



Investigación Administrativa

ISSN: 1870-6614

riarevistainvestigacion@gmail.com

Escuela Superior de Comercio y
Administración, Unidad Santo Tomás
México

Sosa, Miriam; Bucio, Christian; Cabello, Alejandra
**MERCADOS DE CAPITALES DEL BLOQUE BRIC+MÉXICO: DEPENDENCIA
ESTIMADA CON UN ENFOQUE DE CÓPULAS**
Investigación Administrativa, núm. 115, enero-junio, 2015, pp. 70-86
Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456044958005>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

MERCADOS DE CAPITALES DEL BLOQUE BRIC+MÉXICO: DEPENDENCIA ESTIMADA CON UN ENFOQUE DE CÓPULAS

BRIC+MÉXICO CAPITAL MARKETS: ESTIMATED DEPENDENCE THROUGH COPULAS METHODOLOGY

Miriam Sosa (1)
Christian Bucio (2)
Alejandra Cabello (3)

ABSTRACT

The motivation and purpose of this study is to verify the intensity of the dependence between BRIC+M markets (Brazil, Russia, India, China and Mexico) during a significant and characteristic period of time for these countries, covering from 1998, before BRIC was created to 2013. Copula methodology is used, employing diverse parameters. Evidence shows that in terms of integration of stock markets BRIC+M, there is a low to moderate segmentation and even a tendency towards international diversification between these countries.

Key words: copula methodology, BRIC, Mexico, dependence, capital markets.

RESUMEN

70

La motivación y objetivo del presente estudio es verificar la intensidad de la dependencia entre los mercados del bloque BRIC+M (Brasil, Rusia, India, China más México)⁴ en un periodo significativo y característico para dichos países, abarcando desde antes de la conformación del bloque BRIC, que data de 1998, hasta el año 2013. Se emplea una metodología de cópulas, en la que se utilizan diversos parámetros. Se acopía evidencia de que en términos de integración de los mercados accionarios del bloque BRIC+M, existe una segmentación baja-moderada aun conducente a la diversificación internacional entre estos países.

Palabras clave: metodología de cópulas, BRIC, México, dependencia, mercados de capital.

Clasificación JEL: G150 (International Financial Markets) and G110 (Portfolio Choice; Investment Decisions)

(1) Doctorante, Programa de Posgrado en Economía, Facultad de Economía. Universidad Nacional Autónoma de México, msosac87@hotmail.com

(2) Profesor-Coordinador de Actuaría, Unidad Académica Profesional – Huehuetoca. Universidad Autónoma del Estado de México, cbuciol@uaemex.mx

(3) Profesor-Investigador, Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración. Universidad Nacional Autónoma de México, acr2001mx@yahoo.com.mx

(4) En el año 2011 Sudáfrica se incorpora de manera oficial en dicho grupo. Sin embargo, dada la disponibilidad de datos y a su reciente incorporación a este grupo, Sudáfrica no ha sido contemplada en el presente estudio.

INTRODUCCIÓN

Los mercados de capital son importantes en el acontecer económico, ya que ellos son espacios importantes en la vinculación entre el ahorro-inversión. En estos mercados se ofrecen formas de titulación de largo plazo (acciones y bonos), las cuales permiten a los ahorradores invertir convirtiéndose en propietarios o acreedores de las empresas de sus preferencias e intercambiando, negociando dichos títulos en función de sus preferencias o necesidades de liquidez. En una emisión inicial de capital los recursos así obtenidos por las empresas constituyen capital fresco para apoyar sus inversiones y conforman el mercado primario. Por otro lado, la negociación de títulos ya emitidos que realizan diariamente los inversionistas con el objeto de ajustar y optimizar sus carteras de inversión o cubrir sus necesidades de liquidez, constituyen los mercados secundarios. Cabe decir que los índices de precios y cotizaciones bursátiles dan cuenta primordialmente de esta actividad. Su existencia es fundamental, pues su liquidez y credibilidad propician que las empresas puedan emitir nuevos títulos continuamente.

En este respecto, la relación entre inversión real y financiamiento de las empresas mediante la emisión de acciones en los mercados de capital es de vital importancia para las empresas y el desarrollo económico. Igualmente, su grado de desarrollo y eficiencia son fundamentales para que el enlace entre la inversión de cartera y la inversión real sea óptima. Así, la existencia de un vigoroso mercado de capitales es esencial para el desarrollo económico de un país, pues es a través del mismo que las empresas obtienen los recursos financieros que necesitan para aprovechar sus oportunidades de inversión y que el ahorro de las personas pueda ser canalizado hacia las actividades productivas.

Finalmente, en las últimas décadas estos mercados participan en un grado cada vez mayor en el ámbito internacional demostrando de igual forma un grado de asociación (dependencia) creciente con otros mercados, particularmente en el contexto regional y en el marco de acuerdos benéficos, como puede proponerse que es el caso de los principales mercados emergentes de capital de los países miembros del BRIC. Aunado a estos mercados es de nuestro interés incluir al mercado de capitales mexicano, para hacer un

análisis que involucre las relaciones bursátiles de los BRIC con México. En este sentido, denominaremos a la conjunción del bloque BRIC con México como el bloque BRIC+M.

Identificar la naturaleza y comportamiento de los mercados de capital es por tanto importante para fortalecer su crecimiento y participación en la economía, así como la toma de decisiones de los agentes económicos. Por ende, el propósito del presente trabajo es estimar y comparar los niveles de asociación entre los mercados de capitales que conforman el bloque del BRIC+M, precisando el grado de dependencia mediante una prueba formal de su existencia y magnitud.

Diversas investigaciones económico-financieras han evaluado la dependencia entre mercados de capitales. Sin embargo, muchos resultados son controvertidos y de resultados limitados y contradictorios; la metodología de muchos estudios es limitada pues asumen normalidad en la distribución de las series financieras. Aún más, pocos estudios han examinado la interrelación entre mercados de capitales emergentes; habitualmente los estudios son realizados para mercados de capitales desarrollados. En este trabajo se sobreponen dichas limitaciones analizando la problemática de la dependencia, para el caso de los países del bloque BRIC+M. Tomando como punto de partida recientes desarrollos de la economía financiera se hace uso de la metodología de cópulas para analizar la dependencia entre estos mercados de capital.

La dependencia entre los mercados financieros mundiales es incuestionable; los mercados financieros están relacionados (es decir, son interdependientes entre sí). Desde las últimas tres décadas del siglo pasado, inducido por la dinámica de la globalización económica y financiera, ha tenido lugar un proceso de integración financiera dando lugar a una marcada disminución entre las segmentaciones características de antaño. Aún más, en diversos períodos del tiempo se ha observado que la propagación de rendimientos y volatilidades entre mercados es casi instantánea.

En este respecto, la motivación y objetivo del presente estudio es verificar la intensidad de la dependencia entre los mercados en un período significativo y característico del bloque BRIC+M, es decir, en un período previo a la conformación del bloque BRIC que data de 1998 hasta la



actualidad, 2013; y por ende la conjunción con México. En tal periodo se tienen momentos de estabilidad, así como periodos de agitación (esto es, crisis financieras).

REVISIÓN DE LA LITERATURA

La dependencia desempeña un papel importante en lo que respecta a la economía financiera. Particularmente si denotamos a la dependencia como la relación existente entre activos financieros, la cual puede identificarse a través de su correlación estadística. Existen diversas medidas de dependencia; sin embargo, su medida convencional en la teoría financiera es el coeficiente de correlación de Pearson (coeficiente de correlación lineal). Prueba de lo anterior lo constituyen teorías de Markowitz (1952, 1959), Treynor (1961), Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966), en cuyo marco se desarrollaron las teorías de diversificación de portafolios y el modelo Capital Asset Price Model (CAPM) y que permitieron a Ross (1976) la creación del modelo Arbitrage Pricing Theory (APT), el cual gracias a Campbell, Lo y MacKinlay (1997) se ha convertido en referencia obligada en econometría financiera. Todos estos importantes estudios tienen en común el papel principal que otorgan al coeficiente de correlación de Pearson, en particular para la diversificación y optimización de portafolios.

Sin embargo, se ha aseverado que el coeficiente de correlación lineal dada su naturaleza no captura las características no lineales de los activos financieros. En este sentido han aparecido diferentes metodologías que tratan de capturar la no linealidad de las series financieras. Así, la teoría de cópulas, dadas las características de las series financieras, ofrece a los agentes económicos una potente y flexible herramienta para modelar la dependencia entre variables aleatorias, por lo que actualmente es preferible ante el enfoque basado en la correlación tradicional. Además, otro motivo importante para considerar a la teoría de cópulas preferible a la correlación tradicional, es el que permite capturar la dependencia entre fenómenos extremos, lo cual por ende arroja una mejor estimación (Nang, 2009).

Recientes aplicaciones de la teoría de cópulas que destacan en la literatura financiera incluyen los trabajos de López (2006), Samitas, Kenourgios y Paltalidis (2007), Durante, Fabrizio

y Jaworski (2008) y Matangi (2009), quienes presentan evidencia sobre dependencia y contagio vía cópulas. Chan-Lau, Mathieson y Yao (2004) y Gonzalo y Olmo (2005) también reportan estudios de contagio de mercados financieros a través de la aplicación de la metodología de cópula. De manera más reciente, evidencia similar reportan Hamzah y Pirmoradian (2011), Meng-meng y Zhang (2011), Boubaker y Salma (2011), Cai, Huang, Chung y Ying (2012), y Stefanova (2012).

Por su parte, Hu (2002) y Kole, Koedijk y Verbeek (2005) analizan patrones de dependencia entre mercados financieros vía cópulas. Afin a estas investigaciones se encuentran estudios que resaltan la estructura de dependencia interna, es decir, entre los activos de un mismo mercado entre los que cabe mencionar a Hui (2008) y Pettersson (2010).

Otras importantes aplicaciones de las teoría de cópulas incluyen formulaciones empíricas para el análisis, construcción y diversificación de portafolios; entre dichos estudios cabe mencionar los realizados por Chollete, Heine y Valdesogo (2009), Chollete, de la Peña y Lu (2009), Turgutlu y Ucer (2010), y Huang, Hsu y Chiou (2012). Finalmente, la metodología de cópulas ha sido importante para el análisis y administración de riesgos, particularmente para el análisis de valor en riesgo (VaR); recientes investigaciones en este sentido incluyen a Huang, Lee, Liang y Lin (2009), Morrison (2011), Roy (2011), Bucio (2012), Lee y Yang (2012).

En suma, la teoría de cópulas ha sido utilizada últimamente para múltiples aplicaciones. En el presente trabajo dicha teoría se emplea en la medición de la relación de dependencia entre los mercados del bloque BRIC con la inclusión de México.

DATOS Y METODOLOGÍA

Datos

El análisis empírico del presente estudio toma como punto de partida los índices bursátiles más representativos de los países miembros del bloque BRIC-M: IBOVESPA de Brasil, RTS de Rusia, BSE SENSEX de India, HANG SENG de China e IPC de México. Las series financieras comprenden el periodo 1998-2013, para los análisis estadístico-econométricos se emplearon

series diarias, un total de 3 518 observaciones, las cuales son homologadas anualmente para la realización del estudio.

Definición de cópula

Una cópula es una distribución multivariada dentro del intervalo $[0,1]^n$ con marginales uniformes. En otras palabras, se define cópula como una función de distribución multivariada definida en el cubo unitario $[0,1]^n \times [0,1]$, con marginales uniformemente distribuidas.⁵

A través del teorema de Sklar se probó que si F es una función con distribución multivariable con marginales continuas F_1, \dots, F_n , existe una única n -cópula $C: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ tal que:

$$F(x_1, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), \dots, F_n(x_n)) \quad (1)$$

Mediante el teorema de Sklar se sabe que para cada función de distribución multivariada se puede derivar fácilmente una cópula. A pesar de existir un número considerable, sólo unas cuantas familias de juegan un papel importante. Entre las familias de cópulas que tienen este papel se encuentra tanto la familia de cópulas elípticas como la familia de cópulas arquimediana.

Cópulas elípticas

Las cópulas elípticas⁶ son las que mayor aplicación han tenido en los mercados financieros. La particularidad de estas cópulas es que son aquellas que se encuentran asociadas a variables aleatorias cuya función de distribución multivariada es simétrica, lo cual conlleva a que las curvas de nivel que se crean mediante este tipo de cópulas tienen forma elíptica. Dentro de esta familia de cópulas dos son las de mayor importancia: la cópula normal (o gaussiana) y la cópula t-Student, las cuales derivan funciones de distribución multivariadas que poseen estos mismos nombres.

(5) Esta definición es muy natural si se tiene en cuenta cómo es que se deriva una cópula de una función de distribución multivariada continua; de hecho, en este caso la cópula no es más que la función de distribución multivariada original con una transformación hacia una marginal univariada.

(6) Las cópulas elípticas se derivan de distribuciones multivariadas elípticas (Johnson & Kotz, 1972).

Cópula gaussiana

La cópula gaussiana es la derivada de la distribución gaussiana multivariada. Donde Φ denota la distribución normal (acumulada) y Φ_{pn} denota la distribución gaussiana estándar n -dimensional con matriz de correlación ρ .

La n -cópula gaussiana con matriz de correlación ρ es:

$$C_{pn}(u_1, u_n) = \Phi_{pn}(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_n)) \quad (4)$$

Cuya densidad es

$$C_{pn}(u_1, u_n) = \frac{1}{\sqrt{\det \rho}} \exp \left(-\frac{1}{2} y^t(u)(\rho^{-1} - \text{Id})y(u) \right) \quad (5)$$

$$\text{con } y(u) = (\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_n))$$

La cópula gaussiana está completamente determinada por el conocimiento de la matriz del coeficiente de correlación ρ .

Cópula t-Student

La cópula t-Student se deriva de la distribución multivariada t-Student. Proporciona una generalización natural de las distribuciones multivariadas t-Student.

Sea una distribución t-Student n -dimensional $T_{n,p,v}$ con v grados de libertad y una matriz ρ .

$$T_{n,p,v} = \frac{1}{\sqrt{\det \rho}} \frac{\Gamma\left(\frac{v+n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)(\pi v)^{n/2}} \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} \frac{dx}{\left(1 + \frac{x^t \rho^{-1} x}{v}\right)^{\frac{v+n}{2}}} \quad (6)$$

La cópula t-Student es

$$C_{n,p,v}(u_1, u_n) = T_{n,p,v}\left(T_v^{-1}(u_1), T_v^{-1}(u_n)\right) \quad (7)$$

Donde T_v es la distribución univariada t-Student con v grados de libertad.

La densidad de la cópula t-Student es

$$c_{n,p,v}(u_1, u_n) = \frac{1}{(\det \rho)^{1/2}} \frac{\Gamma\left(\frac{v+n}{2}\right) \left[\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)\right]^{n-1} \prod_{k=1}^n \left(1 + \frac{y_k^2}{v}\right)^{\frac{v+n}{2}}}{\left[\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)\right]^n} \frac{y^t \rho^{-1} y}{\left(1 + \frac{y^t \rho^{-1} y}{v}\right)^{\frac{v+n}{2}}} \quad (8)$$

$$\text{con } y = (T_v^{-1}(u_1), T_v^{-1}(u_n))$$

La descripción de la cópula t-Student se basa en dos parámetros: la matriz de correlación ρ , del



mismo modo que el caso gaussiano, y, además, en el número de grados de libertad v .

Cópulas arquimediana

La distribución bivariada perteneciente a la familia de las cópulas arquimediana está representada como

$$C_\alpha(u_1, u_2) = \phi_\alpha^{-1}[\phi_\alpha(u_1) + \phi_\alpha(u_2)], 0 \leq u_1, u_2 \leq 1 \quad (9)$$

donde ϕ_α es convexa y decreciente tal que $\phi_\alpha \geq 0$. A la función ϕ_α se le denomina generador de la cópula C_α y la inversa del generador ϕ_α^{-1} es la transformada de Laplace de una variable latente denotada y , la cual induce la dependencia α . De esta manera, la selección de un generador da como resultado diferentes cópulas de la familia arquimediana. En lo referente a este trabajo sólo se enuncian tres cópulas de esta familia arquimediana, las cuales son: la Clayton, la Gumbel y la Frank.

Cópula Clayton

La cópula bivariada perteneciente a la familia Clayton es

$$C_\alpha(u_1, u_2) = \{u_1^{1-\alpha} + u_2^{1-\alpha} - 1\}^{1/(1-\alpha)}, \alpha > 1 \quad (10)$$

con generador $\phi_\alpha(t) = t^{1-\alpha} - 1$, y transformada de Laplace $\phi_\alpha^{-1}(s) = (1+s)^{1/(1-\alpha)}$.

Cópula Gumbel

La cópula bivariada perteneciente a la familia Gumbel es

$$C_\alpha(u_1, u_2) = \exp\{-[(-\ln u_1)^{1/\alpha} + (-\ln u_2)^{1/\alpha}]\}^\alpha, 0 < \alpha < 1 \quad (11)$$

con generador $\phi_\alpha(t) = (-\ln t)^{1/\alpha}$, y transformada de Laplace $\phi_\alpha^{-1}(s) = \exp\{-s^\alpha\}$.

Cópula Frank

La cópula bivariada perteneciente a la familia Frank es

$$C_\alpha(u_1, u_2) = \ln[1 + (\alpha^{u_1} - 1)(\alpha^{u_2} - 1)/(\alpha - 1)]/\ln \alpha \quad (12)$$

con generador $\phi_\alpha(t) = \ln \frac{\alpha^t - 1}{\alpha - 1}$, y transformada de Laplace $\phi_\alpha^{-1}(s) = \ln[1 + (\alpha - 1)e^s]/\ln \alpha$.

Medidas de dependencia con cópulas

Cada una de las múltiples familias de cópulas está caracterizada por un parámetro o vector de parámetros. Estos parámetros miden la dependencia entre las marginales y son llamados parámetros de dependencia θ . En este trabajo se emplean cópulas bivariadas con un parámetro de dependencia θ .

En cuanto a las cópulas analizadas en este trabajo puede observarse una relación entre el parámetro de dependencia y la medida de concordancia Tau de Kendall, como se señala a continuación.

Sean X_1 y X_2 dos variables aleatorias con funciones de distribuciones marginales continuas F_1 y F_2 y función de distribución conjunta F . Los conceptos tradicionales de dependencia, la correlación de Pearson y la τ de Kendall pueden ser expresados en términos de la cópula para F .

La correlación de Pearson está dada por

$$\rho(X_1, X_2) = \frac{\int_{0,0}^{1,1} [C(u_1, u_2) - u_1 u_2] dF_1(u_1) dF_2(u_2)}{SD(X_1) SD(X_2)} \quad (13)$$

La de Kendall está dada por

$$\tau(X_1, X_2) = 4 \int_0^1 \int_0^1 C(u_1, u_2) dC(u_1, u_2) - 1 \quad (14)$$

Se observa que la τ de Kendall está en función de la cópula de X_1 y X_2 , mientras que el coeficiente de correlación lineal de Pearson también depende de las marginales.

En el caso de las cópulas analizadas en este estudio, esto es, tanto en las cópulas elípticas como en las cópulas arquimediana, existe una relación entre las correlaciones de rangos y la correlación lineal. Particularmente en este trabajo es de interés la relación que se tiene con la τ de Kendall.

En síntesis, si X_1, X_2 tienen una cópula ya sea elíptica o arquimediana bivariada y marginales arbitrarias continuas, la τ de Kendall es como se aprecia a continuación:

Cópula		τ de Kendall
Elípticas	Gaussiana	$\frac{2}{\pi} \arcsin \rho$
	t-Student	
Arquimedianas	Clayton	$(\alpha - 1)/(\alpha + 1)$
	Gumbel	$1 - \alpha$
Frank		$1 + \frac{4}{\ln \alpha} \left(1 + \frac{1}{\ln \alpha} \int_0^{-\ln \alpha} \frac{t}{e^t - 1} dt \right)$

Estimación de los parámetros de la cópula

Existen diversas metodologías para estimar los parámetros asociados a una cópula. En este trabajo se hace uso de la estimación a través de máxima verosimilitud. Este mecanismo de estimación puede ser aplicado a cualquier familia de cópulas, ya que obtiene la estimación de los parámetros de la cópula a través de la maximización de su función de log-verosimilitud, como se explica a detalle a continuación:

Sea una cópula C , definida por la ecuación 1, con función de densidad tal que:

Por tanto, el mecanismo de estimación vía máxima verosimilitud se define como:

Sea X un vector de v.a.i.i.d. con función de distribución multivariada F y funciones de distribución marginales continuas F_1, \dots, F_n ; la función de log-verosimilitud se define

$$l(\theta) = \sum_{j=1}^n \ln c(F_1(x_{j,1}), \dots, F_n(x_{j,n})) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^d \ln f_i(x_{j,i}) \quad (16)$$

en donde θ es el conjunto de parámetros tanto de las marginales como de la cópula. De esta manera, dados el conjunto de marginales y una cópula, la función de log-verosimilitud puede ser maximizada obteniendo de esta forma el estimador de máxima verosimilitud

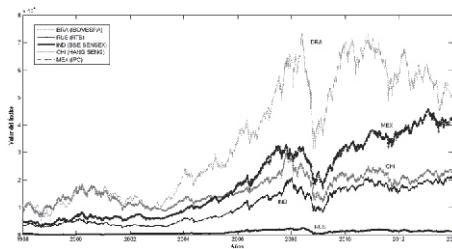
$$\hat{\theta}_{MLE} = \max_{\theta \in \Theta} l(\theta) \quad (17)$$

EVIDENCIA EMPÍRICA

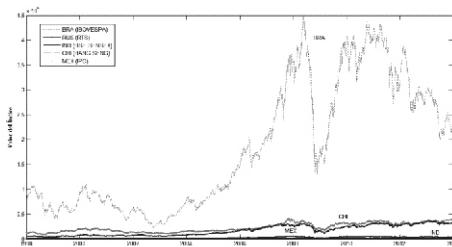
La gráfica 1⁷ da cuenta del comportamiento de los mercados de capitales del BRIC+M de acuerdo con sus índices de precios, en su moneda local. Con el fin de contar con una muestra similar, dado el disímil calendario de días feriados de estos mercados, las series de datos fueron previamente homogenizadas tomando en cuenta sólo días bursátiles en común.

Asimismo, tomando en cuenta la importancia de las inversiones internacionales de cartera y los estándares de la investigación internacional, los índices son homogenizados a una sola moneda; en este caso el dólar estadounidense. La gráfica 2 muestra el comportamiento en dólares de los mercados de capitales del BRIC+M.

Gráfica 1. Índices bursátiles del BRIC+M



Gráfica 2. Índices bursátiles del BRIC+M (US Dólares)



Para las estimaciones a realizarse se emplean los rendimientos de los índices bursátiles seleccionados, los cuales también son homogenizados en una sola moneda para obtener un mejor comparativo. La gráfica 3

(7) Todos los gráficos y tablas contenidos en este documento son de elaboración propia y los datos fueron obtenidos del portal web Yahoo Finanzas.



exhibe los rendimientos de los índices bursátiles del BRIC+M.

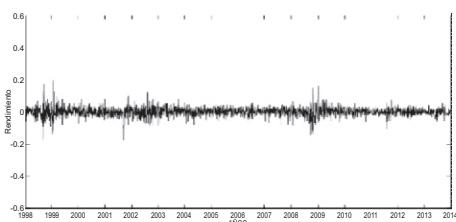
A través de la gráfica 3 se constata la volatilidad inherente en el comportamiento de los rendimientos. Los clusters de volatilidad exhibidos por el comportamiento de los rendimientos de los índices bursátiles del BRIC+M señalan la presencia de heteroscedasticidad y por conseciente los análisis bajo el supuesto de normalidad carecen de un sustento apropiado, conllevando a resultados espurios. Cabe enfatizar nuevamente que la aplicación de las cónulas se sustenta en la captura de patrones de dependencia no lineales, con excepción del parámetro de correlación de Pearson, el cual está sustentado bajo el supuesto de comportamiento lineal en los datos.

Se comprueba la falsedad sobre el supuesto de linealidad en los rendimientos de los índices bursátiles de los mercados de capitales del grupo BRIC+M, a través de diversos análisis estadísticos descriptivos, mostrados en la gráfica 4. Se genera el histograma de cada uno de los rendimientos, y sobre cada uno de estos histogramas se sobreponen las curvas normal y t-Student para verificar visualmente que la distribución de los datos de los rendimientos bursátiles no asemejan un comportamiento lineal. También para cada rendimiento se crea su gráfico Q-Q y diversos estadísticos descriptivos, entre los que destaca la prueba de normalidad Jarque-Bera (1987).

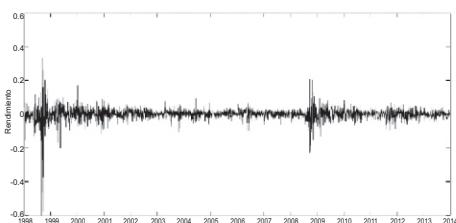
Respecto a la linealidad de los rendimientos se observa claramente la no linealidad de los rendimientos de los índices bursátiles, ya que éstas tienen un comportamiento disímil al de la distribución normal. Sumando evidencia a través del estadístico de normalidad Jarque-Bera en el cual no cumple con el supuesto de linealidad. De igual manera el gráfico Q-Q comprueba la no linealidad. Esto es visible dado el comportamiento en forma de S de los rendimientos, el cual presenta colas pesadas; comportamiento mejor capturado a través de las cónulas. Los estadísticos descriptivos también delatan que se está lejos de un comportamiento normal, ya que se corrobora gráficamente la presencia de asimetría y altos grados de curtosis en las series.

Gráfica 3. Rendimientos de los índices bursátiles del BRIC+M

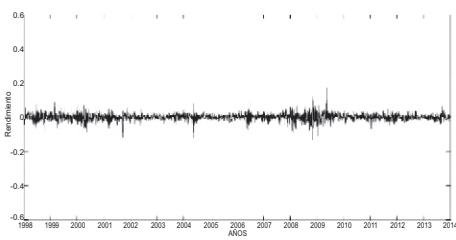
Panel A. IBOVESPA (Brasil)



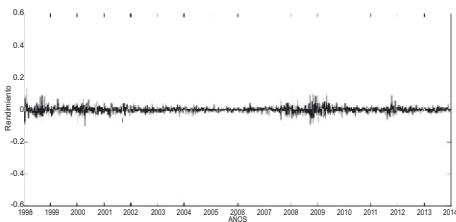
Panel B. RTS (Rusia)

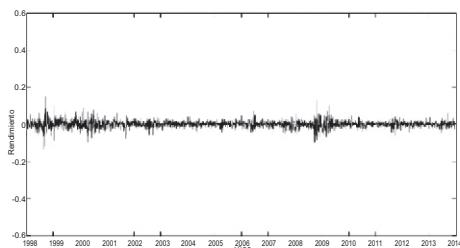
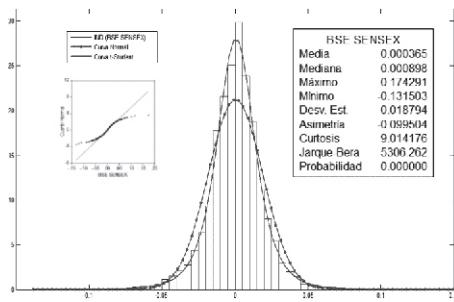


Panel C. BSE SENSEX (India)

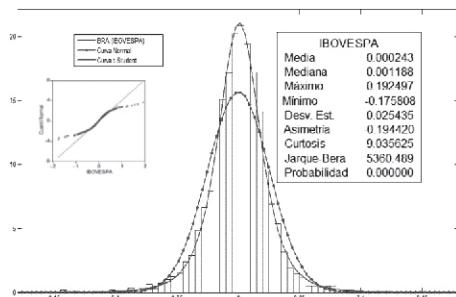
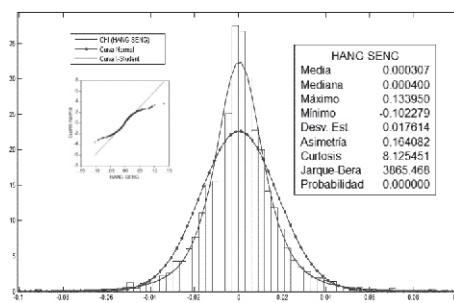
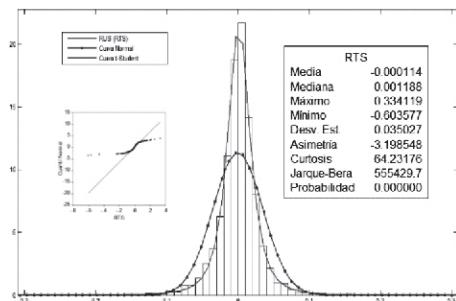
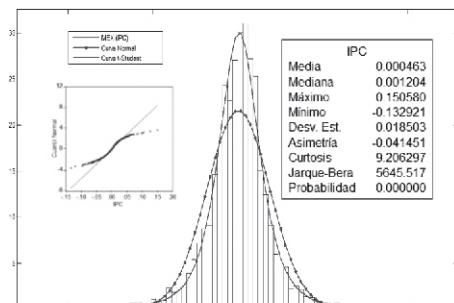


Panel D. HANG SENG (China)



Panel E. IPC (Méjico)**BSE SENSEX**

Gráfica 4. Estadísticos descriptivos de los rendimientos de los índices bursátiles del BRIC+M

IBOVESPA**HANG SENG****RTS****IPC**

Demostrada la no linealidad de los rendimientos de los índices bursátiles de los mercados de capitales del BRIC+M, se opta por mecanismos que optimicen de mejor manera situaciones disímiles a la distribución normal. Para ello se requiere del uso de metodologías que hagan posible obtener estimaciones más robustas, particularmente para la estimación de los grados de dependencia, por lo cual se hace uso de las cónulas elípticas y arquimedias.

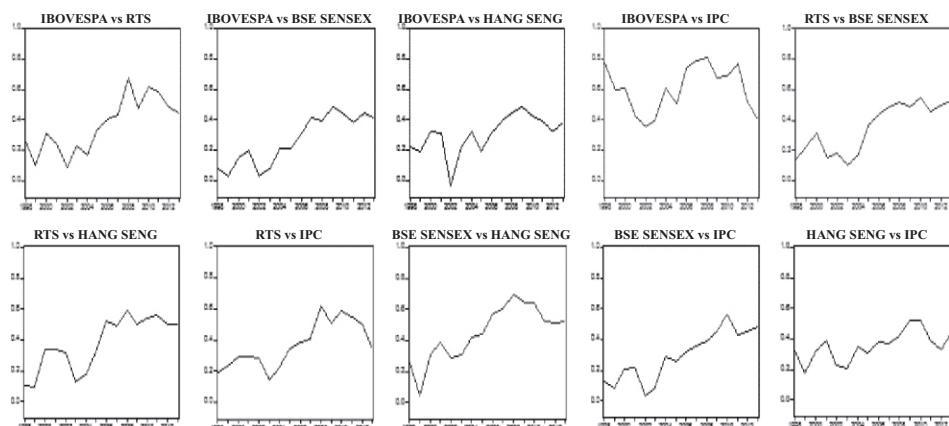


Antes del análisis con cópulas, se muestra el comportamiento correlacionado del rendimiento de los mercados de capital del bloque BRIC+M, tomando en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson, para posteriormente hacer el comparativo mediante las cópulas propuestas. La gráfica 5 muestra la correlación anual durante el periodo 1988-2013.

Se observa en la gráfica 5 que la dependencia más estrecha a través de los años analizados es la presentada por los mercados de Brasil y México, la cual fluctúa entre 0.4 y 0.8, lo cual mediante esta metodología denota

aparentemente alta similitud entre estos mercados. Se debe destacar que la relación de dependencia entre todos los mercados de capitales es creciente a partir del 2002-2003, llegando a fluctuar durante los últimos ocho años entre 0.4 y 0.6. En algunos casos como el de India versus China y el de Brasil versus Rusia en el 2008-2009 sobrepasan el límite del nivel de dependencia de 0.6. Igualmente, es de destacar que en todos los mercados de capital analizados se tiene una disminución en el parámetro de dependencia en los años 2001-2002, lo cual pudo deberse a la crisis denominada "punto com", que se presentó en esos años.

Gráfica 5. Correlación de los rendimientos de los índices bursátiles del BRIC+M (correlación lineal de Pearson)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la página web de Yahoo Finanzas.

Cabe recordar que este análisis con el parámetro de correlación de Pearson es un primer acercamiento al análisis del presente estudio. Simplemente se toma de referencia la correlación de Pearson para sobreponer la metodología de cópulas estipulando que es un mejor mecanismo de estimación de los grados de dependencia al ser un mecanismo no sustentado en un comportamiento lineal.

Estimación y análisis de dependencia vía cópulas

La principal medida de dependencia estimada mediante la cópula es su propio parámetro. La estimación de los parámetros de las cópulas analizadas son bajo el supuesto de marginales ajustadas mediante una función de densidad

Kernel, de este modo se obtiene un mejor ajuste referente a la estructura de los datos. Cabe decir que cada uno de los mercados de capitales y a su vez la temporalidad analizada genera su propia marginal ajustada vía Kernel para que posteriormente estas marginales generen las respectivas cópulas.

Aunque también se cuenta con las medidas de dependencia de rango estimadas a través de la cópula, las cuales son la tau de Kendall y el rho de Spearman. En este estudio se hace énfasis en el análisis mediante la tau de Kendall, la cual es la principal medida de dependencia obtenida a través de la estimación de las cópulas. El rho de Spearman pierde importancia dado que no existe en las cópulas arquimedias y, por cuestiones de comparación, este estudio sólo se enfoca en

la tau de Kendall como medida de dependencia de rango. Mediante la obtención del grado de dependencia (asociación) de los rendimientos de los índices bursátiles vía la estimación de las cónulas respectivas, se reafirmará la importancia y magnitud de la relación existente entre estos mercados de capitales.

El cuadro 1 da cuenta de la estimación de los parámetros de cada cónula propuesta en relación con los rendimientos de los índices bursátiles de los mercados de capitales del bloque BRIC+M. Por su parte, el cuadro 2 muestra la estimación del parámetro Kendall de cada cónula propuesta, igualmente en relación con los rendimientos de los índices bursátiles de los mercados de capitales del bloque BRIC+M.

Otra manera de analizar los diferentes niveles de dependencia de los índices bursátiles del BRIC+M a través del periodo 1998-2013 es visualizándolos gráficamente. En este sentido, se contrastan los diversos parámetros de dependencia obtenidos mediante la teoría de cónulas versus el parámetro de correlación lineal de Pearson. La gráfica 6 da cuenta de cada uno de los casos estimados.

Mediante los cuadros 1 y 2 puede constatarse que las medidas de dependencia bajo análisis varían a través del tiempo, como se había visto por medio de la gráfica 5, la cual muestra la correlación lineal de Pearson de los rendimientos

de los índices bursátiles del BRIC+M. Más aún, la especificación visual de estas variaciones puede observarse a través de las gráficas 6 y 7. A este respecto, puede distinguirse que la medida de dependencia más restrictiva en relación con el coeficiente de correlación de Pearson es el parámetro de Kendall presentado por las cónulas propuestas. Así como también puede decirse que la dependencia aparentemente más estable es la presentada entre los mercados de capital de Brasil y México. Podemos ver la gran diferencia creada entre las dos medidas de dependencia, primordialmente a través de la tau de Kendall, la cual es una medida de dependencia que captura de mejor manera las colas pesadas.

En la gráfica 7 se observan, tanto en el Panel A como en el Panel B, las estimaciones obtenidas a través de las cónulas elípticas y arquimediana que existe gran discrepancia entre los coeficientes estimados a través de cónulas versus el coeficiente de correlación convencional.

Asimismo, se observa a través de la gráfica 7 (parámetros Kendall) que la dependencia más estrecha a través de los años analizados es la presentada por los mercados de Brasil y México, la cual fluctúa entre 0.2 y 0.5, muy diferente a la fluctuación entre 0.4 y 0.8 presentada por el parámetro de Pearson. De esta manera se pone en duda la alta similitud entre estos mercados.

Cuadro 1. Medidas de Dependencia vía Cónulas de los Mercados de Capitales del BRIC+M (Parámetro de la Cónula)

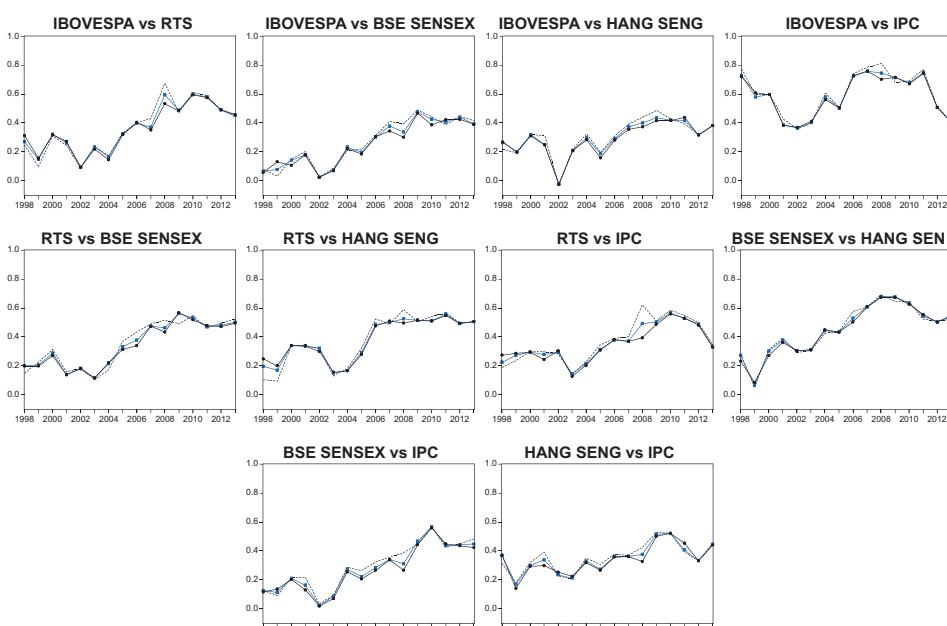
Año	IBOVESPA vs RTS				IBOVESPA vs RSE SENSEX				IBOVESPA vs HANG SENG				IBOVESPA vs IPC				RTS vs RSE SENSEX				
	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	
1998	0.7449	0.7694	0.5170	0.4371	0.7164	0.2960	0.0786	0.0631	0.0763	0.0630	0.7634	0.7675	0.3277	0.2709	0.7717	0.7729	0.7774	0.7774	0.7797	0.7475	
1999	0.0962	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1393	0.1393	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	
2000	0.3102	0.4215	0.3160	0.3160	0.3160	0.3160	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	0.2994	
2002	0.0984	0.1933	0.0933	0.1933	0.1933	0.1933	0.2060	0.2060	0.2060	0.2060	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	
2003	0.2346	0.2330	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.0823	0.0759	0.0675	0.0728	0.1058	0.1247	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	
2004	0.1724	0.1856	0.1458	0.1458	0.1458	0.1458	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	0.1304	
2005	0.3112	0.2449	0.3109	0.4356	0.2449	0.3109	0.2158	0.1628	0.1830	0.3251	0.1129	0.1023	0.0958	0.1864	0.1573	0.2440	0.1130	0.1209	0.0555	0.0537	0.0507
2005	0.3991	0.3981	0.2950	0.6686	0.3981	0.2950	0.3132	0.3005	0.3046	0.4351	0.1268	0.2079	0.3100	0.2914	0.2914	0.2914	0.3405	0.3405	0.3405	0.3405	0.3405
2006	0.2346	0.2330	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	
2008	0.2346	0.2330	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	
2009	0.4704	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.1514	0.1514	0.1514	0.1514	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809
2010	0.6211	0.5887	0.5887	0.5887	0.5887	0.5887	0.1641	0.1641	0.1641	0.1641	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211
2011	0.3894	0.3900	0.3900	0.3900	0.3900	0.3900	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894
2012	0.3882	0.4826	0.4826	0.4826	0.4826	0.4826	0.1642	0.1642	0.1642	0.1642	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882
2013	0.4649	0.4522	0.5081	0.7543	0.4649	0.4522	0.3096	0.4162	0.3895	0.5147	0.1320	0.2354	0.1750	0.3880	0.0595	0.2872	0.2329	0.4548	0.7548	0.5081	0.3882

Año	RTS vs HANG SENG				RTS vs IPC				RSE SENSEX vs HANG SENG				RSE SENSEX vs IPC				HANG SENG vs IPC					
	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh		
1998	0.1327	0.1407	0.4607	0.2960	0.1384	0.1402	0.0976	0.2737	0.2737	0.0976	0.7719	0.7217	0.2434	0.1774	0.1745	0.1738	0.1157	0.1190	0.1648	0.1709		
1999	0.0962	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1393	0.1393	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	
2000	0.3262	0.4381	0.3863	0.3863	0.3863	0.3863	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	
2001	0.3419	0.3385	0.3384	0.3384	0.3384	0.3384	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.3419	0.3419	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	
2002	0.2219	0.1986	0.2281	0.2281	0.2281	0.2281	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	0.2219	
2003	0.1800	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.0991	0.0991	0.0991	0.0991	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	
2004	0.1812	0.1672	0.1643	0.2651	0.1672	0.1643	0.0287	0.2148	0.2148	0.0287	0.1558	0.1558	0.2135	0.2135	0.2135	0.2135	0.2135	0.2135	0.1542	0.1542	0.2135	
2005	0.3200	0.2923	0.2779	0.4031	0.3202	0.2923	0.1302	0.2118	0.2118	0.1302	0.4363	0.4363	0.2095	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558	0.1558
2006	0.2346	0.2330	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	
2008	0.2346	0.2330	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	0.2346	
2009	0.4704	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.1514	0.1514	0.1514	0.1514	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	0.4809	
2010	0.6211	0.5887	0.5887	0.5887	0.5887	0.5887	0.1641	0.1641	0.1641	0.1641	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	0.6211	
2011	0.3894	0.3900	0.3900	0.3900	0.3900	0.3900	0.0656	0.0656	0.0656	0.0656	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	0.3894	
2012	0.3882	0.4826	0.4826	0.4826	0.4826	0.4826	0.1642	0.1642	0.1642	0.1642	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	0.3882	
2013	0.4649	0.4522	0.5081	0.7543	0.4649	0.4522	0.3096	0.4162	0.4162	0.3096	0.4379	0.4379	0.2783	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329	0.2329

Año	RTS vs HANG SENG				RTS vs IPC				RSE SENSEX vs HANG SENG				RSE SENSEX vs IPC				HANG SENG vs IPC				
	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	p	Bn	Bt	Bk	Bh	
1998	0.1327	0.1407	0.4607	0.2960	0.1384	0.1402	0.0976	0.2737	0.2737	0.0976	0.7719	0.7217	0.2434	0.1745	0.1738	0.1157	0.1190	0.1648	0.1709	0.1709	0.1709
1999	0.0962	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1452	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1393	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394	0.1394
2000	0.3262	0.4381	0.3863	0.3863	0.3863	0.3863	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262	0.3262
2001	0.3419	0.3385	0.3384	0.3384	0.3384	0.3384	0.2600	0.2600	0.2600	0.2600	0.3419	0.3419	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420	0.3420
2002	0.2219	0.1986	0.2281	0.2281	0.2281	0.2281	0.0833	0.2623	0.2623	0.0833	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319	0.2319
2003	0.1800	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.0991	0.3085	0.3085	0.0991	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318	0.2318
2004	0.1812	0.1672	0.1643	0.2651	0.1672	0.1643	0.0287														

**Cuadro 2. Medidas de dependencia vía cópulas de los mercados de capitales del BRIC+M
(parámetro Kendall de la cópula)**

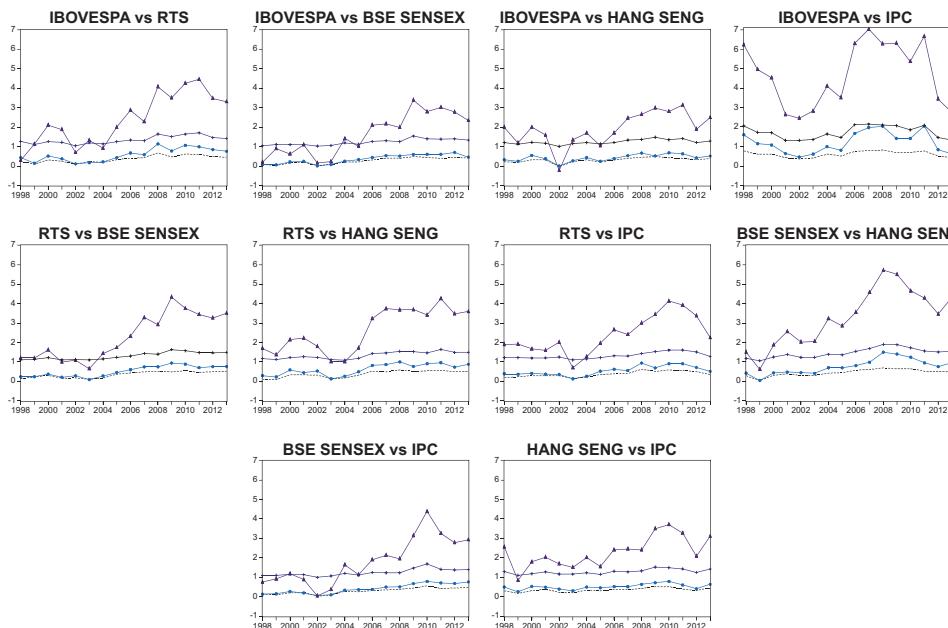
Año	IBOVESPA vs RTS					IBOVESPA vs BSE SENSEX					IBOVESPA vs HANG SENG					IBOVESPA vs IPC					RTS vs BSE SENSEX						
	α	β	K_n	K_r	K_u	K_i	p	K_n	K_r	K_u	K_i	p	K_n	K_r	K_u	K_i	p	K_n	K_r	K_u	K_i	p	K_n	K_r	K_u	K_i	p
1998	0.3494	0.2701	0.1748	0.1706	0.2493	0.1945	0.0101	0.1344	0.0177	0.1711	0.1734	0.1384	0.1670	0.1230	0.1543	0.0427	0.1548	0.1442	0.1548	0.1570	0.1442	0.1475	0.1375	0.1371	0.1371	0.1384	0.1415
1999	0.0967	0.0948	0.0965	0.0684	0.0893	0.1795	0.0296	0.0495	0.0296	0.0295	0.0294	0.0296	0.0293	0.0291	0.0293	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295
2000	0.3102	0.2404	0.1704	0.1704	0.2014	0.2021	0.2331	0.0291	0.0396	0.0291	0.0292	0.0291	0.0292	0.0291	0.0291	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292
2001	0.2571	0.2071	0.1704	0.1704	0.1915	0.1915	0.2011	0.0291	0.0396	0.0291	0.0292	0.0291	0.0292	0.0291	0.0291	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292	0.0292
2002	0.0891	0.0592	0.0592	0.0592	0.0592	0.0592	0.0592	0.0260	0.0262	0.0261	0.0261	0.0261	0.0262	0.0260	0.0260	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261
2003	0.2340	0.1597	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.0262	0.0264	0.0263	0.0263	0.0263	0.0264	0.0262	0.0262	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263	0.0263
2004	0.1224	0.1059	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0303	0.0177	0.0195	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0195	0.0195	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202	0.0202
2005	0.3121	0.2103	0.1297	0.1297	0.1297	0.1297	0.1297	0.0188	0.0287	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188	0.0188
2006	0.3951	0.2657	0.1888	0.1888	0.2556	0.2555	0.2555	0.0132	0.0154	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132	0.0132
2007	0.2495	0.2412	0.1284	0.1284	0.1284	0.1284	0.1284	0.0099	0.0260	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	0.0099	
2008	0.1649	0.1492	0.1374	0.1374	0.1374	0.1374	0.1374	0.0298	0.0388	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	
2009	0.1476	0.1471	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315	0.0298	0.0388	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	0.0298	
2010	0.6121	0.4086	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	
2011	0.2891	0.1986	0.1360	0.1360	0.1360	0.1360	0.1360	0.0286	0.0366	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	
2012	0.1862	0.1328	0.1328	0.1328	0.1328	0.1328	0.1328	0.0281	0.0367	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	
2013	0.4649	0.2987	0.0329	0.0329	0.0329	0.0329	0.0329	0.0286	0.0366	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286	

Gráfica 6. Medidas de dependencia vía cópulas (parámetro) de los mercados de capitales del BRIC+M**Panel A. Parámetros de las cópulas elípticas**

Línea punteada = correlación de Pearson; línea con cuadro = parámetro cópula normal; línea con círculo = parámetro cópula t-Student.

Gráfica 6. Medidas de dependencia vía cópulas (parámetro) de los mercados de capitales del BRIC+M

Panel B. Parámetros de las cópulas arquimediana

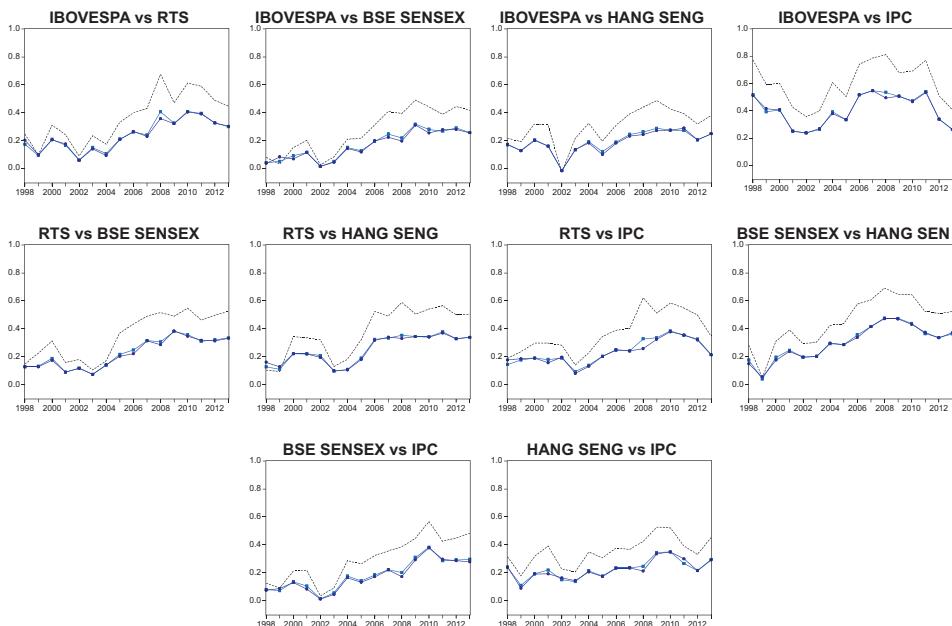


Línea punteada = correlación de Pearson; línea con asterisco = parámetro cópula Clayton; línea con raya = parámetro cópula Gumbel; línea con triángulo = cópula Frank.



Gráfica 7. Medidas de dependencia vía cópulas (parámetro Kendall) de los mercados de capitales del BRIC+M

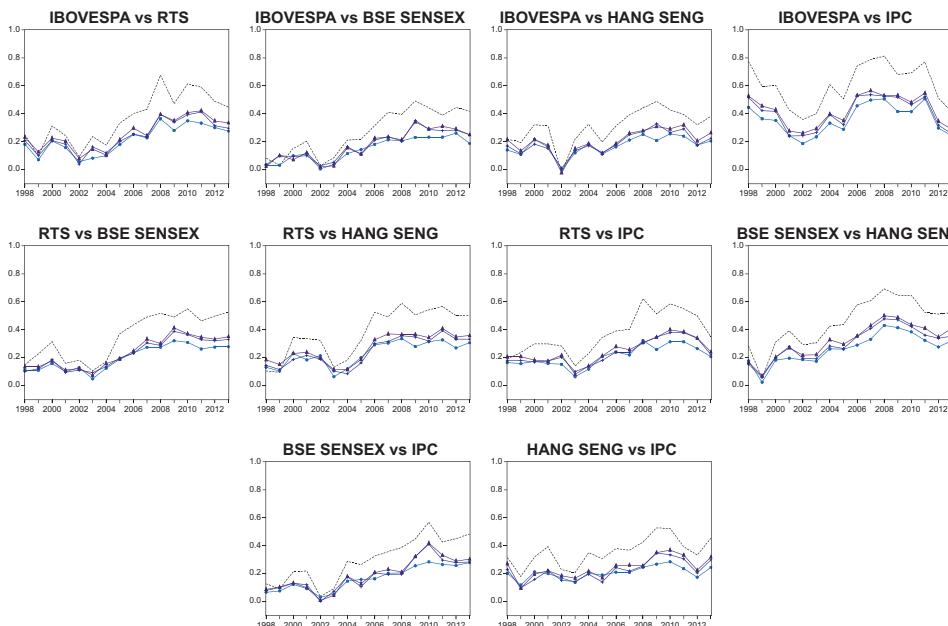
Panel A. Parámetros Kendall de las cópulas elípticas



Línea punteada = correlación de Pearson; línea con cuadro = parámetro Kendall cópula normal; línea con círculo = parámetro Kendall cópula t-Student.

Gráfica 7. Medidas de dependencia vía cópulas (parámetro Kendall) de los mercados de capitales del BRIC+M

Panel B. Parámetros Kendall de las cópulas arquimedias



Línea punteada = correlación de Pearson; línea con asterisco = parámetro Kendall cópula Clayton; línea con raya = parámetro Kendall cópula Gumbel; línea con triángulo = parámetro Kendall cópula Frank.



Con respecto a los niveles de dependencia presentados por el resto de los mercados de capital puede decirse que todos éstos varían entre la casi nula dependencia, es decir, casi 0.0 y el nivel de dependencia de 0.4; siendo el nivel de 0.2 el promedio durante el periodo de análisis. Asimismo, puede concluirse que los niveles de dependencia entre todos los mercados muestran un incremento a partir de los años 2002-2003.

De esta manera, basando los resultados específicamente en las disimilitudes presentadas entre los parámetros de Kendall versus el parámetro de correlación convencional podemos observar que hay una notable diferencia. La estimación a través de Kendall muestra parámetros de dependencia más bajos que los presentados por la metodología estándar, lo cual presupone utilizar estos parámetros de dependencia en cualquier metodología que involucre parámetros de dependencia y que éstos conllevarán a una mejor estimación, dado que se estará tomando en cuenta de mejor manera el comportamiento histórico de los datos.

De manera particular, la aparente dependencia financiera más estrecha entre los mercados de Brasil y México podría explicarse a través de la fuerte relación que ambos mercados de valores tienen con las bolsas estadounidenses, principalmente a través de las sociedades que sostienen ambos mercados con el CME Group. Por otro lado, dicha dependencia entre ambos países, en menor medida podría deberse a la creciente relación comercial entre México y Brasil, especialmente en el sector manufacturero.

Para el caso del periodo 2001-2002 la disminución en el parámetro de dependencia puede ser explicada a través de las inestabilidades presentadas en las bolsas en el ámbito internacional posteriores a los atentados terroristas del 11 de septiembre.

Por su parte, la creciente dependencia bursátil intrabloque en el periodo 2002-2003 podría estar explicada a partir de que un año antes se realizara la declaración del analista de la institución Goldman Sachs sobre las predicciones, cualidades y potencialidad del grupo.

De igual forma, India versus China y Rusia versus Brasil tuvieron un elevado parámetro de dependencia durante el periodo 2008-2009, lo cual puede deberse a la creación oficial de dicho bloque en el año 2008 y a la presencia de los efectos de las crisis de créditos subprime y de la deuda soberana europea, coincidiendo así con otros estudios en los que se prueba evidencia de cambios en las relaciones existentes entre mercados en épocas de crisis.

Por último, es importante señalar que a pesar del grado de segmentación medio bajo entre estos países, existe evidencia de incremento en el parámetro de dependencia para la mayoría de las economías, especialmente del año 2005 a la fecha.

CONCLUSIONES

En general, se comprueba la robustez de la estimación de parámetros de dependencia por medio de la teoría de cópulas. Siendo posible concluir gracias a la aplicación de dicha metodología que la dependencia entre los mercados de capital del bloque BRIC+M no ha alcanzado niveles significativos de similitud, puesto que ésta resultó moderada a través del periodo de estudio. Comprobando de paso la falsedad en la estimación de parámetros de dependencia convencionales, los cuales muestran valores de medios a altos.

Asimismo, también se comprueba a través del periodo de análisis la cambiante dependencia entre los mercados de capitales bajo análisis. En términos de integración de los mercados accionarios del bloque del BRIC+M puede por tanto afirmarse la presencia de una segmentación baja-moderada, aun conducente a la construcción de portafolios diversificados con activos de estos diversos mercados de capitales.

REFERENCIAS

- Boubaker, A. & Salma, J. (2011). Detecting financial market contagion using copula functions. *International Journal of Management Sciences and Engineering Management*, 6(6), 443-449.

- Bucio, Christian. (2012). *Dependencia y valor en riesgo: un estudio de cópulas de los mercados de capitales de América*. Tesis de Doctorado, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cai, H. J., Huang, S., Chung, W. & Ying, W. (2012). Copula-GARCH analysis of Chinise stock market dependence structure. *Technology for Education and Learning Advances in Intelligent Systems and Computing*, 136, 589-596.
- Campbell, J., Lo, A. & MacKinlay, C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press: Princeton, N.J.
- Chan-Lau, Jorge A., Mathieson, Donald J. & Yao, James Y. (2004). Extreme contagion in equity markets. *IMF Working Paper*. Fondo Monetario Internacional.
- Chollete, L., de la Peña, V. & Lu, C. C. (2009). International diversification: A copula approach. *Working Paper*, Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Chollete, L., Heinen, A. & Valdesogo, A. (2009). Modeling international financial returns with a multivariate regime-switching copula. *Working Paper*, Norwegian School of Economics and Business Administration.
- Durante, Fabrizio & Jaworski, P. (2008). The use of threshhold copula's for defining contagion among financial markets. *Working Paper*. WTZ Austria-Poland.
- Genest, C., Gen-dron, M. & Bourdeau-Brien, M. (2009). The advent of copulas in finance. *The European Journal of Finance*, 53, p. 15.
- Gonzalo, Jesús & Olmo, José. (2005). Contagion versus flight to quality in financial markets. *Working Paper*. Economic series. Universidad Carlos III de Madrid.
- Hamzah, A. S. & Pirmoradian, A. (2011). The dependence estimation in financial market risk management: A Clayton Gumbel copula approach. *Sains Malaysiana*, 48(8), 927-935.
- Hu, Ling. (2002). Dependence patterns across financial markets: Methods and evidence. *Mimeo*. Estados Unidos: Department of Economics, Ohio State University.
- Huang, J. J., Lee, K. J., Liang, H. & Lin, W. F. (2009). Estimating value at risk of portfolio by conditional copula-GARCH method. *Insurance: Mathematics and Economics*, (45) 3, 315-324.
- Huang, C. W., Hsu, C. P. & Chiou, W. J. P. (2012). Can time varying copulas generate profit in portfolio optimization? *Working Paper*. Western Connecticut University.
- Hui, J. (2008). Dependency structure in Chinise and U.S. financial markets: A time varying conditional approach. *MPRA Paper* Num. 11401.
- Jarque, C. M. & Bera, A. K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, 55, 163-172.
- Johnson, N. L. & Kotz, S. (1972). *Continuos multivariate distributions* (1a. ed.). Nueva York: John Wiley and Sons.
- Kole, Erik, Koedijk, Kees & Verbeek, Marno. (2005). *Testing copulas to model financial dependence*. Holanda: Erasmus University.
- Lee, T. H. & Yang, W. (2012). Granger ausality in quantiles between financial markets: Using copula approach. *Working Paper*, Department of Economics, University of California, Riverside.
- Lintner, John. (1965). The valuation of risk assets and selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47, 13-37.
- López, Diego N. (2006). Crisis de mercados de bonos emergentes y contagio: dependencia extrema. *Working Paper*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Markowitz, Harry M. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7 (1), 77-91.



- Markowitz, Harry M. (1959). *Portfolio selection, efficient diversification of investments*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Matangi, E. S. (2009). Modeling dependence across stock markets using copulas (Disertación doctoral, Universidad de Zimbabwe).
- Meng-meng, K. & Jia-Zhang, Z. (2011). The application copula-GARCH-EVT models in analyzing financial markets tail dependence of China. *Proceedings, International Conference on Financial Theory and Engineering*.
- Morrison, J. A. (2011). Copula dependence structure on stock market with application to risk. *Working Paper*, Guam, Series, Gotemberg University.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a capital asset market. *Econométrica*, 34, 768-783.
- Nang, C. (2009). Extreme dependence in international stock markets. *Working Paper*, Ryerson University.
- Nelsen, Roger B. (2006). *An introduction to copulas*. Springer, Estados Unidos.
- Rank, Jörn. (2007). *Copulas: From theory to application in finance*. Reino Unido: Risk Books.
- Petterson, J. (2010). *The dependence structure in the finnish stock market: A copula approach*. Tesis, Hanken School of Economics.
- Ross, Stephen A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13, 341-360.
- Roy, I. (2011). Estimation of portfolio value at risk using copula. *Working Paper*, Reserve Bank of India.
- Samitas, Aristeidis, Kenourgios, Dimitris & Paltalidis, Nikos. (2007). Financial crises and stock market dependence. European Financial Management Association. *16th Annual Meeting (EFMA)*. Viena, 27-30.
- Sharpe, William F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19 (3), 425-462.
- Treynor, Jack L. (1961). Market value, time, and risk. Manuscrito no publicado, 95-209.
- Turgutlu, E. & Ucer, B. (2010). Is global diversification rational? Evidence from emerging equity markets through mixed copula approach. *Applied Economics*, 42 (5), 647-658.
- Stefanova, D. (2012). Stock market asymmetries: A copula diffusion. *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 12- 125/DSF 45/ IV, VU.