0.6581	-5932.9202	-5920.1365
1,4	0.8433	0.0041	5.6704	0.5549	0.6388	-5507.9684	-5495.1847
1,5	0.8382	0.0043	5.2191	0.4680	0.6328	-5389.2522	-5376.4685
2,3 1	0.2318	0.0153	8.6853	1.1332	0.1489	-295.9198	-283.1361
2,4 1	0.1871	0.0155	9.9124	1.5218	0.1198	-212.9418	-200.1581
2,5 1	0.1984	0.0152	12.0421	2.2112	0.1271	-211.6648	-198.8811
3,4 1,2	0.3526	0.0138	9.6981	1.4180	0.2294	-637.9373	-625.1536
3,5 1,2	0.0977	0.0157	14.2983	3.0536	0.0623	-61.5086	-48.7248
4,5 1,2,3	0.0568	0.0161	12.4470	2.3218	0.0362	-47.0550	-34.2713
Máximo Verosimil Global=12,600.39							
C. de Información Globales: AIC= -25,160.78; BIC= -25,032.94							

Notas: AIC se refiere al Criterio de Información de Akaike; BIC se refiere al Criterio de Información de Schwarz. La correspondencia de los dígitos utilizados para identificar a los nodos es la siguiente: 1= CAC; 2=DAX; 3=FTSE; 4=IBEX; 5=MIB.

Fuente: Tabla elaborada con resultados de R.

distribucion t con mayores niveles de dispersión que todos los demás casos. La cópula que modela la estructura de dependencia de los rendimientos de los mercados francés y español es la que muestra mayor dispersión, en tanto que la estructura de dependencia de los rendimientos de Gran Bretaña e Italia muestran la menor cuando se encuentran condicionados por los rendimientos de Francia y Alemania.

Conclusiones

Durante los últimos lustros ha tenido lugar un notable crecimiento y profundización de los mercados de capital europeos, aunque con importantes diferencias de uno a otro. La coordinación de políticas macroeconómicas (al menos en materia de política monetaria) ha sido uno de los impulsores más importantes de una mayor integración financiera.

En este estudio se analizan las relaciones entre los rendimientos de los cinco principales mercados de capital de Europa occidental mediante la metodología Cópula-GARCH que consiste en identificar el modelo GARCH de mejor ajuste en términos del criterio de información de Schwarz para generar residuos estandarizados en la siguiente etapa de modelación con Cópulas Viña. En la totalidad de los casos, el modelo GARCH de mejor ajuste, de acuerdo con el Criterio de Schwarz son del tipo EGARCH. No obstante, en el caso del índice DAX, el modelo EGARCH no fue capaz de eliminar el problema de heterocedasticidad en los residuos de acuerdo con la prueba ARCH LM. Por lo tanto, se opta por el modelo IGARCH, el único cuyos residuos no están afectados por heterocedasticidad, para generar los residuos estandarizados a utilizar en la siguiente etapa del estudio.

Con base en los resultados del análisis de Cópulas-Viña de la siguiente etapa, destaca que no en todos los casos se identifican relaciones fuertes entre los mercados estudiados pero, en promedio, se trata de valores medianos a altos. Asimismo, es notable que aquellos mercados con menor grado de integración son, también, los que tienen menor dispersión y, por lo tanto, los más adecuados para la construcción de portafolios.

Otro aspecto que vale la pena destacar es que, a pesar de que los rendimientos del mercado británico están calculados en su moneda original, libras esterlinas, en tanto que los rendimientos de los otros mercados están estimados en euros, aquel no se encuentra menos relacionado con los demás por la diferencia de monedas e, incluso, muestra vínculos más fuertes con el conjunto que los mercados de España e Italia. Asimismo resalta, como se comenta en los párrafos anteriores, las cópulas que relacionan los rendimientos del mercado francés con los de los demás mercados sugieren una asociación más fuerte entre ese mercado y el resto.

Estos resultados contribuyen a una mejor comprensión de las relaciones que prevalecen entre los mercados de capital de las principales economías de Europa occidental. Específicamente, se mide objetivamente el impacto que tiene la volatilidad de los rendimientos de alguno de los mercados sobre los demás.

Es preciso destacar la importancia de continuar con la búsqueda de explicaciones sobre la dinámica e interacción de los distintos mercados. Sólo de esa manera, será posible generar información más completa con la cual apoyar los procesos de administración de riesgos, valuación de activos, diversificación de portafolios, regulación y supervisión de los mercados.

Referencias bibliográficas

- Anderson, H. M., Dungey, M., Osborn, D. R., y Vahid, F., (2011). "Financial Integration and the Construction of Historical Financial Data for the Euro Area". *Economic Modelling*, 28(4), pp. 1498-1509.
- Andrade, S. C., y Chhaochharia, V., (2012). "The Euro and European Equity Market (Dis) Integration". *Working Paper*, University of Miami.
- Arouri, M. y Foulquier, P. (2012). "Financial Market Integration: Theory and Empirical Results". *Economic Modelling*, 29(2), pp. 382-394.
- Arouri, M. y Teulon, F., y Rault, C. (2013). "Equity Risk Premium and Regional Integration". *International Review of Financial Analysis*, 28, pp. 79-85.
- Baele, L., Ferrando, A., Hördahl, P., Krylova, E., y Monnet, C., (2004). "Measuring Financial Integration in the Euro Area". European Central Bank, *Occasional Paper Series*, no. 14.
- Baele, Lieven y Vander-Vennet, R. (2001). "European Stock Market Integration and EMU". Department of Financial Economics, Ghent University, *Paper in progress*.
- Bartram, S. M., y Wang, Y. H., (2015). "European Financial Market Dependence: An Industry Analysis". *Journal of Banking & Finance*, 59, pp. 146-163.
- Bedford, T. y Cooke, R.M. (2001). "Probability Density Decomposition for Conditionally Dependent Random Variables Modeled by Vines". *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 32, pp. 245-268.
- Bedford, T. y Cooke R.M. (2002). "Vines-A new Graphical Model for Dependent Random Variables". *The Annals of Statistics*, 30, pp. 1031-1068.
- Bekaert, G y Harvey, C.R., (1995). "Time-Varying World Market Integration". *Journal of Finance*, 50 (2), pp. 403-44.
- Bley, J., (2009). "European Stock Market Integration: Fact or fiction?" *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 19 (5), pp. 759-776.
- Bollerslev, T., (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327.
- Brechmann, E.C. y Schepsmeier, U. (2013). "Modeling Dependence with C-and D-Vine Copulas: the R package CDVine". *Journal of Statistical Software*, 52 (3), pp. 1-27.
- Errunza, V., & Losq, E. (1985). "International Asset Pricing Under Mild Segmentation: Theory and Test". *The Journal of Finance*, 40 (1), pp. 105-124.
- Person, W., y Harvey, C., (1991). "The Variation of Economic Risk Premiums". *Journal of Political Economy*, 99, pp. 385- 415.

- Genest, C., y Favre, A.C., (2007). "Everything you Always Wanted to Know About Copula Modeling But Were Afraid to Ask". *Journal of Hydrologic Engineering*, 12 (4), pp. 347-368.
- Gurrola-Ríos, C., Santillán-Salgado, R.J. y Jiménez-Preciado, A.L., (2014). "Interrelaciones y causalidad entre los principales mercados de capital de América Latina". *Estocástica, Finanzas y Riesgo*, 4 (1), pp. 65-88.
- Hasan, Iftekhar y Schmiedel, Heiko, (2004). "Networks and Equity Market Integration: European Evidence". *International Review of Financial Analysis*, 13 (5), pp. 601-619.
- Heston, S.L., Rouwenhorst, G. y Wessels, R. G. (1995). "The Structure of International Stocks Returns and the Integration of Capital Markets". *Journal of Empirical finance*, 2 (3), pp. 173-197
- Inzinger, Dagmar y Haiss, Peter (2006). "Integration of European Stock Markets. A Review and Extension of Quantity-Based Measures". Vienna, University of Economics and Business Administration Vienna, European Institute, *EI Working Paper*, 74.
- Kanas, A., (1998). "Volatility Spillovers Across Equity Markets: European Evidence". *Applied Financial Economics*, 8 (3), pp. 245-256.
- Kim, S.W., Kim, Y.M. y Choi, M.J., (2015). "Asia-Pacific Stock Market Integration: New Evidence by Incorporating Regime Changes". *Emerging Markets Finance & Trade*, 51, pp. 568-588.
- Licht, A. N., (1997). "Stock Market Integration in Europe". Program on International Financial Systems, Harvard Law School.
- Pascual, A. G., (2003). "Assessing European Stock Markets (co) Integration". *Economics Letters*, 78 (2), pp. 197-203.
- Rajan, R. y Zingales, L., (2003). "Banks and Markets: The Changing Character of European Finance". NBER National Bureau of Economic Research, *Working Paper* 9595.
- Reboredo, J. C., Tiwari, A. K., y Albulescu, C. T., (2015). "An Analysis of Dependence Between Central and Eastern European Stock Markets". *Economic Systems*, en prensa.
- Santillán-Salgado, R.J., Escobar-Saldivar L.J. y Gurrola-Ríos, C., (2015 a). *Cointegración entre las principales bolsas de Europa Continental en presencia de rompimientos estructurales (1999-2004)*. Contaduría y Administración, Aceptado para publicación.
- Santillán-Salgado, R.J., Fonseca-Ramírez, A. y Ortiz-Arango, F., (2015 b). "La Crisis de la deuda soberana en la eurozona (2009-2012)". Capítulo 4, en: *La Gran recesión (2007-2012): Lecciones y oportunidades para México*. Roberto J. San-

- tillán-Salgado, (coord.), Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas y EGA-DE Business School, México.
- Scheller, H. K., (2004). *The European Central Banks: History, Role and Functions*. European Central Bank. Recuperado el 7 de octubre de 2015 de: [<http://www.ecb.int/pub/pdf/other/ecbhistoryrolefunctions2004en.pdf>].
- Taylor, S. J., (1986). "Forecasting the Volatility of Currency Exchange Rates". *International Journal of Forecasting*, 3, pp. 159-70.
- Thalassinos, Eleftherios, y Thalassinos, Pantelis E., (2006). "Stock Markets' Integration Analysis". *European Research Studies*, 9 (3-4), pp. 3-14.
- Van Ewijk, S. E., y Arnold, I. J., (2015). "Financial Integration in the Euro Area: Pro-Cyclical Effects and Economic Convergence". *Economic Modelling*, 44, pp. 335-342.