

Valor en Riesgo utilizando cópulas financieras: aplicación al tipo de cambio mexicano (2002-2011)*

Value at risk using financial copulas: Application to the Mexican exchange rate (2002-2011)

Tania Nadiezhda Plascencia Cuevas

Universidad Autónoma de Nayarit
Secretaría de Investigación y Posgrado

Resumen

Actualmente, la volatilidad en los tipos de cambio es un tema crucial y trascendental por todas las transacciones, negociaciones y operaciones que se efectúan en moneda extranjera, siendo la predicción objetiva y precisa la piedra angular. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es analizar si para el mercado cambiario mexicano las valoraciones del riesgo que utilizan las metodologías VaR tradicional y VaR mediante cópulas son más precisas cuando las estimaciones se hacen para un periodo histórico amplio o para dos subperiodos determinados. De este modo, se puede ayudar a predecir las máximas pérdidas que se pudieran tener, con la principal motivación de tener una estrategia de cobertura eficiente. La principal conclusión de esta es que, para valorar el riesgo con estas metodologías, no necesariamente las series tienen que incluir más de un lustro, teniendo en cuenta que el uso de las cópulas como medida de dependencia hace que las predicciones se ajusten de forma más precisa a los rendimientos reales.

Palabras clave: tipos de cambio, Valor en Riesgo, cópulas financieras.

Abstract

Nowadays, the volatility of exchange rate is a crucial and a transcendental issue for all transactions, negotiations and operations taking place in foreign currency, being an objective and an accurate prediction the cornerstone. Therefore, the main objective of this research is to analyze whether the Mexican exchange rate market, risk assessment using traditional VaR and VaR with copulas methodologies are more accurate when the estimates are made for a wide historical time-series or two periods for certain, helping it to predict the maximum losses that may be, with the main motivation to have an efficient hedging strategy. The principal conclusion is that assessing risk with these methodologies, the series does not necessarily have to include more than five years, considering that the use of copulas as a dependent measure make that the prediction fits better to the movements of the real returns.

Key words: Value at risk, exchange rate, financial copulas.

* Este artículo es una versión revisada de la ponencia presentada al VIII Congreso Iberoamericano de Administración Empresarial y Contabilidad y el VI Congreso Iberoamericano de Contabilidad de Gestión, realizados en Lima entre el 12 y 14 de julio de 2012.

Introducción

Actualmente, la volatilidad en los tipos de cambio es un tema crucial y trascendental por todas las transacciones, negociaciones y operaciones que se efectúan en moneda extranjera. Específicamente, en el mercado mexicano, esto toma mayor relevancia por la cantidad de divisas que se mueven a lo largo del país —provenientes del turismo o remesas—, además del volumen de negociaciones comerciales y/o bursátiles que México realiza, en la mayoría de los casos, en dólares estadounidenses o euros. Debido a ello, tanto el gobierno como las empresas pretenden predecir el precio de dichas divisas con el tiempo suficiente para, de esta manera, incurrir en los menores riesgos posibles y tener las herramientas necesarias para la cobertura. Así pues, el objetivo principal de esta investigación es analizar si las valoraciones del riesgo que utilizan las metodologías VaR tradicional y VaR mediante cópulas son más precisas cuando las estimaciones se hacen para un periodo histórico amplio o para dos subperiodos determinados. Así, se busca ayudar a predecir las máximas pérdidas que se pudieran tener, con la principal motivación de tener una estrategia de cobertura eficiente.

En el siguiente apartado, se encuentran definidos los conceptos involucrados en el presente artículo; en el tercer apartado, se describen y analizan los datos utilizados. En el apartado cuatro, se hace la descripción de la metodología elegida para realizar el conjunto de estimaciones y, en el quinto apartado, se exponen los resultados obtenidos de las estimaciones previamente

realizadas. Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se ha llegado.

1. Conceptos principales¹

1.1. Riesgos financieros

De forma generalizada, el *riesgo*² *financiero* puede definirse como la volatilidad o dispersión de los flujos financieros inesperados, o como la incertidumbre que se tiene sobre resultados futuros. Para Artzner *et al.* (1999), la definición de riesgo está vinculada con la inestabilidad del valor futuro de una posición, por cambios en el mercado o por eventos con incertidumbre. Es decir, los riesgos financieros son de diferentes índoles y están asociados a las pérdidas que puedan efectuarse o realizarse en los mercados. Entonces, los riesgos financieros son diversos y están entrelazados con las pérdidas que puedan tener lugar en los mercados financieros. Estos se pueden medir a través de la dispersión de los movimientos de las variables financieras³, puesto que estas representan —debido a sus constantes cambios— una fuente de riesgo a gran escala. Los diferentes tipos de riesgos pueden ser clasificados en cinco grandes grupos: crédito, liquidez, legal, operacional y mercado⁴. Este último es la piedra angular de esta investigación, puesto que en él se incluye la variabilidad en tipos de cambio. En otras palabras, alude al riesgo cambiario, que se define como el riesgo asociado a las fluctuaciones de una divisa respecto a otra y muestra una pérdida realizada cuando el precio de la moneda se mueve en sentido contrario de lo esperado.

¹ Para mayor detalle de los conceptos aquí expuestos, véase Plascencia (2010).

² Para mayor detalle de la definición de riesgo, véase Jorion (1997).

³ Con ello, se alude a tipos de interés, tipos de cambio, entre otras variables.

⁴ Para una clasificación más exhaustiva y desglosada de los tipos de riesgos financieros, véase la OCC *Banking Circular* (1993) sobre la administración del riesgo de los derivados financieros.

1.2. Valor en Riesgo (VaR)

El Valor en Riesgo (VaR, *Value at Risk*⁶) se ha establecido como herramienta estándar y fundamental para la medición y evaluación del riesgo de mercado. Su mayor atractivo es la simplicidad de interpretación, ya que se puede estimar cuánto se puede perder con determinada probabilidad resumido en un único número. Para Jorion (2003), la revolución VaR se inició en 1993, cuando fue aprobado por el G-30 como parte de «las mejores prácticas» para hacer frente a los productos derivados. Además, se popularizó por el interés de parte de los reguladores⁷ en utilizar el VaR como medida de riesgo.

Generalizando, el VaR puede definirse⁸ como la cantidad máxima probable que puede perder una cartera o instrumento financiero en un horizonte temporal determinado, bajo unas circunstancias normales de los mercados y para un nivel de confianza establecido, como consecuencia de movimientos adversos de los precios. Supóngase que una cartera de inversión presenta un VaR de Y unidades monetarias para un nivel de confianza de α y un horizonte temporal de T meses. Puede interpretarse que, en el $100(\alpha)\%$ de los casos, no existirá una pérdida superior a Y unidades monetarias en los próximos T meses.

Específicamente, se puede decir que el VaR de una cartera, activo o, en general, de cualquier instrumento financiero se puede definir de la siguiente manera. Dado un nivel de confianza, α es la mayor pérdida que se puede sufrir en un intervalo de tiempo determinado $[t_0, t]$. Esto es:

$$P[\Pi(t_0) - \Pi(t) < \text{VaR}] = \alpha$$

En este esquema, $\Pi(t_0)$ representa el valor inicial de la cartera o instrumento financiero, mientras que $\Pi(t)$ es el valor en el momento t . Se hace hincapié en que el horizonte temporal puede expresarse en días, semanas, meses y hasta un año. El nivel de confianza también puede variar; lo usual es un valor entre 95% y 99%, es decir, un valor próximo al 100%. Es importante destacar que el VaR debe expresarse dentro de un contexto; en concreto, ello quiere decir en un horizonte temporal, un nivel de confianza, una moneda de referencia y una metodología de cálculo. Así pues, existen diferentes métodos de estimación de VaR; entre los más utilizados, está el método delta-normal, delta-gamma, simulación histórica y simulación de Montecarlo, Jorion (2003).

1.3. Cópulas financieras

En la literatura, una forma ampliamente utilizada de medir la dependencia entre variables es a través del coeficiente de correlación de Pearson; sin embargo, este ha sido objeto de críticas, porque solo contempla un mundo lineal. Por lo tanto, al considerar las correlaciones como una medida imperfecta, surgieron las cópulas financieras⁹, las cuales permiten capturar la dependencia completa o anormal. Una *cópula* es una función de distribución multivariante, definida en una unidad cúbica n -dimensional $[0,1]$, tal que, cada distribución marginal es uniforme en el intervalo $[0,1]$. Es decir, una cópula es una función que enlaza o une una distribución de probabilidad multivariante a un conjunto de funciones de probabilidad marginal univariantes. Así, determina la estructura de dependencia tanto de la distribución conjunta como de sus marginales. Estas se consideran muy útiles, porque permiten mo-

⁶ Las siglas responden a su denominación anglosajona.

⁷ Los reguladores que más han fomentado el uso de esta herramienta son los del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea. Para mayor información acerca de este tema, véase Basilea III: marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios (Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, 2010).

⁸ Existen distintas definiciones del VaR según diferentes puntos de vista. Para mayor detalle del concepto, véase Jorion (1997).

⁹ Para mayor detalle de la definición de cópulas, véase Sklar (1959).

delizar la estructura de dependencia de un conjunto de factores de riesgos. Entre las principales propiedades de las cópulas, se destaca que tienen continuidad, diferenciabilidad y que son invariantes a transformaciones estrictamente crecientes de las variables aleatorias y/o sus funciones de distribución. Esto garantiza que los rendimientos financieros y sus logaritmos tengan la misma cópula. Además, permiten extraer la estructura de dependencia de la función de distribución conjunta, para luego separar la estructura de dependencia de las funciones de distribución univariantes marginales, y, así, muestran dependencia asintótica de cola. Hoy en día, existe una amplia gama de cópulas, que se pueden agrupar en dos familias: elípticas¹⁰ y arquimedias¹¹. Las cópulas que se utilizan en la presente investigación son las siguientes¹²:

Cópula Gaussiana

$$C_{Gauss}(u_1, u_2, \dots, u_n; \Sigma) = \Phi_{\Sigma}[\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2), \dots, \Phi^{-1}(u_n)] \quad (1.1)$$

Se deriva de una función de distribución normal multivariante con media cero y matriz de correlaciones Σ . Esta es una de las cópulas más utilizadas en la práctica y pertenece a la familia elíptica.

Cópula Frank

$$C_{Frank}(u_1, u_2, \dots, u_n; \theta) = -\frac{1}{\theta} \ln \left[1 + \frac{\prod_{i=1}^n (e^{-\theta u_i} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)^{n-1}} \right] \quad (1.2)$$

En ella, se tiene lo siguiente: $\theta \in (-\infty, \infty)$. Ello implica independencia asintótica de las colas, es simétrica y asigna probabilidad cero a eventos que se encuentran dentro de las colas, formando parte de la familia arquimediana.

Cópula Clayton

$$C_{Clayton}(u_1, u_2, \dots, u_n; \theta) = \left[\sum_{i=1}^n u_i^{-\theta} - n + 1 \right]^{-1/\theta} \quad (1.3)$$

En esta, se aplica $\theta \in [-1, 0) \cup (0, +\infty)$. Es adecuada para describir la dependencia negativa, puesto que asigna mayor probabilidad a eventos en la cola izquierda de la distribución. Dentro de este esquema, el parámetro θ es el responsable de medir el grado de dependencia en las cópulas arquimedias.

1.4. Comprobación y contrastación del VaR¹³

Existen dos métodos ampliamente utilizados y difundidos: *Backtesting* y *Stress Testing*. Estos sirven para comprobar y contrastar las valoraciones realizadas a través de la metodología VaR. El primero es un análisis en retrospectiva y el segundo es un análisis de escenarios posibles. Ambos métodos de verificación están avalados y son recomendados por el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (BSC).

El *Backtesting* es un proceso que se enfoca solamente en observaciones pasadas; es útil para comprobar si el cálculo del valor en riesgo es preciso respecto a las pérdidas y ganancias observadas. Este método cuenta las ocasiones en que las pérdidas observadas exceden el umbral VaR; es decir, compara las pérdidas realizadas

¹⁰ Son cópulas simétricas con distribución elíptica.

¹¹ También, son conocidas como cópulas de valor extremo. Están hechas a medida para tratar de resolver situaciones caóticas y son asimétricas.

¹² Para conocer las diferentes familias de cópulas, véase Cherubin, Luciano y Vecchiato (2004) y Plascencia (2010).

¹³ Para mayor detalle de la forma de verificar los resultados del VaR, véase Jorion (1997) y Plascencia (2010).

con las pérdidas estimadas día a día, determinando el número de veces que las pérdidas reales son superiores al VaR estimado. A manera de ejemplo, supongamos que se estima el VaR con un nivel de confianza de 99%; en ese caso, el *Backtesting* informará las veces en que las pérdidas reales han superado lo estimado con la metodología VaR. Lo indicado correspondería al 1%. Si resultara que se superan en 10% de las ocasiones, la metodología VaR puede estar subestimando el riesgo; por el contrario, si solo se supera el 0,05%, la metodología VaR estaría sobrestimando el riesgo real. La desventaja es que, aunque contabiliza todas las pérdidas, no es posible observar la magnitud de estas.

Por su parte, el *Stress Testing* analiza el efecto de movimientos importantes simulados en las variables financieras de interés; es decir, observa el comportamiento de instrumentos financieros o de una cartera de inversión bajo determinadas situaciones extremas, en las que los supuestos básicos se incumplen o colapsan. Su prioridad es estudiar y simular acontecimientos extremos que permitan dimensionar y gestionar la cobertura, en caso de que estos sucedieran. También, se le conoce como análisis de escenarios, puesto que se crean todos los escenarios que puedan ser posibles y catastróficos; por ejemplo, se puede simular cómo se comportarían las tasas de interés en caso de que una moneda específica se devaluara hasta 20% o 30%. La desventaja es que no es una prueba estadística, debido a que todos los escenarios que se puedan plantear son de carácter subjetivo y dependen de las necesidades o inquietudes del gestor.

Así pues, en esta investigación, se realizan las valoraciones utilizando la metodología VaR tradicional y VaR con cópulas; esta última es la que ofrece resultados más

próximos a los reales. Esto responde a que el VaR tradicional utiliza únicamente las series históricas de los rendimientos elegidos, no contempla dependencia entre estos ni la forma en cómo se distribuyen. Mientras, al añadir las cópulas, se obtienen rendimientos simulados con una función de distribución específica muy parecida a la real y, además, para estimar las valoraciones se incluye el grado de dependencia señalado por la cópula seleccionada. Ello hace que el VaR con cópulas sea más preciso, e infravalore o sobrevalore en menos ocasiones el riesgo real. Cabe señalar que el VaR tradicional se obtiene mediante el método de simulación histórica, mientras que el VaR a través de cópulas se estima utilizando el método de simulación de Montecarlo.

2. Descripción de los datos

Se han formado dos relaciones que, de manera hipotética, forman una cartera de inversión equiponderada. Específicamente, se han utilizado las cotizaciones, del euro y dólar estadounidense frente al peso mexicano. La selección de ambas paridades se explica, porque, actualmente, son divisas internacionales con gran alcance y, además, estas monedas tienen mucha circulación dentro del mercado mexicano¹⁴. Las dos series temporales que conforman la cartera inician el 2 de enero de 2002 y terminan el 30 de diciembre de 2011. Cada serie cuenta con un total de 2568 observaciones. Asimismo, se ha dividido la muestra completa en dos subperiodos temporalmente iguales, 2002-2006 y 2007-2011. Ello se realiza con la principal motivación de observar si la valoración del riesgo es más precisa y adecuada cuando se incluyen más datos a la hora de realizar las estimaciones, además de analizar las valoraciones antes y durante la crisis financiera que actualmente se está viviendo. Las observaciones

¹⁴ Estas paridades se obtuvieron de las cotizaciones oficiales que publica Banco de México en su página oficial (www.banxico.org.mx)

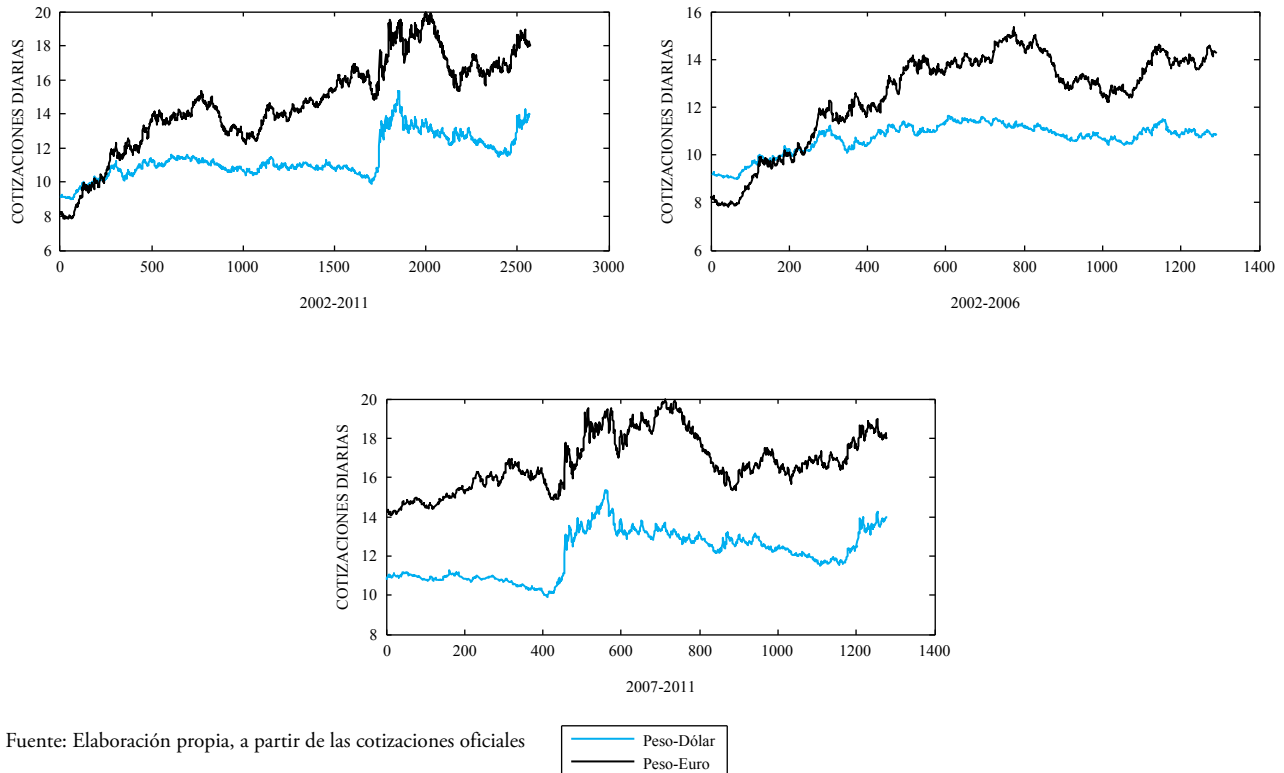
de cada serie para cada subperiodo son 1290 y 1278, respectivamente; la diferencia radica en los días festivos, fines de semana y año bisiesto. De aquí en adelante, se denominará a los periodos por sus siglas: PC, al periodo completo; PP, al primer periodo; y SC, al segundo periodo.

El Gráfico 1 muestra las paridades peso-dólar y peso-euro para los tres periodos objeto de estudio. Es posible advertir que, a finales de 2006, el dólar y el euro sufrieron un cambio de nivel muy significativo; es decir, el peso se depreció respecto a las dos divisas.

Ya para el 2008, con la crisis financiera encima, se incrementó la incertidumbre dando con esto un aumento importante en la volatilidad cambiaria. Se puede apreciar que tanto el PP como el SP tienen diferentes tendencias; en esa medida, la división del periodo puede ser favorable en cuanto a la precisión de la valoración del riesgo.

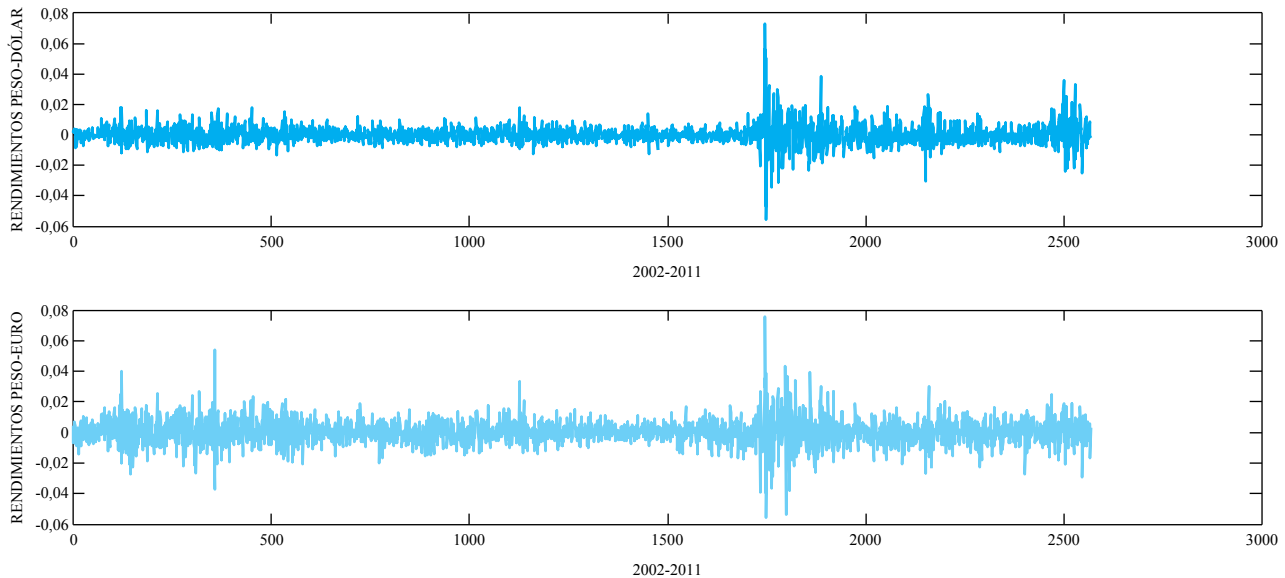
A partir de las cotizaciones diarias se obtuvieron, conforme la forma habitual y/o convencional, los rendimientos logarítmicos de cada uno de los periodos temporales objeto de análisis.

Gráfico 1. Cotizaciones diarias de las paridades cambiarias



Fuente: Elaboración propia, a partir de las cotizaciones oficiales

Gráfico 2. Rendimientos de las paridades cambiarias



Fuente: Elaboración propia, a partir de las cotizaciones oficiales

Tal y como se representa en el Gráfico 2, la segunda mitad de la muestra —tanto en el caso del peso-dólar como en el peso-euro— es la que presenta mayor volatilidad. Ello se debe a que, como se esperaba, esas observaciones representan la crisis en la que está inmerso el sistema financiero global. Se debe señalar que, pese a las expectativas, la paridad peso-euro tiene mayor variabilidad que la relación peso-dólar. Esto puede deberse, en gran medida, al gran número de negociaciones y contratos vigentes en el mercado financiero español. Para analizar más a detalle los rendimientos, se presenta, en la Tabla 1, el resumen descriptivo tanto para el PC como para el PP y SP. A través del estadístico de Jarque-Bera, se contrasta la normalidad de rendimientos.

Según los estadísticos que se exponen en dicha tabla, los rendimientos medios son muy pequeños y la

volatilidad se acentúa (sobre todo, en el SP), mostrando un signo negativo en las dos relaciones. Respecto a la asimetría, se puede decir, de forma general, que las paridades tienen sesgo positivo a la derecha. Lo que más llama la atención es lo elevado que se presenta el coeficiente de curtosis, principalmente para el PC y SP. Ello señala que tienen colas leptocúrticas, incluso más de lo que se esperaba, con lo que se hace muy evidente que los rendimientos objeto de estudio no están normalmente distribuidos.

Finalmente, se desea saber el grado de correlación que las paridades tienen entre sí, debido a que es muy probable que estas tengan correlación lineal imperfecta, lo cual justificaría el uso de las cópulas financieras. La matriz de correlaciones se obtuvo de forma habitual y se presenta a manera de tabla.

Tabla 1. Resumen descriptivo de los rendimientos

	Peso-Dólar	Peso-Euro
Periodo temporal 2002-2011		
Media	0,000166	0,000307
Mediana	-0,000277	0,000078
Volatilidad diaria	0,006412	0,008484
Coefficiente de asimetría	1,023535	0,290033
Curtosis	<u>19,77442</u>	<u>9,33905</u>
Jarque-Bera	30544,28	4333,96
P-valor	0,0010	0,0010
Periodo temporal 2002-2006		
Media	0,000133	0,000428
Mediana	-0,000154	0,000120
Volatilidad diaria	0,004499	0,007800
Coefficiente de asimetría	0,477464	0,370134
Curtosis	<u>4,07615</u>	<u>5,83328</u>
Jarque-Bera	111,18	460,57
P-valor	0,0010	0,0010
Periodo temporal 2007-2011		
Media	0,000202	0,000185
Mediana	-0,000444	-0,000060
Volatilidad diaria	<u>-0,055975</u>	<u>-0,055977</u>
Coefficiente de asimetría	1,006600	0,246061
Curtosis	<u>16,90774</u>	<u>10,88441</u>
Jarque-Bera	10507,49	3320,52
P-valor	0,0010	0,0010

Fuente: Elaboración propia, a partir de las cotizaciones oficiales

Tabla 2. Matriz de correlaciones de los rendimientos

	Peso-Dólar	Peso-Euro
Periodo temporal 2002-2011		
Peso-Dólar	1	0,615
Peso-Euro	0,615	1
Periodo temporal 2002-2011		
Peso-Dólar	1	0,616
Peso-Euro	0,616	1
Periodo temporal 2002-2011		
Peso-Dólar	1	<u>0,632</u>
Peso-Euro	<u>0,632</u>	1

Fuente: Elaboración propia, a partir de las cotizaciones oficiales

En la Tabla 2, se puede apreciar que existe una relación lineal imperfecta entre ambos tipos de cambio. Ello puede ser perjudicial, ya que su comportamiento es similar en eventos positivos y negativos. Dicha relación se enfatiza en época de crisis, además de que no muestra si existe dependencia no lineal.

3. Descripción de la metodología

La metodología descrita en este apartado es aplicada a una cartera equiponderada formada por dos series temporales de paridades cambiarias; concretamente, se trata de las relaciones peso-dólar y peso-euro. La metodología se describe para el PC, puesto que la aplicación es de forma análoga para el PP y SP. Con el objetivo de observar las diferencias entre las valoraciones, además de ver si la separación de periodos favorece o perjudica a las predicciones a partir de datos históricos, se realizan valoraciones de riesgos con la metodología VaR tradicional y VaR mediante cópulas, utilizando las cópulas Gaussiana, Frank y Clayton, ajustando los rendimientos a la distribución normal¹⁵. Se han elegido estas cópulas por sus propias características¹⁶. La cópula Gaussiana da mayor énfasis a la dependencia en el centro de la distribución y, aunque es ampliamente utilizada en la práctica, puede no detectar la posible dependencia en las colas y no recoge asimetrías. La cópula Frank es una cópula simétrica y, como ya se mencionó, asigna probabilidad de ocurrencia cero a los eventos dentro de las colas. Finalmente, se encuentra la cópula Clayton. Esta asigna mayor probabilidad a los eventos ocurridos en la cola izquierda de la distribución, lo que la hace adecuada para describir la dependencia negativa. Una vez ajustados los rendimientos a la distribución elegida, se obtienen las marginales para la estimación de los parámetros que requiere cada cópula a utilizar. Con dichos

¹⁵ El ajuste normal se hace por simplicidad, aunque se puede hacer un ajuste uniforme o de valor extremo.

¹⁶ Para mayor información de la definición y funcionamiento de las cópulas, véase Cherubini, Luciano y Vecchiato (2004).

parámetros, se simulan nuevas marginales univariantes y, a través de la simulación de Montecarlo, se simulan rendimientos. Estos incluyen las nuevas marginales y la función inversa de la distribución elegida inicialmente, que es en este caso específico la distribución normal. Por último, se ponderan los rendimientos simulados y se obtiene el VaR, que corresponde al percentil de la distribución de los rendimientos con un nivel de confianza de 99%. Los resultados obtenidos se contrastarán con sus respectivos *backtesting*¹⁷ y con el error cuadrático medio mínimo de las estimaciones. Para terminar, es necesario mencionar que, en esta investigación, las estimaciones se realizan en su forma bivalente; sin embargo, esto se puede extender y adaptar perfectamente a su forma multivariante.

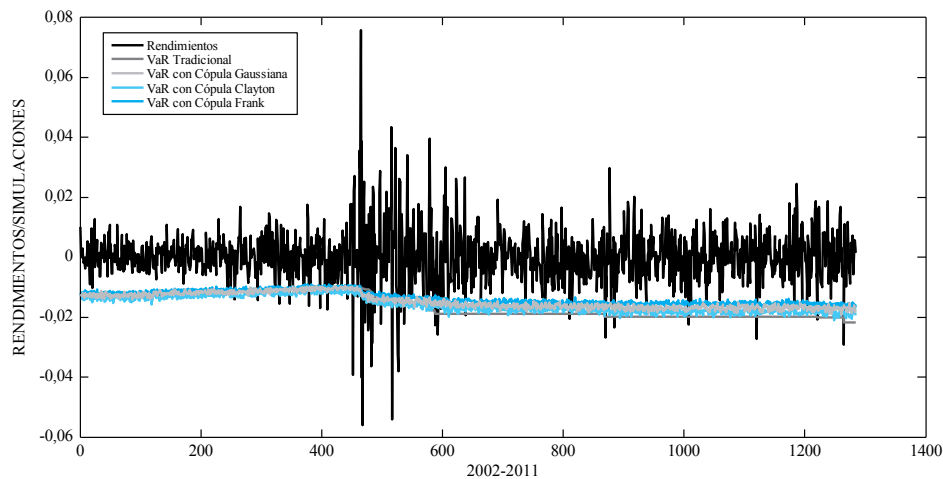
4. Resultados

A continuación, se muestran los *backtesting* que corresponden a las estimaciones realizadas tanto para el periodo completo como para el primer y segundo

periodo. El VaR tradicional se estimó utilizando el método de simulación histórica, mientras que el VaR con las distintas cópulas se obtuvo ajustando los rendimientos a la distribución normal. Utilizando estos, se realizó la simulación a través del método de Montecarlo. Además, se muestran —a manera de tabla— los errores cuadráticos medios de las estimaciones para el periodo completo y para ambos subperiodos.

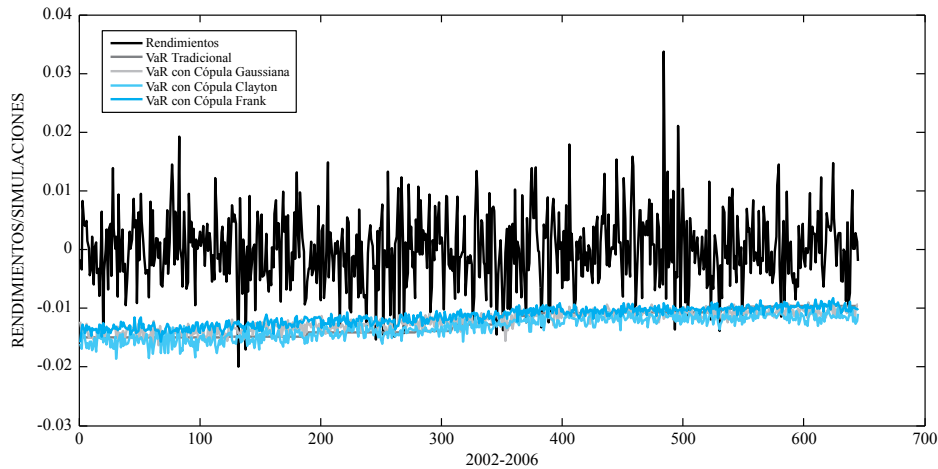
En el Gráfico 3, es posible observar las valoraciones para el PC. Además, se puede advertir que todas las valoraciones, en ocasiones, infravaloran el riesgo y, en otras (la mayoría), lo sobrevaloran en exceso. Esto puede deberse al ajuste normal, puesto que no capta la magnitud o dimensión de las pérdidas realizadas. Con respecto a ello, se debe señalar que el VaR tradicional ha superado el umbral de pérdida en 41 ocasiones, mientras que con las cópulas Gaussiana, Frank y Clayton las excepciones son 46, 62 y 39 respectivamente. A partir de ello, se observa que el uso de la cópula Clayton hace que las valoraciones se ajusten más a los rendimientos reales.

Gráfico 3. Valoraciones del riesgo (2002-2011): *backtesting* al 99%

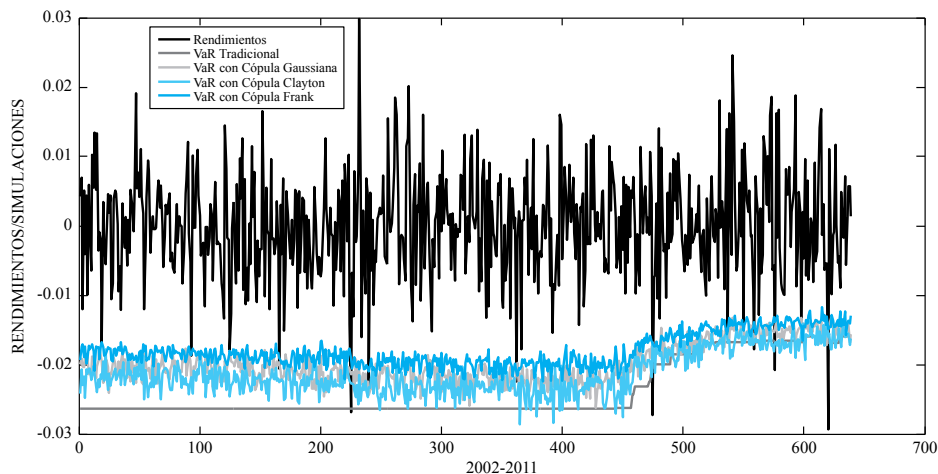


Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de la estimación

¹⁷ Es un proceso basado únicamente en observaciones históricas. Este sirve para comprobar si el cálculo del Valor en Riesgo es acertado y preciso con respecto a los resultados obtenidos con la estimación. Para más detalle acerca de la metodología y uso del *Backtesting*, véase Plascencia (2010).

Gráfico 4. Valoraciones del riesgo (2002-2006): *backtesting* al 99%

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de la estimación

Gráfico 5. Valoraciones del Riesgo (2007-2011): *backtesting* al 99%

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de la estimación

En el Gráfico 4, se muestran las valoraciones para el período 2002-2006. Las excepciones del VaR tradicional y con la cópula Gaussiana son 19. En contraste, se estima que utilizando las cópulas Frank y Clayton las ocasiones en que el umbral VaR es superado son 23 y 12. La cópula Clayton, tal como se esperaba, es la que infravalora el riesgo en menor medida en los eventos extremos.

Por último, el Gráfico 5 plasma, de forma más clara, cómo la cópula Clayton es la que más se acerca a los movimientos del SP, a pesar de ajustar los rendimientos a la distribución normal. El VaR a través de las cópulas Gaussiana y Frank se excede siete y diez ocasiones, mientras que el VaR tradicional y la cópula Clayton superan el umbral cinco veces. Sin embargo,

es importante señalar que el VaR tradicional sobrevalora excesivamente el riesgo, incluso más que con cualquier otra cópula.

En este caso específico, es posible advertir que hay una ganancia significativa al hacer la división de las series de tipos de cambio. A partir de ello, se considera que, para valorar el riesgo con estas metodologías, no necesariamente las series de paridades cambiarias tienen que incluir más de un lustro. También, puede deberse a que en el periodo completo se asumen más riesgos por la longitud de la serie, pudiéndose adaptar con más dificultad a los movimientos adversos y, por lo tanto, es una serie menos flexible. La Tabla 3 muestra los errores cuadráticos medios, obtenidos a partir de los rendimientos simulados en cada caso, con un margen de error del 1%.

Tabla 3. Errores cuadráticos medios

Error cuadrático medio		
2002-2011		
Gaussiana	Frank	Clayton
0.000212586	<u>0.000201083</u>	0.000211399
2002-2006		
Gaussiana	Frank	Clayton
0.000174414	0.000172486	<u>0.000171698</u>
2007-2011		
Gaussiana	Frank	Clayton
0.000257314	0.000248114	<u>0.000247187</u>

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de la estimación

El error cuadrático medio mínimo se obtiene utilizando la cópula Clayton, excepto en el periodo completo. Con ello, los rendimientos simulados a través de la Cópula Clayton muestran mayor cercanía a los rendimientos reales de la cartera hipotéticamente establecida. Así, se da cuenta de que las valoraciones

mediante cópulas son más precisas respecto a valorar únicamente utilizando el coeficiente de correlación.

5. Conclusiones

En la presente investigación, se analizó de forma aplicada si las valoraciones del riesgo utilizando la metodología VaR tradicional y VaR mediante cópulas son más precisas cuando la estimación se hace para un periodo histórico completo o para los dos subperiodos arbitrariamente elegidos —es decir, periodos más cortos equivalentes a cinco años cada uno—.

Con respecto a las series temporales históricas utilizadas, estas son las cotizaciones oficiales de las paridades euro y dólar estadounidense frente al peso mexicano. Cabe anotar que cada serie tiene una longitud de 2568 observaciones y periodicidad diaria. El periodo que comprende esta investigación va desde 2002 a 2011. Los subperiodos se obtuvieron dividiendo la muestra en 2, en los que cada subperiodo abarca cinco años, 2002-2006 y 2007-2011, respectivamente.

Con los resultados obtenidos, se pudo observar que efectivamente —en este caso en específico— hay una ganancia significativa cuando las valoraciones del riesgo se hacen en periodos más cortos. Ello puede deberse a que el periodo completo es menos flexible a los cambios o movimientos adversos; es decir, se adapta pero con dificultad a los nuevos sucesos. Además, a pesar de que se ajustaron los rendimientos a una distribución normal, el uso de las cópulas hace a las valoraciones más precisas y acertadas. Con ello, se puede realizar mejores predicciones de los tipos de cambio para el mercado mexicano. Dentro de este esquema, es la cópula Clayton la que hace que las simulaciones y valoraciones sean más próximas a los rendimientos reales. De este modo, se puede concluir que, para valorar el riesgo con estas metodologías, no necesariamente las series tienen que incluir

más de un lustro. Entre las líneas de investigación que surgieron de la presente, está el hacer modificaciones en el ajuste de los rendimientos, además de incluir otro tipo de modelo para simular los rendimientos, teniendo como opción los de la familia ARCH.

Referencias bibliográficas

- Alexander, C. (2008). *Market Risk Analysis: Practical Financial Econometrics*, 2. Chichester (UK): John Wiley & Sons.
- Artzner, P., F. Delbaen, J. Eber, & D. Heath (1999). Coherent Measures of Risk. *Mathematical Finance*, 9(3), 203-228.
- Cabedo, J.D. & I. Moya (2001). Cuantificación del riesgo de cambio. *Revista de Economía Aplicada*, 27, 133-156.
- Cherubini, U., E. Luciano & W. Vecchiato (2004). *Copula Methods in Finance*. Hoboken, Nueva Jersey: Wiley Finance Series.
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea (2010). *Basilea III: marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios*. http://www.bis.org/publ/bcbs189_es.pdf. Fecha de consulta: 05 de marzo de 2012.
- Duffie, D. & J. Pan. (1997). An Overview of Value at Risk. *Journal of Derivatives*, 4, 7-49.
- Embrechts, P., A. McNeil & D. Straumann (2002). Correlation and Dependence in Risk Management: Properties and Pitfalls. En M. Dempster (ed.). *Risk Management: Value at Risk and Beyond*. Cambridge: Cambridge University Press, 176-223.
- Embrechts, P., A. McNeil & R. Frey (2005). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*. Londres: Princeton University Press.
- Jorion, P. (1997). *Valor en Riesgo*. Irvine: Universidad de California, McGraw-Hill.
- Jorion, P. (2003). *Financial Risk Manager Handbook*. 3da edición. Hoboken, Nueva Jersey: Wiley Finance.
- Office of the Comptroller of the Currency (1993). *Banking Circular BC-277: Risk Management of Financial Derivatives*. Washington D.C.: Comptroller of the Currency.
- Office of the Comptroller of the Currency (2003). *Financial Risk Manager Handbook*. Segunda edición. Hoboken, New Jersey: Wiley Finance.
- Longin, F. & B. Solnik (2001). Extreme Correlation of International Equity Markets. *Journal of Finance*, 56, 649-676.
- Münnix, M. & R. Schäfer (2011). A Copula Approach on the Dynamics of Statistical Dependencies in the US Stock Market. *Physica A*, 390, 4251-4259.
- Ning, C. (2010). Dependence Structure Between the Equity Market and the Foreign Exchange Market-A Copula Approach. *Journal of International Money and Finance*, 29, 743-759.
- Papaioannou, M. (2006). Exchange Rate Risk Measurement and Management: Issues and Approaches for Firms. *South-Eastern Europe Journal of Economics*, 2, 129-146.
- Patton, A.L. (2006). Modelling Asymmetric Exchange Rate Dependence. *International Economic Review*, 47(2), 527-556.
- Plascencia, T. (2010). Valoración del Riesgo utilizando cópulas como medida de la dependencia: Aplicación al sector financiero mexicano (2002-2008). Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid. <http://eprints.ucm.es/11121/>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2012.
- Sklar, A. (1959). Fonctions de Répartition à n Dimensions et Leurs Marges, *Publications de L'Institut de Statistique de L'Université de Paris*, 8, 229-231.

Fecha de recepción: 24 de septiembre de 2012

Fecha de aceptación: 12 de octubre de 2012

Correspondencia: tanaplacu@hotmail.com