



En-Contexto Revista de Investigación en  
Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad  
ISSN: 2346-3279  
encontexto@tdea.edu.co  
Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia  
Colombia

## Cobertura cambiaria por medio de instrumentos derivados para empresa exportadora de flores en Colombia

Jiménez Gómez, Luis Miguel; Acevedo Prins, Natalia María; Castaño Giraldo, Nelson Eduardo  
Cobertura cambiaria por medio de instrumentos derivados para empresa exportadora de flores en Colombia

En-Contexto Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad, vol. 4, núm. 5, 2016

Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551857287005>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

## Cobertura cambiaria por medio de instrumentos derivados para empresa exportadora de flores en Colombia

*Currency Hedging through Derivatives for a Flower Exporting Company in Colombia*

*Couverture de change au moyen des instruments dérivés de la société exportatrice de fleurs en La Colombie*

*Hedge cambial através de instrumentos derivados para a empresa exportadora de flores na Colômbia*

*Luis Miguel Jiménez Gómez*  
*Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia*  
luisjimenez@itm.edu.co

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551857287005>

*Natalia María Acevedo Prins*  
*Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia*  
nataliaaprins@gmail.com

*Nelson Eduardo Castaño Giraldo*  
*Tecnológico de Antioquia, Colombia*  
ncastano@tdea.edu.co

Recepción: 01 Marzo 2016  
Aprobación: 09 Junio 2016

### RESUMEN:

Este artículo de investigación expone reducir el riesgo cambiario por medio de instrumentos derivados como la cobertura con forward, futuros sobre la TRM en Colombia y opciones financieras aplicadas sobre las divisas de una empresa exportadora de flores. Para esto, se utilizaron datos mensuales de la TRM desde 01-01-2005 hasta 01-04-2016 y se realizó la simulación Monte Carlo de los escenarios sin cobertura y con coberturas forward y futuros. Para modelar el precio de la TRM y las opciones se aplicó el Movimiento Browniano Geométrico. Los resultados mostraron que la cobertura con opciones sobre la divisa se convirtió en la mejor estrategia debido a que la media y el percentil 5 del escenario con cobertura están cercanos a la media del escenario sin cobertura, es decir, con las opciones financieras se tienen menores probabilidades de obtener resultados desfavorables.

**PALABRAS CLAVE:** cobertura cambiaria, valor en riesgo, cobertura con forward, cobertura con futuros, cobertura opciones.

### ABSTRACT:

This research article proposes the reduction of exchange risk through derivatives such as hedging with forward, TRM (Colombian exchange rate) futures and financial options applied to the currencies of a flower exporting company. To this end, monthly TRM data from 01/01/2005 to 01/04/2016 were used. A Monte Carlo simulation was performed for scenarios without hedging, and with forward and futures hedging. In order to model the price for the TRM and options, the geometric Brownian motion was applied. The results showed that hedging with currency options is the best strategy because the mean and 5th percentile of the hedging scenario are close to the mean of the scenario without hedging. That is, it is less likely to have unfavorable results with financial options.

**KEYWORDS:** currency hedging, value at risk, hedging with forward, futures hedging, hedging financial options, foreign exchange risk management.

---

### NOTAS DE AUTOR

Ingeniero Industrial, Especialista en Ingeniería Financiera y MSc. en Ingeniería – Ingeniería Administrativa. Docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín – Colombia. [luisjimenez@itm.edu.co](mailto:luisjimenez@itm.edu.co)

Ingeniera Administradora, Especialista en Ingeniería Financiera y MSc. en Ingeniería – Ingeniería Industrial. Docente de cátedra del Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín – Colombia. [nataliaaprins@gmail.com](mailto:nataliaaprins@gmail.com)

Matemático y MSc. en Matemáticas Aplicadas. Docente de tiempo completo del Tecnológico de Antioquia, Medellín – Colombia. [ncastano@tdea.edu.co](mailto:ncastano@tdea.edu.co)

**RÉSUMÉ:**

Cet article de recherche expose de réduire le risque de change au moyen d'instruments dérivés tels que la couverture avec forward, futurs sur la TRM en Colombie et d'options financières appliquées sur les devises d'une entreprise exportatrice de fleurs. Pour cela, on a utilisé des données mensuelles de la TRM depuis 01-01-2005 jusqu'à 01-04-2016 et a procédé à la simulation Monte Carlo des scénarios sans couverture et avec couverture forward et futurs. À modeler le prix de la TRM et les options a été appliqué le mouvement Browniano géométrique. Les résultats ont montré que la couverture des options sur la monnaie est devenue la meilleure stratégie parce que la moyenne et le percentile 5 du scénario avec couverture sont proches de la moyenne de la scène sans couverture, c'est-à-dire avec les options financières sont moins susceptibles d'obtenir des résultats défavorables.

**MOTS CLÉS:** couverture de change, valeur à risque, La couverture de l'avant, à terme.

**RESUMO:**

Este artigo de pesquisa expõe reduzir risco cambial por meio de instrumentos derivados como a cobertura com a frente, futuros sobre o TRM na Colômbia e as opções financeiras aplicadas sobre a troca de um exportador de flores. Para isso, utilizamos dados mensais para o TRM a partir de 01-01-2005 a 01-04-2016 e conduzida a simulação de Monte Carlo dos cenários sem cobertura e com coberturas para frente e futuro. Modelo o preço do TRM e opções são aplicadas ao movimento browniano geométrico. Os resultados mostraram que a cobertura com opções sobre a moeda se tornou a melhor estratégia devido aos meios de comunicação e o percentil 5 fase com cobertura estão próximas da média do cenário sem cobertura, ou seja com as opções financeiras são menos susceptíveis de obter resultados ruins.

**PALAVRAS-CHAVE:** hedge cambial, valor em risco, cobertura para a frente, futuros de cobertura, opções de cobertura financeira, cobertura opciones financieras, gestão de risco cambial.

**INTRODUCCIÓN**

Los movimientos de las tasas de cambio afectan la rentabilidad de las empresas con actividades basadas en divisas extrajeras, como exportadoras e importadoras, por medio de la interacción de los movimientos de la moneda del país de origen de la empresa y la moneda extranjera. Así, el valor de la empresa depende de los tipos de cambio, por lo que la gestión del riesgo de tipo de cambio es un objetivo de la actividad empresarial (Addae-Dapaah, Tan & Hwee, 2009; Álvarez-Díez, Alfaro-Cid, & Fernández-Blanco, 2016). El principal motivo de la cobertura es la minimización del impacto de las fluctuaciones de tipo de cambio sobre la variabilidad del flujo de caja operativo de la empresa y disminuir la probabilidad de los eventos negativos (Hagelin, 2013; Solomon & Joseph, 2000).

Las estrategias de cobertura del riesgo cambiario implican eliminar o reducir este riesgo, y requieren la comprensión de las formas en que el riesgo de tipo de cambio afecta las operaciones de las empresas (Barton, Shenkir y Walker, 2002). La selección de la estrategia de cobertura apropiada es una tarea compleja porque involucra la medición de la exposición al riesgo y decidir el grado apropiado de exposición al riesgo que debe ser cubierto (Papaioannou, 2006).

Domínguez y Tesar (2006) estudiaron el efecto de la exposición a la tasa de cambio sobre el valor de la empresa, analizaron las ventas en el extranjero y en el estado multinacional de la empresa como factores contribuyentes al riesgo de tasa de cambio. Tai (2008) demuestra que la mitad de las industrias y la mayoría de los bancos de Estados Unidos están expuestos al riesgo de cambio. Joseph (2000) indica que las empresas británicas utilizan un conjunto limitado de técnicas para cubrir la exposición. Judge (2006) sugiere que las empresas cubren principalmente los costos esperados de las dificultades financieras. Las ventas al exterior que se encuentran son uno de los factores importantes que contribuyen para que las empresas implementen cobertura cambiaria.

El objetivo principal de este trabajo es reducir el riesgo cambiario por medio de cobertura con *forward*, futuros sobre la TRM en Colombia y opciones financieras sobre la divisa en una empresa exportadora de flores. Para esto, se utilizaron los datos mensuales de la TRM desde el primero de enero de 2005 hasta el primero de abril de 2016 para realizar la simulación Monte Carlo del escenario sin cobertura y los escenarios

de cada una de las coberturas y con el Movimiento Browniano Geométrico se modela el precio de la TRM y los futuros.

## METODOLOGÍA

Se realizó una cobertura cambiaria a empresa exportadora de flores en Colombia. Para esto se utilizaron datos de la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN) para determinar la cantidad de dólares como ventas de flores y al mismo tiempo la cantidad de dólares de importación por la compra de materia prima, siendo las exportaciones de mayor proporción que las importaciones, por lo que las ganancias de la empresa son afectadas negativamente cuando la tasa de cambio disminuye, esto se debe a que en el momento de recibir las divisas por las exportaciones la conversión a pesos colombianos puede ser menor de lo esperado. Sin embargo, disminuciones en la tasa de cambio genera que las materias primas importadas tengan menor valor en pesos colombianos, aumentando las ganancias de la empresa, pero la proporción de las importaciones sobre las exportaciones son en promedio del 21,67%, de esta manera las fluctuaciones de la tasa de cambio tienen mayores impactos en la rentabilidad por parte de las exportaciones. En consecuencia, se proyectó la posición en dólares de la empresa para 12 meses empezando en mayo de 2015 hasta abril de 2016. La posición en dólares es la diferencia entre las exportaciones e importaciones.

La tasa de cambio de Colombia es medida para la TRM (Tasa Representativa del Mercado), representando la cantidad de pesos colombianos por un dólar americano. La TRM es un cálculo de las operaciones del día de compra y venta de dólares entre los intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano. Se consideró el supuesto que la TRM es el valor con el que la empresa exportadora de flores compra un dólar o vende un dólar, en otras palabras, la TRM es la tasa de contado del dólar. Con el Movimiento Browniano Geométrico se proyectó la TRM para cada mes de proyección de la posición en dólares y por medio de simulación Monte Carlo se estimó el valor medio de la TRM y el VaR con un nivel de confianza del 5% para cada mes.

Para la cobertura cambiaria se utilizaron tres instrumentos derivados: *forward*, futuros y opciones financieras sobre divisas, cada cobertura independiente. Con los *forward* se tomó una posición en corto en 12 *forward* sobre la TRM, uno para cada mes de proyección, con una razón de cobertura del 100%, es decir, se cubrió el total de la posición de dólares por mes. Los futuros sobre la TRM de la Bolsa de Valores de Colombia se tomaron para realizar las coberturas cambiarias para cada mes; sin embargo, se cubrieron los meses hasta diciembre de 2016 porque hasta la fecha del inicio de la proyección no existen futuros con fechas de vencimiento posteriores. La posición también fue en corto, con razones de cobertura cercanos al 100%, dado que los contratos de futuros están estandarizados: 50.000USD para futuros sobre la TRM y 5.000USD futuros sobre TRS. Por último, los 12 meses de proyección se cubrieron con opciones financieras sobre divisas tipo europeas con precio *strike* de \$3.000 para cada mes. En la compensación de las opciones en cada mes se tomó en cuenta el precio pagado por la prima, calculada con el método de Black-Scholes para opciones sobre divisas.

Finalmente, con la simulación Monte Carlo se determinó el efecto que tiene cada cobertura cambiaria sobre la empresa exportadora.

## RESULTADOS

### Riesgo de tasa de cambio

El riesgo de tipo de cambio se relaciona con el efecto de las variaciones del tipo de cambio inesperado en el valor de la empresa, es la posible pérdida en el flujo de caja de la empresa. Para gestionar el riesgo de tipo de

cambio inherente a las operaciones de las empresas se debe determinar el tipo específico de exposición al riesgo actual, la cobertura y los instrumentos disponibles para hacer frente al riesgo de cambio (Papaioannou, 2006).

Para medir el impacto de las fluctuaciones del tipo de cambio en una empresa con operaciones denominadas en moneda extranjera se debe calcular el Valor en Riesgo o VaR (Value at Risk) de los flujos de caja. El VaR es ampliamente usado para la medición del riesgo de cambio, este riesgo se define como la máxima pérdida para una exposición dada en un horizonte de tiempo determinado y un nivel de confianza dado (Papaioannou, 2006).

### *Cálculo del valor en riesgo*

Los métodos tradicionales para calcular el VaR se dividen en dos: métodos paramétricos y no paramétricos. Los paramétricos son la simulación Monte Carlo y el análisis de varianza-covarianza. En el de simulación Monte Carlo, los rendimientos actuales del precio del activo se toman de partida para la simulación y por medio de miles de posibles alternativas se determinan los rendimientos esperados en un período de tiempo. Entre los métodos no paramétricos se encuentra el de simulación histórica que utiliza datos históricos para crear una distribución de los rendimientos de los precios (Sirr, Garvey & Gallagher, 2011).

### *Derivados financieros*

Un derivado financiero es un instrumento financiero que tiene un valor determinado por el precio de otro activo. Ejemplos de derivados son los forward, futuros y opciones. Estos se usan para gestionar el riesgo, especulación o arbitraje. En la gestión del riesgo los derivados son una herramienta para las empresas y otros usuarios en función de reducir el riesgo por medio de la cobertura. En especulación, pueden servir como vehículos de inversión de forma apalancada, es decir, la pérdida o ganancia en la transacción puede ser grande en relación con el costo inicial. Cuando se compra un activo, el término que se usa es tomar posición en largo en el activo, lo opuesto a la posición en largo es la posición en corto que significa vender un activo.

### *Forward o contratos a plazo*

Los contratos a plazo o *forward* permiten a las empresas o inversionistas garantizar un precio de compra o venta para una fecha futura. Son una herramienta básica de gestión del riesgo financiero. Se debe tener en cuenta tres etapas para entender los contratos a plazo o *forward* en el proceso de compra o venta de activos. Primero, el comprador y vendedor están de acuerdo para realizar la transacción y establecen el precio a pagar, segundo, el efectivo se transfiere desde el comprador al vendedor, y tercero, los activos se transfieren desde el vendedor al comprador. Las etapas dos y tres se presentan después de que el comprador y el vendedor acuerdan la transacción y la primera etapa ocurre en el momento actual. En otras palabras, los *forward* establecen en el momento actual las condiciones en las que se compra o vende un activo o un producto básico en un momento específico en el futuro. Por último, el comprador se denomina posición en largo y el vendedor posición en corto (McDonald, 2013).

En los *forward* se especifica la cantidad y tipo exacto del activo o producto que el vendedor debe entregar y el precio que el comprador debe pagar en el momento de entrega. Se especifica la logística de entrega, hora, fecha y lugar.

El momento en que se termina el *forward* se llama fecha de expiración o fecha de vencimiento. El activo o productos básicos en los que se basa el contrato se llama activo subyacente. En el momento de realizarse el contrato no requiere pago inicial. El precio pactado entre el comprador y vendedor se llama precio *forward*

o *precio strike*, representa el precio que paga el que se encuentra en posición en largo al de posición en corto en la fecha de vencimiento por cada unidad de activo subyacente.

De lo anterior, el inversionista o empresa en posición en largo se compromete a pagar por el activo subyacente el precio strike en la fecha de vencimiento. Si al llegar a esta fecha el precio del activo subyacente en el mercado de contado tiene un valor por encima que el precio strike, entonces se obtiene una ganancia porque por medio del *forward* se compra el activo subyacente más barato que en el mercado, es decir, paga menos por un activo que se encuentra valorado en un precio mayor. En cambio, si en la fecha de vencimiento el activo subyacente en el mercado de contado tiene un valor por debajo al precio strike, el que se encuentra en posición en largo tiene unas pérdidas porque está obligado a pagar un precio más alto por un activo que en el mercado se paga menos. Por el contrario, la posición en corto tiene un comportamiento inverso a la posición en largo. Cuando el precio del activo subyacente es más alto que el precio strike tiene unas pérdidas y obtiene ganancias si el precio está por debajo del strike. Las ganancias y pérdidas de las dos posiciones se conocen como compensación y son determinadas por las ecuaciones 1 y 2.

*En las ecuaciones 1 y 2  $S_T$  corresponde al precio del activo subyacente en la fecha de vencimiento del forward,  $K$  el precio strike y  $Q$  la cantidad negociada del activo subyacente.*

$$\text{Compensación posición en largo} = (S_T - K)Q \quad (1)$$

Compensación posición en corto

$$\text{Compensación posición en corto} = (K - S_T)Q \quad (2)$$

### *Forward o contratos futuros*

Los contratos de futuros se negocian en las bolsas de valores, también son contratos a plazo. Los contratos de futuros representan un compromiso para comprar o vender un activo subyacente en una fecha futura, al igual que en los *forward* existe la posición en largo y en corto. Dado que los futuros son negociados en la bolsa se encuentran estandarizados, y la bolsa especifica la fecha de entrega, la ubicación y los procedimientos, entre otros parámetros (McDonald, 2013).

Aunque los *forward* y los futuros son similares, existen diferencias. Los contratos *forward* se liquidan al vencimiento, los contratos futuros se liquidan diariamente, lo que permite que los futuros sean líquidos, es posible compensar una obligación en una fecha determinada al entrar en posición opuesta. Asimismo, los *forward* se personalizan para satisfacer las necesidades del comprador o vendedor, mientras los futuros están estandarizados. Sin embargo, la compensación en posición en largo y en corto en los futuros tiene el mismo comportamiento que los *forward*, esto se muestra en las ecuaciones 3 y 4.

$$\text{Compensación posición en largo} = (F_T - F_0)Q \quad (3)$$

$$\text{Compensación posición en corto} = (F_0 - F_T)Q \quad (4)$$

$F_0$  y  $F_T$  son los precios de los futuros en la fecha inicial y en la fecha final, respectivamente y  $Q$  la cantidad del activo subyacente en los contratos de futuros.

## OPCIONES FINANCIERAS

Una opción de compra es un contrato en el que el comprador tiene el derecho a comprar el activo subyacente, pero no la obligación. Una opción de venta es un contrato en el que el tenedor tiene el derecho de vender el activo subyacente, pero no la obligación.

Terminología de las opciones financieras (McDonald, 2013):

Precio de ejercicio o precio strike: en las opciones de compra es el valor que paga el comprador por el activo subyacente. En las opciones de venta es el valor que recibe el tenedor de la opción por la venta del activo subyacente por medio de la opción.

Vencimiento: es la fecha de expiración de la opción, es decir, es la fecha en la que la opción debe ejercerse o el plazo máximo para poderse ejercer, esto depende si la opción es europea o americana.

Tipo de ejercicio: el tipo de ejercicio de la opción depende el momento en que el ejercicio puede ocurrir. Si el ejercicio sólo ocurre al vencimiento, la opción es de tipo europea, pero si el tenedor la opción puede ejercer en cualquier momento hasta el vencimiento, la opción es de tipo americana.

## Valoración de opciones europeas con Black-Scholes

Este método fue desarrollado por Fischer Black y Myron Scholes en 1973 y junto con el trabajo de Robert Merton, revolucionaron la teoría y práctica de las finanzas, calculando el precio teórico de las opciones europeas.

La fórmula de Black-Scholes parte de la valoración de opciones con el método binomial, calculando el precio de la prima o el precio de la opción cuando el número de pasos en los árboles binomiales tiende a infinito. Cambiar el número de pasos cambia el precio de la opción, pero cuando el número de pasos es suficientemente grande, el precio se acerca a un valor límite para el precio (McDonald, 2013).

La fórmula de Black-Scholes para una opción de compra europea ( $c$ ) y opción de venta europea ( $p$ ) en una acción que no paga dividendos es la siguiente (ver ecuaciones 5,6,7, 8).

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \quad (5)$$

$$p = Ke^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (6)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \tag{7}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \tag{8}$$

En las formulas,  $S_0$  es el precio actual de la acción;  $K$  el precio de ejercicio o precio strike de la opción;  $\sigma$  la volatilidad de la acción;  $r$  la tasa libre de riesgo con una composición continua; y  $T$  el tiempo al vencimiento de la opción. Las funciones  $N(d_1)$ ,  $N(d_2)$ ,  $N(-d_1)$ ,  $N(-d_2)$  son la distribución normal acumulativa. Las entradas de  $K$  y  $T$  describen las características del contrato de la opción, en cambio,  $S_0$  y  $\sigma$  describen la acción y  $r$  es la tasa de descuento para una inversión libre de riesgo.

Cuando el activo subyacente es una divisa, entonces a la fórmula de Black- Scholes se agrega la tasa libre de riesgo del país de la divisas ( $r_f$ ) y  $S_0$  es el tipo de cambio actual, por lo tanto, la formula cambia a lo siguiente (ver ecuaciones 9,10,11,12) (Hull, 2012).

$$c = S_0 e^{-r_f T} N(d_1) - K e^{-r T} N(d_2) \tag{9}$$

$$p = K e^{-r T} N(-d_2) - S_0 e^{-r_f T} N(-d_1) \tag{10}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - r_f + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \tag{11}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \tag{12}$$

## MÉTODO DE SIMULACIÓN MONTE CARLO

La simulación Monte Carlo replica los precios de los activos, por ejemplo la TRM, por medio de una simulación de procesos aleatorios. Los resultados de la simulación en una gran cantidad de escenarios o iteraciones, por ejemplo, 10.000 escenarios, de los precios que convergen a una distribución de probabilidad. De esta forma, los resultados se ordenan para determinar un nivel de confianza específico (Crouhy, Galai, & Mark, 2006; De Lara, 2009; Khindanova, Rachev, & Schwartz, 2001).

El método de la simulación Monte Carlo considera los siguientes supuestos (Sengupta, 2004):

- Los precios son continuos en tiempo y valor.
- Los precios siguen un proceso de Markov, significa que sólo el actual precio es relevante para predecir los precios futuros, por lo que la historia de precios es irrelevante.
- Los rendimientos de cortos períodos de tiempo tienen distribución normal.
- El precio de cada acción tiene distribución log-normal.
- Los rendimientos compuestos continuos tienen distribución normal.

En un mercado eficiente, los precios de los activos se comportan de acuerdo con un proceso estocástico o Movimiento Browniano Geométrico, la ecuación 12a representa este proceso (De Lara, 2009).

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \sqrt{dt} \quad (12a)$$

Donde  $\mu$  representa la media de los rendimientos y  $\sigma$  la desviación estándar de los mismos,  $dz$  se comporta con distribución normal estándar media cero y varianza uno.

Aplicando el lema de Itô, la ecuación 12 resulta un proceso de una función  $G$  de  $S$  y  $t$  (ver ecuación 13) (Hull, 2012).

$$dG = \left( \frac{\partial G}{\partial S} \mu S + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 G}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial G}{\partial S} \sigma S dz \quad (13)$$

Tanto  $S$  como  $G$  son afectados por la misma incertidumbre del activo subyacente,  $dz$ .

Para crear escenarios aleatorios se generan números aleatorios ( $dz$ ) con distribución normal estándar con media cero y varianza 1. La ecuación 12 determina el precio del activo, el cual depende del valor obtenido en el períodos anterior ( $t - 1$ ).

El VaR obtenido por este método corresponde a los percentiles de la distribución resultante de los escenarios de la simulación. A partir del histograma de frecuencias se calcula los percentiles dependiendo del nivel de confianza dado.

## SIMULACIÓN PRECIO FUTURO SOBRE DIVISAS

La relación que tiene el precio actual de los futuros ( $F_0$ ) y el precio actual del activo subyacente ( $S_0$ ) está dada por la ecuación 14, donde  $r$  es la tasa libre de riesgo compuesta continua y  $T$  tiempo hasta el vencimiento (Hull, 2012).

$$F_0 = S_0 e^{rT} \quad (14)$$

El precio futuro en cualquier momento en el tiempo  $t$ , con  $T > t$ , con  $S$  el precio del activo subyacente en el tiempo  $t$  y  $F$  el precio futuro en el tiempo  $t$ , la relación entre  $S$  y  $F$  es la ecuación 15.

$$F = S e^{r(T-t)} \quad (15)$$

Suponiendo que el proceso de  $S$  está dado por la ecuación 12 y usando el lema de Itô para determinar el proceso de  $F$ , a partir de la ecuación anterior (ecuación 15) resulta la ecuación 16.

$$\frac{\delta F}{\delta S} = e^{r(T-t)}, \frac{\partial^2 F}{\partial S^2} = 0, \frac{\partial F}{\partial t} = -r S e^{r(T-t)} \quad (16)$$

De la ecuación 15, el proceso  $F$  está dado por:

$$dF = [e^{r(T-t)} \mu S - r S e^{r(T-t)}] dt + e^{r(T-t)} \sigma S dz \quad (17)$$

Sustituyendo  $F$  por  $S e^{r(T-t)}$  se obtiene la ecuación 18.

$$dF = (\mu - r) F dt + \sigma dz \sqrt{dt} \quad (18)$$

Así como  $S$ ,  $F$  también sigue un Movimiento Browniano Geométrico.

Para futuros sobre divisas, la tasa libre de riesgo  $r$  cambia por la devaluación implícita, obteniendo la ecuación 19.

$$dF = (\mu - \text{devaluación}) dt + \sigma dz \sqrt{dt} \quad (19)$$

$$\text{Devaluación} = r - r_f \quad (20)$$

La devaluación implícita de la ecuación 20 es la resta entre la tasa libre de riesgo doméstica ( $r$ ) y la tasa libre de riesgo foránea ( $r_f$ ), reemplazando la ecuación 20 en la ecuación 19, resulta la ecuación 21.

$$dF = (\mu - r + r_f)dt + \sigma dz\sqrt{dt} \quad (21)$$

## RESULTADOS COBERTURA CAMBIARIA

La proyección de exportaciones de flores e importación de materia prima se muestran en la tabla 1. De acuerdo con el comportamiento de las exportaciones e importaciones de la empresa en el año 2015, se proyectó estas dos cuentas hasta el mes de abril de 2017, empezando en mayo de 2016. La última columna de la tabla corresponde a la diferencia entre exportaciones e importaciones, es el total de dólares netos para la empresa, es decir, total posición en dólares.

TABLA 1  
Proyecciones exportaciones e importaciones en dólares

Mes	Exportaciones en USD	Importaciones En USD	Total posición en usd
Mayo	\$61.330.000	\$65.353	\$61.264.647
Junio	\$31.274.802	\$8.774	\$31.266.027
Julio	\$74.113.946	\$45.381	\$74.068.565
Agosto	\$120.628.697	\$33.851	\$120.594.846
Septiembre	\$75.099.848	\$19.927	\$75.079.921
Octubre	\$14.846.970	\$32.168	\$14.814.802
Noviembre	\$126.517.804	\$15.195	\$126.502.609
Diciembre	\$51.430.884	\$18.476	\$51.412.409
Enero	\$50.465.342	\$8.893	\$50.456.449
Febrero	\$59.521.306	\$23.047	\$59.498.259
Marzo	\$55.082.593	\$23.336	\$55.059.257
Abril	\$50.624.594	\$2.757	\$50.621.836

Suponiendo la TRM como el valor de contado de cada dólar en el mercado se realizó una simulación Monte Carlo con 10.000 iteraciones e implementando el modelo Movimiento Browniano Geométrico. Tomando datos de la TRM mensuales desde el primero de mayo de 2005 hasta el primero de abril de 2016 se obtuvo una media de 0,192% mensual y desviación estándar de 3,741% mensual. El último dato de la

TRM es de \$3.000,63, este corresponde a ST. Con los datos anteriores, la figura 1 muestra el promedio de las simulaciones para cada mes de proyección, al igual que los percentiles 5 y 95.

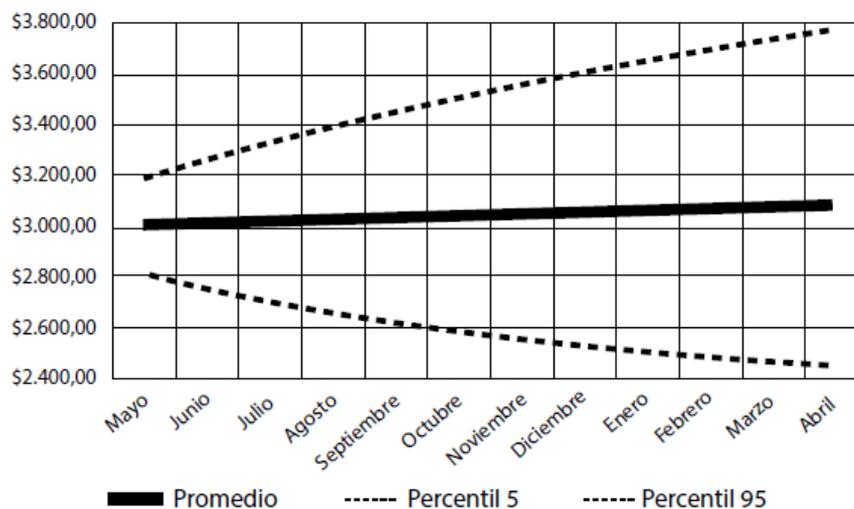


FIGURA 1.  
Proyección TRM.  
Elaboración propia.

De acuerdo con la simulación de la TRM es más probable que para los meses de estudio se encuentre alrededor de los \$3.000; sin embargo, existe una probabilidad de 0,05 que se encuentre por debajo de \$2.800 en el 2016 y \$2.500 en el 2017. Lo anterior significa que existen escenarios donde la empresa se afecte negativamente por las disminuciones de la TRM. De esta forma, es conveniente para la empresa realizar una cobertura que permita mitigar el riesgo que está expuesta cuando la TRM disminuye, es así que se realiza coberturas cambiarias con forward, futuros sobre la TRM que ofrece la Bolsa de Valores de Colombia y con opciones financiera sobre la TRM para cada mes de estudio.

### COBERTURA CAMBIARIA CON FORWARD

Se utilizaron los contratos forward para cubrir el total de posición en dólares en cada mes. Se calculó el precio strike (K) para cada mes, esto por medio de la devaluación implícita que resulta de la relación entre la tasa libre de riesgo de Estados Unidos y la de Colombia para cada período. Los valores de K para cada mes se aprecian en la Tabla 2.

TABLA 2  
Precios strike (K) para cada mes de proyección

MES	K
MAYO	\$3.015,93
JUNIO	\$3.031,30
JULIO	\$3.048,51
AGOSTO	\$3.064,63
SEPTIEMBRE	\$3.078,71
OCTUBRE	\$3.094,57
NOVIEMBRE	\$3.110,51
DICIEMBRE	\$3.126,54
ENERO	\$3.143,25
FEBRERO	\$3.155,63
MARZO	\$3.171,56
ABRIL	\$3.187,58

Elaboración propia.

Después de realizar la cobertura cambiaria, los resultados arrojaron que la empresa obtendría una ganancia adicional en promedio entre 0,10% y 1,5%. Sin embargo, el VaR con un nivel de confianza del 5% es menor, significando que es más probable de obtener mejores resultados para las utilidades de la empresa, es decir, la probabilidad de eventos negativos es menor. Lo anterior se observa en la Figura 2, donde el VaR con cobertura se encuentra por encima del VaR sin cobertura, particularmente en los últimos meses de la proyección.

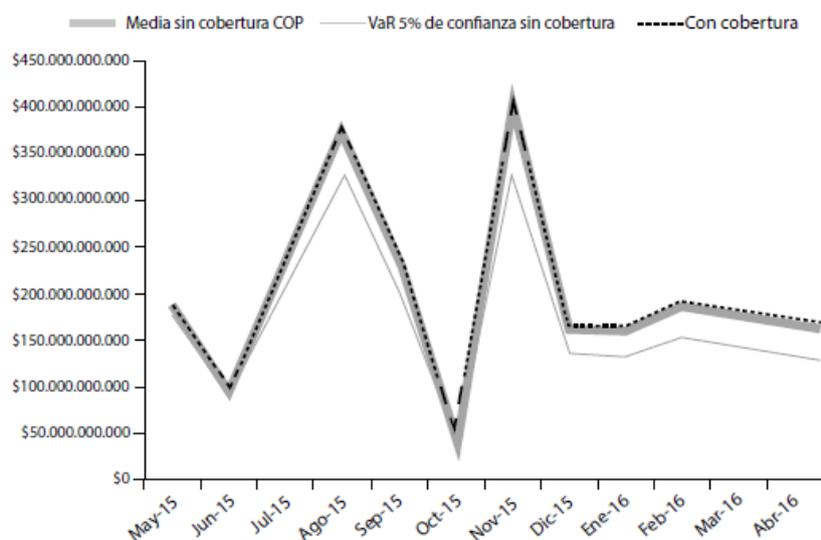


FIGURA 2.  
Resultados simulación, escenarios sin cobertura y con cobertura con *Forward*.  
Elaboración propia

### COBERTURA CAMBIARIA CON FUTUROS SOBRE LA TRM

La Bolsa de Valores de Colombia ofrece dos futuros financieros sobre divisas: futuros sobre la TRM, futuros con contratos donde la posición es por 50.000 dólares, y que son llamados futuros TRM; y futuros con contratos de 5.000 dólares llamados futuros TRS. Estos contratos se implementaron para mitigar el riesgo cambiario a la empresa exportadora; sin embargo, hasta el mes de abril de 2016, los contratos con mayor fecha de vencimiento son los de diciembre, por lo que los meses de proyección del año 2017 no se pueden cubrir.

Por lo tanto, se realizó simulación al precio de la TRM y los contratos de futuros para determinar el efecto sobre la empresa. La Figura 3 evidencia que el VaR con cobertura está por debajo si no se tuviera la cobertura. En este caso, cubrir el riesgo cambiario con futuros sobre la TRM no disminuye la probabilidad de obtener beneficios más bajos. Por su parte, las medias del escenario sin cobertura y con cobertura están muy cercanos. Esto también indica que los futuros no beneficiaron a la empresa en la exposición al riesgo cambiario.

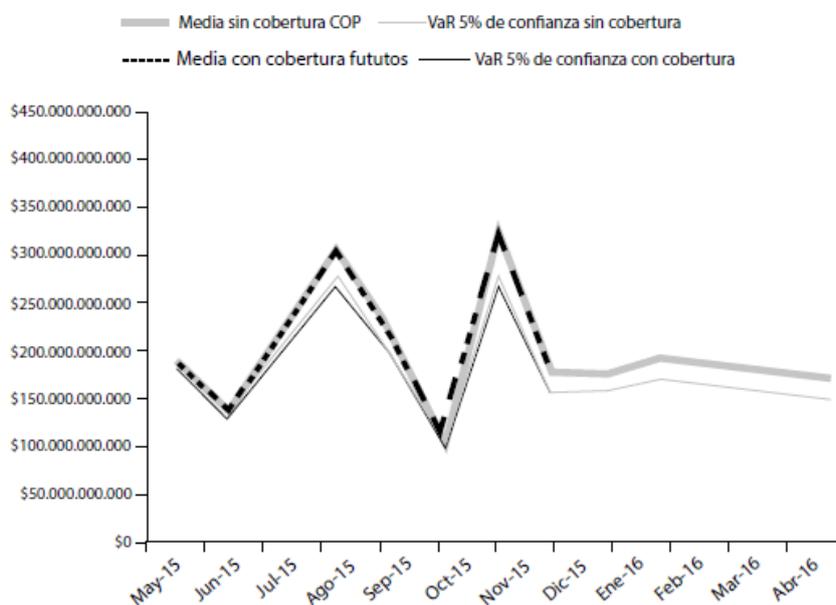


FIGURA 3. Resultados simulación, escenarios sin cobertura y con cobertura con futuros sobre la TRM. Elaboración propia.

### COBERTURA CAMBIARIA CON OPCIONES FINANCIERAS SOBRE DIVISAS

En este escenario se cubrieron los meses de proyección con opciones sobre al TRM de tipo europeo, con vencimientos para cada mes y con precio strike de \$3.000. Se consideró restar la prima de la opción en cada mes, obteniendo que en la cobertura se compensa la opción ejerciendo o no y restando el valor de la prima. La Figura 4 muestra que la cobertura con opciones financiera benefició a la empresa porque el VaR del escenario con cobertura es más alto que el escenario sin cobertura, llegando a estar cerca a la media de los dos escenarios, en otras palabras, el escenario con cobertura es menos volátil porque el percentil 5 es cercano a la media, esto demuestra los beneficios de cubrir cada mes con opciones financieras.

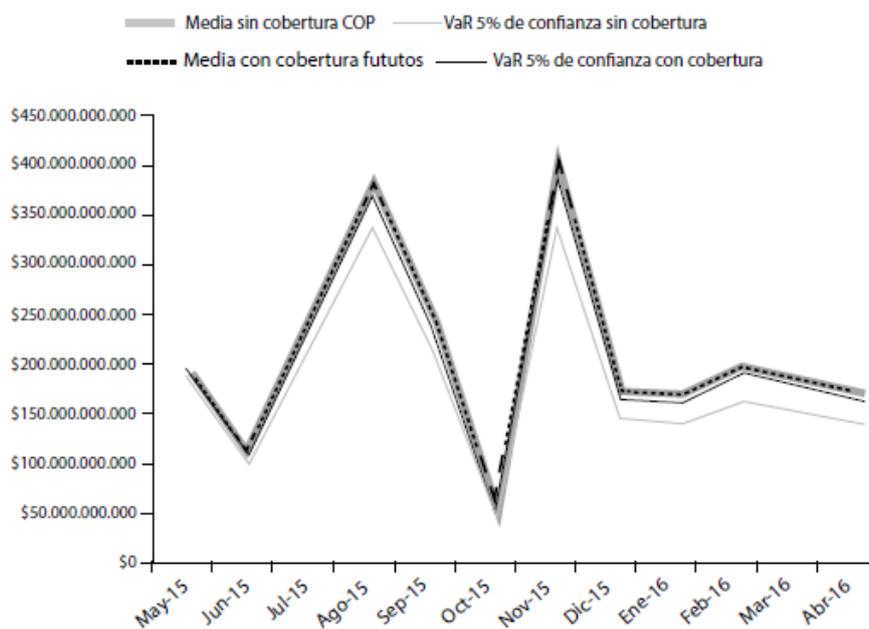


FIGURA 4

Resultados simulación, escenarios sin cobertura y con cobertura con opciones financieras sobre divisas.  
Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se realiza coberturas cambiarias a empresa exportadora de flores por medio de contratos *forward*, futuros sobre la TRM y opciones financieras sobre la TRM. Se proyecta la posición total en dólares para cada mes y al mismo tiempo se utiliza el Movimiento Browniano Geométrico para modelar los precios de la TRM y los futuros sobre la TRM. Después, se realiza la simulación Monte Carlo para determinar el VaR del escenario sin cobertura y los escenarios con cobertura

La cobertura cambiaria con *forward* y con la TRM demuestra tener beneficios a la empresa exportadora porque, de acuerdo con el precio strike determinado, el escenario con cobertura tiene un comportamiento constante, esto con una razón de cobertura del 100%. De esta forma, el total de los dólares de la posición en dólares se convierte a pesos colombianos con el precio strike, esto conlleva a que no exista VaR en riesgo en este escenario. Por su parte, con los futuros sobre la TRM de la Bolsa de Valores de Colombia no es posible cubrir todos los meses de proyección porque no se cuentan con contratos convencimientos a fecha posterior de diciembre de 2016. A su vez, la media del escenario con cobertura con futuros es similar al escenario sin cobertura, pero el VaR se encuentra por debajo, de todo lo anterior la estrategia de cobertura con los futuros no beneficia a la empresa. Por último, la estrategia de cobertura con opciones sobre la divisa es la que mejores resultados obtiene porque la media y el percentil 5 del escenario con cobertura están cercanos a la media del escenario sin cobertura, es decir, con las opciones financieras se tienen menores probabilidades de obtener resultados desfavorables.

## REFERENCIAS

Addae-Dapaah, K., Tan, W. & Hwee, Y. (2009). Review of financial economics the unsung impact of currency risk on the performance of international real property investment. *Review of Financial Economics*, 18(1), 56–65. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.rfe.2008.04.002>

- Álvarez-Díez, S., Alfaro-Cid, E. & Fernández-Blanco, M. (2016). Hedging foreign exchange rate risk: Multi-currency diversification. *European Journal of Management and Business Economics* 25(1) 2–7. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.redec.2015.11.003>
- Crouhy, M., Galai, D. & Mark, R. (2006). *The essentials of risk management*. New York, EE.UU: McGraw-Hill.
- De Lara, A. (2009). *Medición y control de riesgos financieros*. Ciudad de México, México: LIMUSA.
- Dominguez, K. & Tesar, L. (2006). Exchange rate exposure. *Journal of International Economics*, 68(1), 188–218.
- Hagelin, N. (2013). Why firms hedge with currency derivatives: An examination of transaction and translation exposure. *Applied Financial Economics*, 13, 55–69.
- Hull, J. (2012). *Options, futures, and other derivatives*. Boston, EE.UU: Pearson Education.
- Jiménez, L., Restrepo, F y Acevedo, N. (2015). Diversificación internacional de portafolios con índices bursátiles: caso colombiano. En-Contexto, 3, 79-104.
- Joseph, N. (2000). The choice of hedging techniques and the characteristics of UK industrial firms. *Journal of Multinational Financial Management*, 10(2), 161–184.
- Judge, A. (2006). Why and how UK firms hedge. *European Financial Management*, 12(3), 407–441.
- Khindanova, I., Rachev, S. & Schwartz, E. (2001). Stable modeling of value at risk. *Mathematical and Computer Modelling*, 34(9-11), 1223–1259. [http://doi.org/10.1016/S0895-7177\(01\)00129-7](http://doi.org/10.1016/S0895-7177(01)00129-7)
- McDonald, R. (2013). *Derivatives Markets* (3rd ed.). New Jersey, EE.UU: Pearson Education.
- Papaioannou, M. (2006). *Exchange rate risk measurement and management: Issues and approaches for firms* (WP/06/255).
- Sengupta, C. (2004). *Financial Modeling Using Excel and VBA*. New Jersey, EE.UU: John Wiley & Sons.
- Sirr, G., Garvey, J. & Gallagher, L. (2011). Emerging markets and portfolio foreign exchange risk: An empirical investigation using a value-at-risk decomposition technique. *Journal of International Money and Finance*, 30(8), 1749–1772.
- Solomon, J. & Joseph, N. (2000). Which corporate hedging motives are appropriate? An institutional shareholders' perspective. *International Journal of Finance and Economics*, 5, 339–347.
- Tai, C. (2008). Asymmetric currency exposure and currency risk pricing. *International Review of Financial Analysis*, 17(4), 647–663.