



## Estrategias de cobertura cambiaria para exportación de aceite de palma

Juliana Antolinez y Diego Navas

Colegio de Estudios Superiores en Administración - CESA

Maestría en Finanzas Corporativas

Bogotá

2017

# Estrategias de cobertura cambiaria para exportación de aceite de palma

Juliana Antolinez y Diego Navas

Director:

José Alejandro Rojas

Colegio de Estudios Superiores en Administración - CESA

Maestría en Finanzas Corporativas

Bogotá

2017

## Tabla de contenido

Tabla de contenido .....	3
1. Introducción .....	9
2. Estado del arte .....	16
3. Marco Teórico .....	20
3.1. Riesgos organizacionales .....	20
3.1.1. Riesgo operativo. ....	21
3.1.2. Riesgo legal. ....	22
3.1.3. Riesgo de crédito.....	22
3.1.4. Riesgo de liquidez. ....	22
3.1.5. Riesgo de mercado. ....	22
3.2. Tasa de cambio .....	23
3.2.1. Régimen de tasa de cambio fija. ....	23
3.2.2. Régimen de tasa de cambio flexible.....	24
3.2.3. Tasa de cambio nominal.....	24
3.2.4. Tasa de cambio real. ....	24
3.3. Derivados financieros.....	24
3.3.1. Estandarizados .....	25
3.3.2. No estandarizados.....	25
3.3.3. Mercado spot.....	25
3.3.4. Forwards. ....	26
3.3.5. Opciones. ....	27
3.3.6. Range forward.....	30
3.3.7. Swap.....	31
4. Metodología .....	32
4.1. Proyección de tasa de cambio y valor exportado en dólares de aceite de palma. ....	32

4.1.1.	Tasa de cambio.....	32
4.1.2.	Valor de las exportaciones de aceite de palma.....	33
4.2.	Planeación de estrategias de cobertura.....	34
4.2.1.	Opciones.....	34
4.2.2.	Forward.....	37
4.2.3.	Futuros de TRM.....	37
5.	Desarrollo.....	38
5.1.	Proyección de la tasa de cambio.....	38
5.1.1.	Modelación.....	38
5.1.2.	Análisis Técnico.....	68
5.1.3.	Análisis fundamental.....	76
5.2.	Proyección de las exportaciones de aceite de palma.....	85
5.3.	Estrategias de cobertura.....	88
5.3.1.	Forward.....	88
5.3.2.	Opciones.....	91
5.3.3.	Swap.....	92
5.3.4.	Range Forward.....	94
6.	Conclusiones.....	97
	Bibliografía.....	100

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Crecimiento del PIB total y del PIB agropecuario.</i> .....	12
Figura 2. <i>Crecimiento de los productos agrícolas 2014 -2015.</i> .....	13
Figura 3. <i>Evolución histórica anual de las exportaciones de Aceites y Grasas (Miles de Dólares).</i> .....	14
Figura 4. <i>Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) 2005 - 2015.</i> .....	15
Figura 5. <i>Reducción del riesgo de portafolio y diversificación.</i> .....	21
Figura 6. <i>Posición larga en forward.</i> .....	26
Figura 7. <i>Posición corta en un forward.</i> .....	27
Figura 8. <i>Posición larga en una opción call.</i> .....	28
Figura 9. <i>Posición larga en una opción put.</i> .....	28
Figura 10. <i>Posición corta en una opción call.</i> .....	29
Figura 11. <i>Posición corta en una opción put.</i> .....	29
Figura 12. <i>Representación payoff range forward</i> .....	31
Figura 13. <i>Evolución histórica de los precios nominales del aceite de palma (miles de pesos/tonelada).</i> .....	34
Figura 14. <i>Gráfica serie de datos TRM</i> .....	39
Figura 15. <i>Correlograma TRM</i> .....	40
Figura 16. <i>Test de raíz unitaria-Dickey Fuller TRM</i> .....	41
Figura 17. <i>Gráfica DLOG TRM</i> .....	42
Figura 18. <i>Correlograma DLOG TRM</i> .....	43
Figura 19. <i>Test de raíz unitaria-Dickey Fuller DLOG TRM.</i> .....	44
Figura 20. <i>Test 2 de raíz unitaria-Dickey Fuller DLOG TRM</i> .....	45
Figura 21. <i>Modelo AR con mínimos cuadrados.</i> .....	46
Figura 22. <i>Modelo AR 2 con mínimos cuadrados.</i> .....	47
Figura 23. <i>Correlograma de residuos AR.</i> .....	48
Figura 24. <i>Raíces del polinomio AR.</i> .....	49
Figura 25. <i>Correlograma de residuos cuadrados AR.</i> .....	50
Figura 26. <i>Test de heterocedasticidad AR.</i> .....	51

Figura 27. <i>Modelo AR método de estimación ARCH.</i> .....	52
Figura 28. <i>Modelo AR 2 método de estimación ARCH.</i> .....	53
Figura 29. <i>Modelo AR 3 método de estimación ARCH.</i> .....	53
Figura 30. <i>Correlograma de residuos AR 3 estimación ARCH.</i> .....	54
Figura 31. <i>Correlograma de residuos cuadrados AR 3 estimación ARCH.</i> .....	55
Figura 32. <i>Test heterocedasticidad AR 3 estimación ARCH.</i> .....	56
Figura 33. <i>AR estimación ARCH 2 y GARCH 0.</i> .....	56
Figura 34. <i>Correlograma de residuos AR estimación ARCH 2 y GARCH 0.</i> .....	57
Figura 35. <i>Modelo MA usando mínimos cuadrados.</i> .....	58
Figura 36. <i>Modelo MA 2 usando mínimos cuadrados.</i> .....	59
Figura 37. <i>Correlograma de residuos MA.</i> .....	60
Figura 38. <i>Raíces del polinomio MA.</i> .....	61
Figura 39. <i>Raíces del polinomio MA.</i> .....	62
Figura 40. <i>Test heterocedasticidad MA.</i> .....	63
Figura 41. <i>Modelo MA con método de estimación ARCH.</i> .....	63
Figura 42. <i>Modelo MA 2 con método de estimación ARCH.</i> .....	64
Figura 43. <i>Correlograma de residuos MA 2 estimación ARCH.</i> .....	65
Figura 44. <i>Correlograma de residuos cuadrados MA 2 estimación ARCH.</i> .....	66
Figura 45. <i>Test heterocedasticidad MA 2 estimación ARCH.</i> .....	67
Figura 46. <i>Modelo AR y MA</i> .....	67
Figura 47. <i>Promedio de negociación diaria por producto (billones de dólares)</i> .....	70
Figura 19. <i>Precio histórico del dólar desde 2012.</i> .....	72
Figura 20. <i>Precio histórico del dólar desde 2016.</i> .....	73
Figura 21. <i>Comparativo de dólar vs. WTI</i> .....	75
Figura 22. <i>Comportamiento histórico del WTI</i> .....	82
Figura 23. <i>Comportamiento último mes de WTI vs BRENT.</i> .....	82
Figura 24. <i>Mayores productores de petróleo y promedio de producción.</i> .....	83

Figura 25. <i>Actual cumplimiento del acuerdo OPEP</i> .....	84
Figura 26. <i>Valor y volumen exportado de aceite de palma</i> . Elaboración propia a partir de SISPA-fedepalma. ....	86
Figura 27. <i>Referentes de precio internacional para el aceite de palma crudo (2011-2015)</i> .....	87
Figura 28. <i>Comportamiento de devaluaciones primer trimestre de 2017</i> .....	90

## Índice de Tablas

Tabla 1. Principales medias móviles y comportamiento del dólar.....	73
Tabla 2. Correlación del peso colombiano frente a otros activos. ....	74
Tabla 3. Proyecciones de agentes de mercado.....	76
Tabla 4. Tamaño mercado de TES por agente.....	79
Tabla 5. Cotización de precio USDCOP a diferentes plazos con curva forward. ....	90
Tabla 6. Cotización de opciones put (Opción 1).....	92
Tabla 7. Cotización de opciones put (Opción 2).....	92
Tabla 8. Cotización de Range Forward (Opción 1).....	94
Tabla 9. Resumen cotización Range Forward (Opción 1).....	95
Tabla 10. Cotización de Range Forward (Opción 2).....	95
Tabla 11. Resumen cotización Range Forward (Opción 2).....	96
Tabla 12. Cotización de Range Forward (Opción 3).....	96
Tabla 13. Resumen cotización Range Forward (Opción 3).....	97
Tabla 14. Comparación del flujo con forward y sin forward a una tasa spot de 2.909,31 COP/USD.....	98
Tabla 15. Comparación del flujo con forward y sin forward a una tasa spot de 2.965,16 COP/USD.....	98

## 1. Introducción

Las condiciones actuales de la economía colombiana se están viendo afectadas por cambios en la economía global y decisiones políticas a nivel nacional e internacional. Los bajos niveles actuales de los precios de los *commodities* y la volatilidad en los precios del petróleo, el incremento en las tasas de interés foráneas e internas, las expectativas de crecimiento de la economía global y el deterioro en el dinamismo de las actuales economías más fuertes como China y Estados Unidos, han afectado la balanza comercial del país (Fedepalma, Informe de gestión Fedepalma 2015, 2015).

La tasa de cambio en Colombia se ha visto afectada principalmente por dos factores. El primero, la caída del precio del barril de petróleo WTI (*West Texas Intermediate*) desde máximos en 2.014 de US\$110.53, cerrando ese mismo año a US\$54.73, hasta llegar a mínimos en 2.016 de US\$26.21 por barril. Para Colombia, el sector hidrocarburos es de gran importancia para la economía dado que “aporta cerca del 5% del PIB y algo más del 20% de los ingresos corrientes del gobierno nacional central” (Fedesarrollo, 2015).

El segundo factor más importante es el movimiento al alza de las tasas de interés en las principales potencias económicas mundiales, principalmente Estados Unidos, las cuales después de llegar a mínimos históricos debido a la crisis inmobiliaria de 2.008, se enfrentan a expectativas de subidas logrando atraer el capital que obtuvieron las economías emergentes bajo dicha coyuntura. Este aumento en las tasas de interés simboliza una disminución en los riesgos de la economía en países desarrollados y representa una salida de capitales para Colombia, logrando tener menos oferta de dólares en el mercado y devaluando el peso colombiano.

Desde ese punto de vista, la tasa de cambio es una variable económica difícil de estimar y controlar y que además afecta el desempeño financiero de las empresas colombianas. La actual

devaluación podría entonces representar una oportunidad para toda empresa que produzca bienes transables al obtener un mayor valor por cada dólar proveniente de las exportaciones.

Teniendo esto en cuenta, la coyuntura actual presenta una oportunidad para el sector palmicultor en la medida en que “el 33 % de su producción tiene como destino los mercados internacionales y que las exportaciones de aceite de palma vienen creciendo a un promedio anual de 29 % durante los últimos cuatro años” (Fedepalma, Informe de gestión Fedepalma 2015, 2015). Debido a la importancia de las exportaciones en este sector, buscaremos mitigar el riesgo cambiario y aprovechar las nuevas oportunidades económicas por medio del uso del mercado de derivados, proponiendo diferentes estrategias de cobertura de acuerdo a las necesidades del sector y midiendo el impacto sobre sus resultados financieros.

El sector agropecuario en Colombia ha sido históricamente uno de los principales promotores del desarrollo económico. Para definir la transformación de los productos provenientes de la agricultura hasta llegar a su etapa final, la agroindustria se denomina como la “subserie de actividades de manufacturación mediante las cuales se elaboran materias primas y productos intermedios derivados del sector agrícola” (FAO, 1997). En países en desarrollo como Colombia, o como se denominan en la actualidad países emergentes, éste es considerado como el elemento característico de la primera etapa del desarrollo y fundamental en la contribución a la industrialización y estabilidad política y económica (FAO, 1997).

A diferencia de otros sectores industriales, en particular la agroindustria conlleva un carácter biológico como parte esencial de su materia prima, determinado por su estacionalidad, carácter perecedero y variabilidad de la producción. Estas particularidades presentan exigencias tanto en la logística de la actividad agroindustrial, en producción y elaboración, como en la base agrícola de los insumos.

Contribuyendo cerca del 9% del PIB y el 21% en las exportaciones y aportando una generación del 19% del empleo total del país, el sector agropecuario en Colombia se ha convertido en un atractivo para la inversión extranjera directa y de enorme potencial sustentado en ventajas competitivas y comparativas (Proexport & SAC, 2012).

Aun cuando el PIB esperado para el año 2016 se encuentra por debajo del 3.1% obtenido durante el 2015 (Gráfico 1), las expectativas de crecimiento de la actividad agropecuaria van entre un 1% y 2% (Mejia Lopez, 2015), explicado en gran parte por tres factores. En primer lugar, por el incremento de la demanda mundial de alimentos; en segundo lugar, por la reciente evolución del sector con un crecimiento superior al de otros sectores de la economía; y, por último, el incremento del gasto público nacional dirigido hacía dicho sector (Finagro, 2014).

Por otro lado, los efectos causados por la devaluación, los constantes paros camioneros y el fenómeno de El Niño afectaron algunos productos agrícolas, con consecuencias inflacionarias que a diciembre del año 2015 equivalen a un crecimiento del 10.85% (Mejia Lopez, 2015). Además, el esperado aprovechamiento de la devaluación y la entrada en vigencia de Tratados de Libre Comercio no lograron cumplir del todo sus expectativas, dado que las exportaciones alcanzaron 3.8 millones de toneladas con un descenso de 0.2% y una reducción de 4% en valor para el año 2015 (Mejia Lopez, 2015).

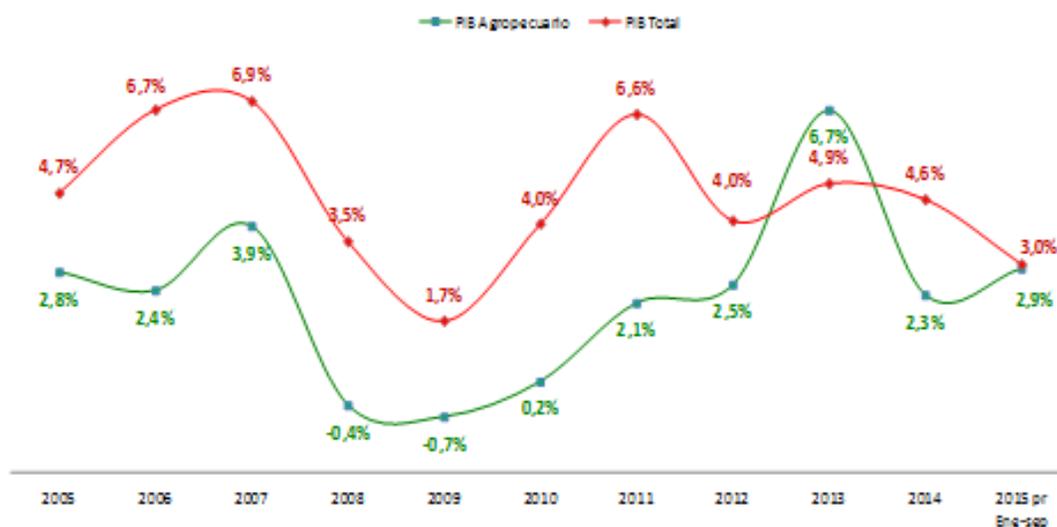


Figura 1. *Crecimiento del PIB total y del PIB agropecuario.*  
Obtenido del DANE, elaborado por el Departamento económico SAC.

La palma de aceite para el año 2007 era el cultivo de mayor crecimiento en Colombia, aprovisionando la mayoría del mercado nacional de aceites y grasas, y manteniendo una presencia importante dentro de los rubros de exportación. Considerado las ventajas comparativas de este cultivo tropical en Colombia y el dinamismo de los mercados nacionales e internacionales de grasas y aceites, así como los biocombustibles, esta oleaginosa tiene un potencial crecimiento que resulta favorable para el país (DNP, 2007).

Ésta se siembra en 42 países, concentrándose principalmente en los países asiáticos, con una concentración del 84% de la producción mundial tan solo en Malasia e Indonesia (DNP, 2007). En Colombia, el cultivo de la palma africana se encuentra desde hace varias décadas, consolidándose de manera importante desde la década de los años 80. Actualmente, es el cuarto productor de aceite de palma a nivel mundial, participando de un 1,4% del volumen, con una producción de más de una tonelada de aceite crudo, cultivadas en cerca de 500.00 hectáreas

(Dinero, 2015). “Esta actividad es responsable de 6% del PIB agropecuario y genera cerca de 110.000 empleos directos y una cifra similar de indirectos, según el gremio de los cultivadores de palma, Fedepalma” (Dinero, 2015).

El aceite de palma es uno de los productos agrícolas con mayor crecimiento entre el año 2015 y 2014, ubicándose de tercer lugar con 14,7%; superado por el cacao con 14,8% y el café con 16,8% (Gráfico 2). Aun cuando su principal uso se vincula con la producción de biodiesel, este puede variar hacia múltiples industrias como la agroalimentaria, industria química, cosmética, fabricación de comida animal y de fabricación de detergentes (Finagro, 2014).

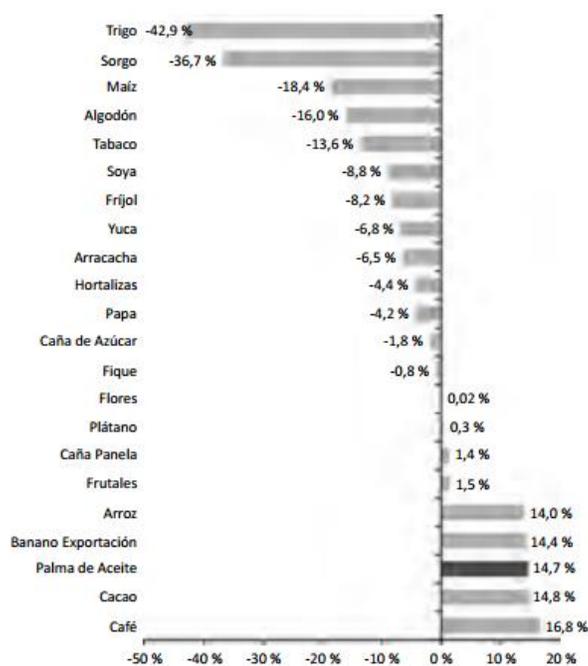


Figura 2. *Crecimiento de los productos agrícolas 2014 -2015.*  
Obtenido de la sociedad de agricultores de Colombia, Fedepalma.

Dentro del valor de las exportaciones de aceites y grasas en la década entre 2.005 y 2.015, el aceite de palma pasó de representar el 53,9% a representar el 63,83%, y tuvo un crecimiento compuesto de 12,77%, el más alto en comparación con el crecimiento de los otros aceites y grasas, pasando de exportar 137,7 millones de dólares en 2.005 a 458,3 millones de dólares en 2.015 (Gráfico 3). Debido a la importancia del aceite de palma dentro de la economía colombiana y de sus exportaciones, la sensibilidad frente a la tasa de cambio toma un rol importante dentro de la sostenibilidad financiera y crecimiento del sector.

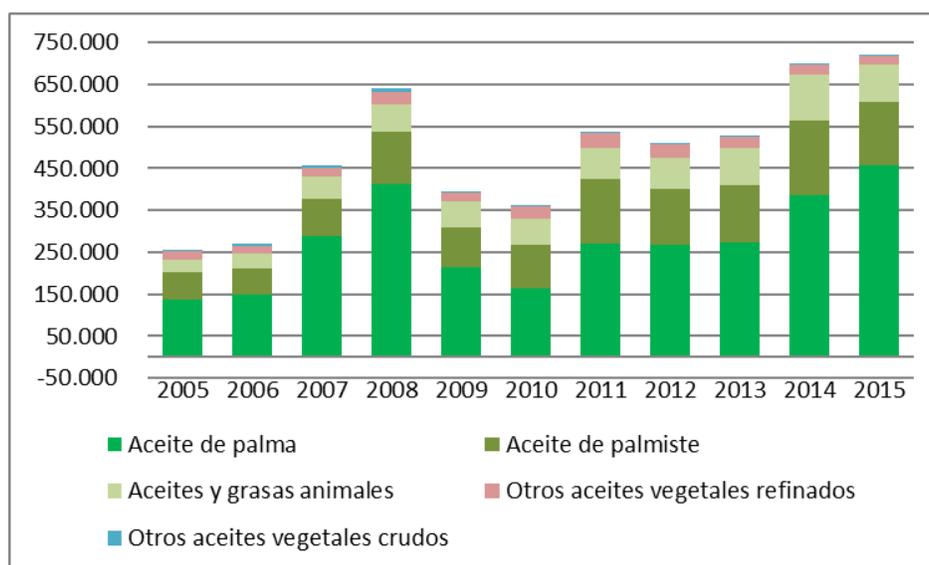


Figura 3. *Evolución histórica anual de las exportaciones de Aceites y Grasas (Miles de Dólares).*

Elaboración propia a partir de información de Fedepalma.

La volatilidad de la TRM desde enero de 2005 hasta diciembre de 2015 representa un desafío para todas las empresas de la economía colombiana cuyos ingresos o egresos dependen en alguna medida de bienes transables, afectado por la tasa de cambio. La devaluación obtenida

durante ese periodo fue de 31,8%, con un mínimo de COP \$ 1.652 y un máximo de COP \$ 3.356 (Gráfico 4).

Esto demuestra la inestabilidad que puede llegar a tener el sector de aceite de palma en sus ingresos por exportaciones, lo que representa una oportunidad para desarrollar estrategias financieras de cobertura frente al riesgo cambiario, siendo este uno de los principales riesgos financieros a los que se enfrenta el sector debido a las variaciones inesperadas en las tasas de cambio, exponiendo los flujos futuros de caja de las empresas del sector a la influencia de dichas variaciones en los precios. (Jorge & Augusto, 2011).

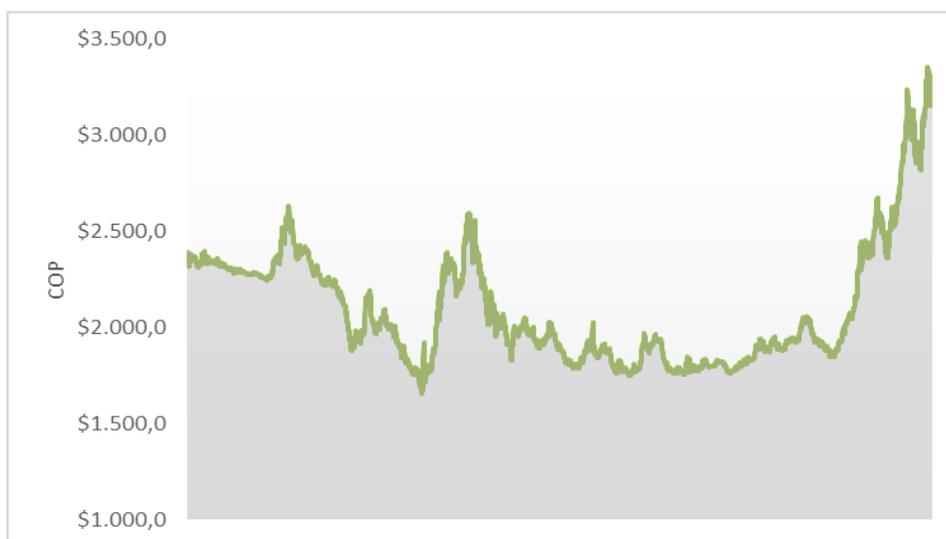


Figura 4. *Tasa de cambio representativa del mercado (TRM) 2005 - 2015.*  
Elaboración propia a partir de información de Banco de la República.

Existen diferentes herramientas disponibles para mitigar esos riesgos financieros. En el desarrollo de este trabajo, se analizarán estrategias con productos derivados, los cuales permiten a las compañías realizar coberturas y especular sobre variables financieras (Russell-Jones, 2014). Como parte de la mitigación de los riesgos estudiaremos los posibles resultados de la utilización

de los productos derivados encontrados en el mercado financiero colombiano, como lo son las coberturas de tasa de cambio por cierre de tasas en mercado *forward*, la compra de opciones *put* y *call* de acuerdo a las condiciones y precios de mercado, la utilización de *currency swaps* o *swaps* de tasa de cambio y la negociación estándar en el mercado *spot*.

Los factores que determinan la inversión en el sector son desfavorables en el corto plazo, dada la recuperación de las economías de Estados Unidos y la eurozona. De igual manera las tasas de interés locales pasaron de 3,25% en 2013 a un 7,75% a agosto de 2016, desincentivando el crecimiento general de la economía bajo las condiciones internas y aumentando el costo de capital de la inversión privada (Mejia Lopez, 2015). Es por esto que consideramos que una adecuación eficiente del flujo de caja de las empresas del sector a las nuevas condiciones de mercado, encontrando beneficios por encima del punto de equilibrio, conllevaría un crecimiento estable y sostenido esperado para un sector que ha demostrado tener alta relevancia dentro de la economía colombiana.

## **2. Estado del arte**

Se desconoce exactamente la fecha en la cual se originaron los derivados. Algunos argumentan sus inicios en la China antigua, usados para la negociación de productos básicos; otros argumentan que su origen tuvo cabida en el comercio de la edad media y algunos otros que se originaron en los años setenta con la creación de los *swaps* (Lima & Dos Santos, 2012). En la actualidad, es incuestionable su uso y aplicación en distintas partes del mundo y en diferentes sectores de la economía como herramienta para mitigar diferentes riesgos sistemáticos, alrededor de los cuales se han desarrollado estrategias de acuerdo a las necesidades de quien los requiera.

Una de las primeras investigaciones encontradas sobre estrategias de cobertura fue desarrollada por Jacques Rolfo. En ésta se presenta un modelo que estima una estrategia de cobertura óptima para un país productor de cacao que está expuesto a riesgos de precio y de producción. La estrategia se realiza para los productores representativos de cacao de ese momento: Ghana, Nigeria, Ivory Coast y Brasil, cuyos porcentajes de producción de cacao representaban el 80% de la producción mundial. (Rolfo, 1980)

Más adelante, del año 2000 a la fecha, se encontraron diversos trabajos de investigación en diferentes sectores y países que guardan relación con lo propuesto por la presente investigación, cuyos antecedentes más importantes pueden entregar información importante para nuestra actual investigación.

En México, se desarrolló un modelo de inmunización de flujos financieros, pasivos y activos mediante el uso de futuros sobre los títulos de deuda pública del gobierno mexicano (CETES). Esto, con el fin de contrarrestar el riesgo de tasa de interés. La estimación de la curva de rendimiento de CETES fue realizada con el modelo de Nelson y Siegel, el cual modela la evolución de la tasa forward instantánea. A modo de ilustración, el modelo desarrollado fue aplicado en la cobertura de un conjunto de flujos financieros, a partir del cual se obtuvo las distribuciones empíricas de un flujo financiero con y sin inmunización con uso de futuros y se compararon los efectos en la varianza de dichos flujos antes y después de la cobertura. (Venegas-Martinez, 2003)

En el año 2008 Phillipp Koziol desarrolló una investigación en la cual, a partir de riesgos concernientes a empresas con producción de bienes exportados (como lo son riesgos del precio del producto, los costos de producción y el riesgo de tipo cambiario), involucra estrategias de cobertura adicionales para reducir el efecto que tienen los riesgos de precio y de costo en el

rendimiento de la cobertura cambiaria, tal como derivados de inflación y de tasa de interés, dado que están ampliamente relacionados con los cambios en precio y en costos. Koziol logra, a través del uso de un modelo de vector cointegrado auto regresivo de precios, tasas de interés y tasas de cambio, cuantificar los ratios de cobertura y la eficiencia de las diferentes estrategias de cobertura para una empresa alemana que exporta bienes a los Estados Unidos. (Koziol, 2008)

En Chile, se llevó a cabo una investigación en donde el análisis se realizó con respecto a “cómo lograr la cobertura óptima de un flujo de caja en presencia de riesgo de tipo de cambio, riesgo de precio en el producto que se vende, e incertidumbre respecto a los costos y a la cantidad por vender”. En este, en primer lugar, se resuelve analíticamente la manera ideal de cómo se realiza la cobertura cuando se dispone de instrumentos futuros de un determinado bien y del tipo de cambio, afrontándose a los riesgos anteriormente mencionados, y como segunda parte propone una metodología de determinación de los estimadores para las estrategias de cobertura óptimas a través de una regresión múltiple, aplicada al caso de las exportaciones de celulosa que realiza Chile (Castill & Águila, 2008).

El sector floricultor en Colombia también ha sido objeto de estudio. En 2008 se realizó una investigación en donde se analizó el mercado de derivados como alternativa de cobertura de riesgo financiero en pequeñas y medianas empresas del sector floricultor. En este caso el enfoque se hizo en coberturas cambiarias de USD/COP para estabilizar los ingresos de estas compañías cuya producción es exportada. Se realizaron simulaciones usando operaciones FX-forward y opciones de tasa de cambio put plain vanilla (Frasser & Torres, 2008).

Por otra parte, Martin. J Luby realiza una investigación como caso de estudio acerca del uso de un instrumento derivado específico, un swap de tasa de interés variable-a-fijo, en un tipo

de transacción particular (refinanciación de bonos) por parte de gobiernos estatales y locales. (Luby, 2012)

André Fernandes Lima y Alexandre Aragão Pinto Dos Santos, desarrollaron en el 2012 una investigación acerca de cómo el uso de derivados financieros puede preservar la salud financiera de las empresas, cuyo enfoque principal se da en derivados cambiarios utilizados principalmente por las empresas que actúan internacionalmente. En esta investigación se analizan los principales instrumentos, su utilidad, los beneficios y cómo afectan el valor de las empresas que los utilizan (Lima & Dos Santos, 2012).

Para los caficultores en Colombia, se han diseñado y promovido estrategias de cobertura de riesgos para los pequeños empresarios, quienes están expuestos principalmente a dos tipos de riesgos financieros: el riesgo de mercado y al riesgo cambiario. Los contratos de futuros y de opciones son los principales instrumentos que existen actualmente para cubrir los riesgos mencionados en la actualidad. No obstante, en 2012 el Gobierno colombiano y la Federación Nacional de Cafeteros implementaron los contratos de protección de precio (CPP) con el objetivo de mitigar el riesgo de precio principalmente a pequeños productores, puesto que la carga máxima sobre la cual se puede hacer la cobertura es de 50 cargas de 125kg (Higuera, Bejarano, & Ortiz).

También en Colombia, para el mercado energético, desarrollaron un producto derivado en donde se realizó la serie de tiempo del precio de la electricidad para modelar su volatilidad y a partir de esta se diseñó una opción exótica, tipo barrera, en donde se concluyó además que debido al alto nivel de volatilidad que presenta el mercado las operaciones de cobertura se deben realizar a corto plazo, puesto que a largo plazo los rangos generados por la volatilidad serían

muy altos haciendo probable que los precios crezcan de manera no coherente con los precios reales (Díaz Contreras, Macías Villalba, & Luna Contreras, 2014).

En Bélgica se desarrolló una estrategia de cobertura con derivados en periodos cortos de tiempo como propuesta para solucionar los bajos niveles de liquidez del mercado de energía. En el trabajo se define una estrategia de cobertura Locally risk minimizing (LRM) ajustada al entorno del mercado de energía. Posteriormente se compara la estrategia con las prácticas comunes, en la cual el resultado de la estrategia resulta ser superior (Leoni, Vandaele, & Vanmaele, 2014).

De otro lado Bruce Tuckman, en la primera parte de su investigación de derivados, demuestra lo útil que pueden llegar a ser los derivados financieros cuando son usados correctamente, ilustrando el uso corporativo de los derivados en un ejemplo detallado de cómo una cervecería usa futuros de trigo negociados en bolsa y swaps OTC (over the counter) de aluminio, para cubrir riesgos relacionados con mayores precios de aluminio y trigo; en el proceso se demuestra el rol de los intermediarios financieros en facilitar el uso de derivados (Tuckman, 2016).

### **3. Marco Teórico**

#### **3.1. Riesgos organizacionales**

En esencia, riesgo es una medida de la incertidumbre respecto al rendimiento que obtendrá una inversión. Las inversiones con rendimientos menos predecibles se consideran más riesgosas. De esta forma, los términos riesgo e incertidumbre se usan indistintamente para “referirse al grado de variación de los rendimientos relacionados con un activo específico” (Gitman, 2003). De

igual forma, este se puede dividir entre el riesgo diversificable y el no diversificable o sistemático.

El riesgo diversificable representa la parte del riesgo de un activo que se atribuye a causas fortuitas y puede eliminarse a través de la diversificación, es decir, a mayor diversificación del portafolio de activos que se tenga menor será el riesgo (Gitman, 2003). El riesgo no diversificable o sistemático se atribuye a factores del mercado que afectan a todas las empresas, lo que quiere decir que no se puede eliminar a través de la diversificación (Gitman, 2003).

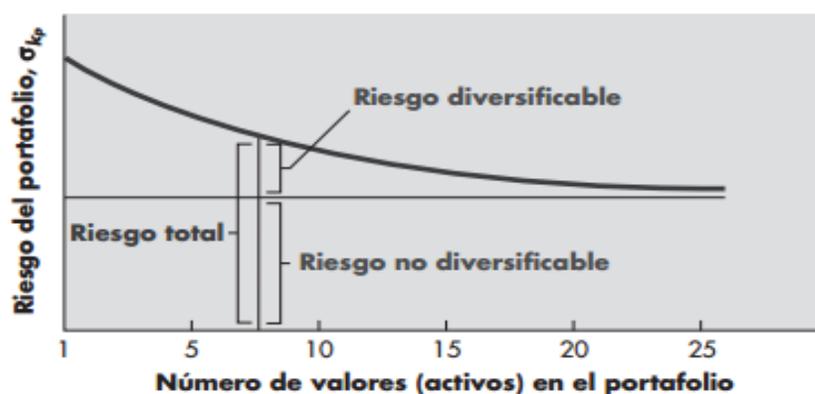


Figura 5. Reducción del riesgo de portafolio y diversificación. Obtenido de “principios de administración financiera” por Gitman J.L, 2003, Pearson.

Fuente: (Gitman, 2003)

**3.1.1. Riesgo operativo.** Se define como el riesgo de pérdida debido a las deficiencias o a fallas de los procesos, el personal y los sistemas internos, o bien a causa de acontecimientos externos. Está presente en cualquier clase de negocio. Es inherente a toda actividad en que intervengan personas, procesos y plataformas tecnológicas (Núñez Mora & Chávez Gudiño, 2010).

- 3.1.2. Riesgo legal.** Según el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, se define el riesgo legal como la posibilidad de ser sancionado, multado u obligado a pagar daños punitivos como resultado de acciones supervisoras o de acuerdos privados entre las partes. Desde este punto de vista se debe verificar que todas las operaciones y negocios de una empresa se realicen de conformidad con las disposiciones legales.
- 3.1.3. Riesgo de crédito.** Definido como la posibilidad de incurrir en pérdidas como consecuencia del incumplimiento por parte del deudor de sus obligaciones en las operaciones de intermediación crediticia (Dominguez, Miranda, Pallas, & Peraza, 2012). Se divide en el riesgo de insolvencia, por la incapacidad de pago del deudor por su situación económica y el riesgo país, provocado por la insolvencia del total de contrapartes de un área geopolítica.
- 3.1.4. Riesgo de liquidez.** Se puede definir como la probabilidad de que una empresa tenga escasez de recursos para cumplir con sus obligaciones. Esto puede conllevar a conseguir recursos alternos que pueden resultar costosos o vender activos con elevadas tasas de descuento, generando pérdidas de valorización (Superintendencia de Bancos de la República Dominicana, 2011).
- 3.1.5. Riesgo de mercado.** Es posibilidad de que las entidades incurran en pérdidas asociadas a la disminución del valor de sus portafolios por efecto de cambios en el precio de los instrumentos financieros (Superfinanciera, 2010). Para propósito de

nuestro estudio, el riesgo de mercado también atañe el riesgo cambiario, que es el derivado de la fluctuación de los tipos de cambio (Fanego Rodríguez, 2015).

En cuanto a este último se puede decir que es un parámetro fundamental en la administración financiera de una compañía cuyos flujos de caja están condicionados a la volatilidad de la tasa de cambio. Cuando una empresa por su modelo de operación queda expuesta al riesgo cambiario, debe comenzar inmediatamente a gestionarlo o administrarlo de manera que se elimine o minimice la incertidumbre del efecto de la tasa de cambio en sus resultados (España Caderón, López Casella, & Berggrun Preciado, 2011).

## **3.2. Tasa de cambio**

La tasa de cambio mide la cantidad de pesos que se deben pagar por una unidad de moneda extranjera (Banco de la República, 2016). Siendo el dólar la divisa más utilizada a nivel global, la tomamos como referencia directa para nuestra tasa de cambio, siendo entonces conformada por la oferta y la demanda que exista de la moneda dentro del país. “Cuando la oferta es mayor que la demanda, es decir, hay abundancia de dólares en el mercado y pocos compradores, la tasa de cambio baja; y cuando hay menos oferta que demanda (hay escasez de dólares y muchos compradores), la tasa de cambio sube” (Banco de la República, 2016). Existen dos tipos de regímenes de tasa de cambio:

**3.2.1. Régimen de tasa de cambio fija.** En este régimen el Banco Central se compromete a mantener la tasa de cambio en un valor determinado. Cuando se presenta exceso de demanda de divisas, el Banco suministra la oferta de divisas necesarias para mantener

la tasa de cambio en el valor estipulado. Igualmente, cuando se presentan excesos de oferta, el Banco adquiere las divisas para evitar que la tasa de cambio disminuya (Banco de la República, 2016).

**3.2.2. Régimen de tasa de cambio flexible.** En este régimen el Banco Central no interviene y la tasa de cambio se determina por la oferta y la demanda de divisas en el mercado (Banco de la República, 2016).

**3.2.3. Tasa de cambio nominal.** Es la tasa a la cual se compran o se venden las divisas, es decir, cantidad de pesos pagados por dólar (Banco de la República, 2016).

**3.2.4. Tasa de cambio real.** Medida comparativa del verdadero poder de compra de la moneda nacional frente al dólar. Esta se ajusta por la relación entre la inflación interna y la inflación de Estados Unidos. Esta “refleja la competitividad de los productos colombianos frente a los productos de los demás países” (Banco de la República, 2016).

### **3.3. Derivados financieros**

Para poder minimizar la incertidumbre y el riesgo ocasionado por las volatilidades de los productos transados en el mercado y que comprometen el rendimiento de los flujos de caja de las empresas, existen productos que ofrece el mercado de derivados.

Los derivados, como su nombre lo indica, derivan de otra variable y no tienen un valor independiente. Respecto a los derivados financieros podemos decir que estos resultan de activos

que se encuentran en el mercado financiero. Estos activos se llaman activos subyacentes y pueden ser acciones, títulos de renta fija, divisas, tasas de interés, índices bursátiles, materias primas y energía, entre otros; esto significa que el precio del derivado no es arbitrario, sino que está afectado directamente por el precio del activo subyacente, por lo que una variación en el precio del activo subyacente afectará automáticamente el precio del derivado financiero (GUPTA, 2006).

De esta manera el mercado de derivados financieros se puede definir como un instrumento de tesorería o de mercado de capitales que permite contrarrestar el riesgo producido por variaciones en los precios de los activos subyacentes (GUPTA, 2006). De acuerdo a la bolsa de valores de Colombia - BVC, los derivados se clasifican en 2 categorías:

**3.3.1. Estandarizados.** Negociados por medio de Bolsa de Valores, inexistencia de riesgo de contraparte debido a la Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC) y liquidez constante (Esquema creadores de mercado) (BVC, 2016).

**3.3.2. No estandarizados.** Negociados fuera de Bolsa - OTC (Over the Counter), existencia de riesgo de contraparte, contratos hechos a la medida del cliente y no operan por un sistema transaccional (BVC, 2016).

**3.3.3. Mercado spot.** Es el mercado de negociación de contado o a la vista, es decir, aquel que se negocia en el momento en que se necesita realizar el giro o la recepción de las divisas.

**3.3.4. Forwards.** Son contratos que pueden surgir entre dos entidades financieras o una entidad financiera y su cliente. El acuerdo que se da entre las partes es el de comprar o vender cierto activo en una determinada fecha futura y a un precio igualmente determinado en el contrato. En el contrato forward cada parte asume una posición: larga cuando es quien acuerda comprar en la fecha futura el activo al precio determinado, o corta cuando es quien acuerda vender el activo al precio igualmente determinado en la fecha futura. (Hull, 2012)

El perfil de pago en una posición larga en un forward:

$$\text{Payoff} = S_T - K$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

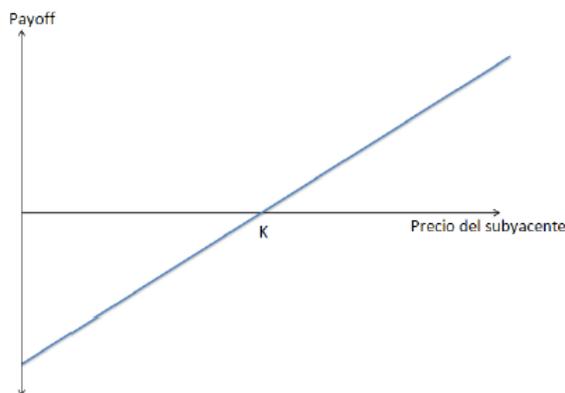


Figura 6. Posición larga en forward.  
Elaboración propia.

Por otro lado, la posición corta en un *forward* se calcula del siguiente modo:

$$\text{Payoff} = K - S_T$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

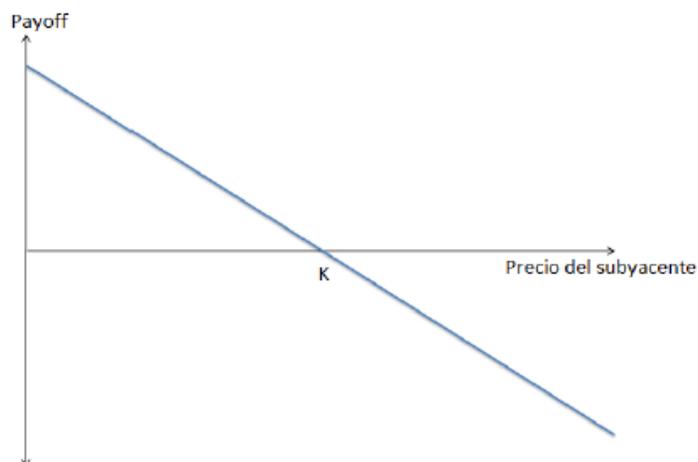


Figura 7. *Posición corta en un forward*  
Elaboración propia.

**3.3.5. Opciones.** Las opciones están divididas en dos tipos, *call* y *put*. Una opción *call* le da el derecho al tenedor de comprar el activo subyacente en una fecha determinada por un precio determinado. De igual forma, la opción *put* le da el derecho al tenedor de vender el activo subyacente en una fecha determinada por un precio determinado, las partes son quienes deciden si ejercen su derecho o no. (Hull, 2012).

Calculo de la posición larga en una opción *call*:

$$Payoff = MAX [S_T - K, 0] - PRIMA$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

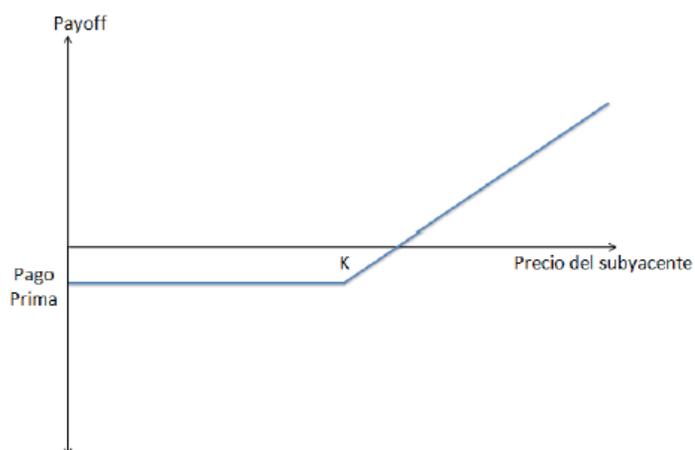


Figura 8. *Posición larga en una opción call*  
Elaboración propia.

Posición larga en una opción *put*:

$$Payoff = MAX [K - S_T, 0] - PRIMA$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

Gráfico 1: Posición larga en una opción *put*.

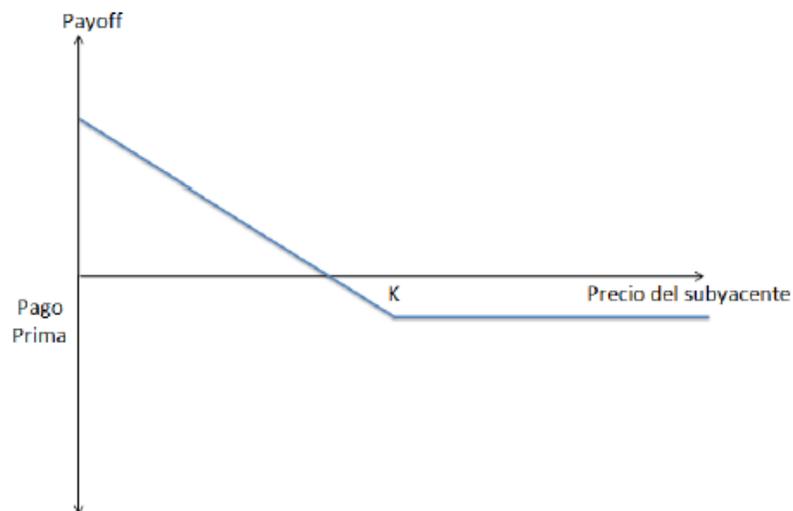


Figura 9. *Posición larga en una opción put*.  
Elaboración propia.

Posición corta en una opción *call*:

$$Payoff = PRIMA - MAX [S_T - K, 0]$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

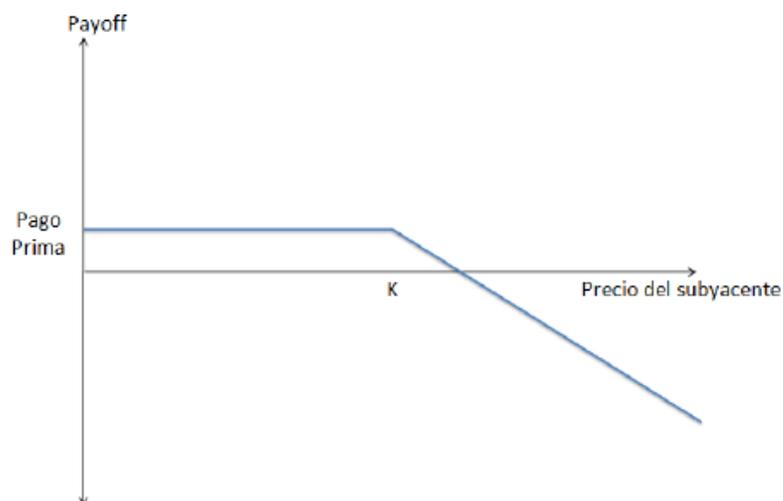


Figura 10. *Posición corta en una opción call*  
Elaboración propia.

Posición corta en una opción *put*:

$$Payoff = PRIMA - MAX [K - S_T, 0]$$

Donde,

$S_T$  = Precio del activo subyacente en el tiempo T.

K = Precio spot pactado

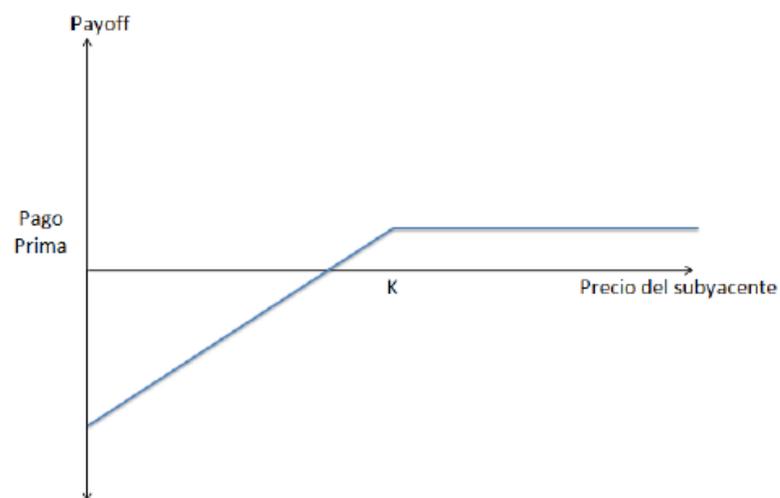


Figura 11. *Posición corta en una opción put*  
Elaboración propia.

Para evaluar el valor de las opciones en monedas, se define  $S_0$  como la tasa de cambio spot, la cual en este caso será tomada como cantidad de pesos por dólar. Además, las opciones en moneda extranjera son evaluadas análogamente por medio del modelo Black-Scholes-Merton como las de una acción que paga un dividendo conocido,  $r_f$ , correspondiente a la tasa libre de riesgo de la moneda extranjera (Hull, 2012).

**3.3.6. Range forward.** Esta figura representa una variación el forward normal, conformado por una estructura de dos opciones. Para el caso exportador, está conformado por una posición larga *put* con strike  $K_1$  y una posición corta *call* con strike  $K_2$ , tal que  $K_2 > \text{tasa spot} > K_1$ . El beneficio principal de dicha estructura es que se logra eliminar o disminuir al máximo el pago de la prima, mediante la obtención de una cobertura dentro de un rango de tasa de cambio a través de la deliberación de un piso y la obtención del techo por parte del modelo, renunciando a ganancias potenciales en caso de que el mercado spot se encuentre por encima del rango. (Foremost Markets, 2016)

Esta estructura tiene en el mercado una liquidación *non-delivery*. Si al momento del vencimiento la tasa de liquidación se encuentra entre las tasas strike  $K_1$  y  $K_2$ , la operación se encuentra dentro del rango y no tiene liquidación. Cuando la tasa de mercado se encuentra por debajo del strike de la posición larga *put*, la empresa exportadora obtiene una liquidación a favor por la diferencia entre la tasa de liquidación y el strike por el nominal cubierto  $((K_1 - S) * \text{Nominal})$ . De lo contrario, si la tasa se encuentra por encima del strike de la posición corta *call*, la empresa deberá

pagar la liquidación en contra por la diferencia entre la tasa de liquidación y el strike por el nominal cubierto  $((S - K2) * Nominal)$ .

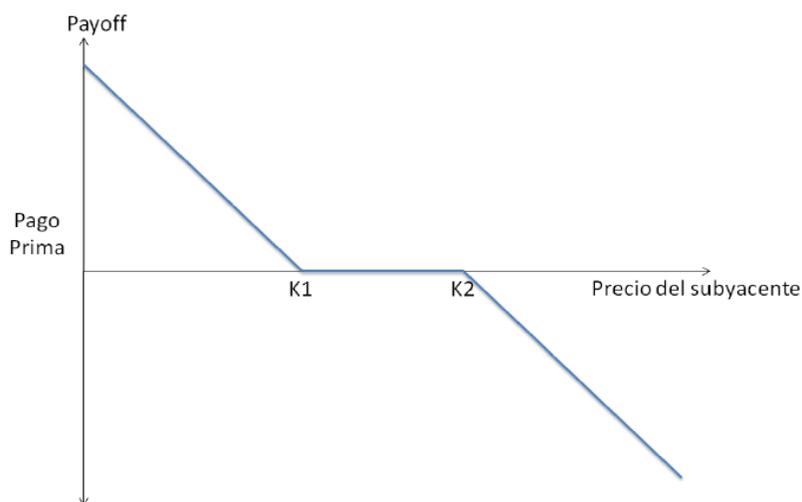


Figura 12. *Representación payoff range forward*  
Elaboración propia

**3.3.7. Swap.** Un tipo de cobertura cada vez más utilizado, es un contrato entre dos partes, en donde se acuerda hacer un intercambio de flujos de caja futuros con condiciones establecidas al inicio del contrato. A diferencia del contrato *forward*, el intercambio de flujos se puede dar en varias fechas futuras. En este tipo de contrato hay dos tasas de interés que se establecen para el cálculo de los flujos, una tasa variable que puede ser por ejemplo la LIBOR y que dependerá entonces del mercado y otra parte fija, la cual vendrá especificada en el contrato (Hull, 2012).

También existe el swap de tasa de cambio, o *currency swaps*, el cual es usado con el fin de mitigar los riesgos en la volatilidad de tasa de cambio y de tasas de interés como estrategia de cobertura. Este involucra el intercambio de la exposición del

principal e intereses en una moneda por el principal e interés pagados en otra moneda (Hull, 2012).

Existen diferentes categorías de swaps: swaps de tasas de interés, swaps de equity, swaps de *commodities* y swaps de monedas o *currency swaps*. Un *currency swap* requiere que el principal esté denominado en ambas monedas, generalmente intercambiadas al inicio y fin del contrato con la tasa de cambio pactada desde el comienzo del contrato. Los intereses pueden ser cubiertos con un *currency swap* de dos maneras. En la primera, se intercambian los flujos de intereses entre dos tasas de interés variables. En la segunda forma, una de las partes recibe una tasa fija mientras la otra una tasa variable.

## 4. Metodología

### 4.1. Proyección de tasa de cambio y valor exportado en dólares de aceite de palma.

Para poder planear los resultados financieros se debe contar con buenas proyecciones sobre las variables exógenas y la planeación adecuada de estrategias de cobertura. Las variables que proyectaremos serán la tasa de cambio y el valor exportado en dólares de aceite de palma.

**4.1.1. Tasa de cambio.** La proyección de la TRM se realizará a través de un modelo de serie de tiempo estocástico AR o MA. Se tomará como serie histórica la cotización

diaria de la TRM desde el primero de enero de 2010 hasta el 31 de marzo de 2017, obtenidos en la página del Banco de la República.

Para que un modelo de serie de tiempo sea pronosticable es necesario que la serie sea estacional. Los impedimentos para que no sea estacional es que sea estacional en corto plazo, que tenga tendencia o volatilidad, o ambos. La primera validación que se realizará es verificar si la serie tiene alguna de las características anteriormente descritas y, en caso de ser necesario, convertir la serie no estacionaria en estacionaria.

Posteriormente con la serie estacionaria se realizará la estimación de un modelo MA y AR, a los cuales se les realizarán las distintas validaciones y correcciones para llegar a un modelo significativo. El modelo que menor criterio arkaike muestre será el modelo con el cuál se realizará el pronóstico de la TRM al 31 de diciembre de 2018.

**4.1.2. Valor de las exportaciones de aceite de palma.** El valor está determinado por el precio internacional y el volumen producido para exportación. Los precios internacionales del aceite de palma dependen del mercado de los 17 principales aceites: los de colza, soya y palma, principalmente. Estos tienden a ser muy volátiles debido a su característica de bienes sustitutos (DNP, 2007). Por su nivel de producción y relevancia de mercado, Colombia es tomador de precio. La producción del aceite de palma y su consumo interno, no alcanzan a influir en la oferta y demanda mundial de este aceite vegetal. (Fedepalma, 2015).



Figura 13. *Evolución histórica de los precios nominales del aceite de palma (miles de pesos/tonelada)*

Elaboración propia a partir de información de Fedepalma

Por esta razón se optará por pronosticar el valor exportado de aceite de palma del año 2017 y 2018 basado en el crecimiento de la economía mundial.

## 4.2. Planeación de estrategias de cobertura

Con el fin de evitar las pérdidas por movimientos inesperados en las variables que afectan al sector, se pueden utilizar diferentes combinaciones de coberturas para disminuir la probabilidad de pérdida, o en el mejor caso generar una ganancia por encima de lo proyectado.

**4.2.1. Opciones.** Para valorar las coberturas en opciones utilizaremos el método de Black-Scholes-Merton, el cual es un método de valoración continuo, ampliamente utilizado para la valoración de opciones europeas (Hull, 2012). Las ecuaciones del modelo de Black-Scholes se derivan bajo los siguientes supuestos:

- a) El precio del activo sigue un proceso de caminata aleatoria con media y volatilidades constantes.
- b) La venta en corto (sin poseer físicamente el activo), es permitida.
- c) No hay costos de transacción o impuestos.
- d) Durante la vigencia del derivado no existe pago de dividendos.
- e) No existen oportunidades de arbitraje.
- f) La tasa libre de riesgo es constante durante la vigencia de la opción.

Para el caso de la valoración de Opciones europeas sobre monedas, se tiene una variación en las fórmulas derivadas del proceso de Wiener. Dado que los índices sobre monedas tienen un comportamiento análogo al de una acción que paga un dividendo conocido,  $q$ , el cual corresponde a la tasa libre de riesgo de la moneda extranjera (Antolinez, 2011), es válido representar dicho dividendo de la siguiente manera:

$$q = q(S, t)$$

Este corresponde al pago del dividendo por unidad de tiempo, y siempre representa la misma fracción  $q$  del precio de la acción, adicionalmente, el titular de la acción recibe un pago igual a  $qSdt$  entre cada  $dt$ . Dado que el precio del activo subyacente cae de acuerdo al dividendo, el precio del activo se puede modelar como un modelo Browniano Geométrico de la siguiente forma:

$$\frac{dS(t)}{S} = (\mu - q)dt + \sigma dW(t)$$

Con la fórmula de Black-Scholes modificada, encontramos los precios de las opciones de la siguiente manera:

$$\text{Opción Call} = S_0 e^{-qT} N(d1) - K e^{-rT} N(d2)$$

$$\text{Opción Put} = K e^{-rT} N(-d2) - S_0 e^{-qT} N(-d1)$$

Donde,

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - q + \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right) * T}{\sigma\sqrt{T}} = d1 - \sigma\sqrt{T}$$

$S$  = Precio del activo subyacente.

$N(x)$  = Valor acumulado hasta  $x$  en la distribución normal estándar.

$K$  = Strike Price de la Opción.

$r$  = Tasa libre de riesgo mercado local.

$q$  = Tasa libre de riesgo mercado extranjero.

$T$  = Tiempo de vencimiento de la opción.

$\sigma$  = Volatilidad en el activo subyacente.

**4.2.2. Forward.** El precio del forward se calcula de dos maneras: por diferenciales de tasas (forward sintético) y de acuerdo con expectativas de devaluación. Las variables que afectan el precio de un sintético:

- a) Sensibilidad a la tasa de cambio
- b) Sensibilidad a las tasas de interés
- c) Marcación contra el mercado
- d) Plazo al vencimiento

Para el cálculo de los *forwards* a utilizar, se tomarán valores a mercado obtenidos a través de las curvas de devaluación de los principales bancos comerciales del país. De igual forma, se hará una comparación contra las curvas de devaluación teóricas para comparar los costos que existen entre el cierre de la operación en el mercado OTC y la tasa teórica que se debería obtener para los flujos de entrada por concepto de exportaciones.

**4.2.3. Futuros de TRM.** Este contrato, al igual que el forward, permite pactar una tasa futura de intercambio. Es un contrato estandarizado en el que se debe especificar la tasa de cambio a futuro que se quiere pactar, la cantidad de dólares que se desea cubrir y la fecha futura de vencimiento del contrato.

El tamaño de cada contrato es de 50.000USD, y el plazo máximo de vencimientos que permite negociar son 6 meses. Durante los primeros dos meses hay vencimientos semanales todos los miércoles y en los siguientes cuatro meses hay vencimientos el tercer miércoles de cada mes. (Antolinez, 2011)

## 5. Desarrollo

### 5.1. Proyección de la tasa de cambio.

**5.1.1. Modelación.** La serie de tiempo contiene datos históricos diarios de la TRM desde 01/01/2010 hasta 31/03/2017 y su fuente es el banco de la República de Colombia. Se realizó el respectivo análisis para determinar si la serie era o no estacionaria, ya que para el pronóstico es necesario que la serie sea estacionaria, seguido a eso se realizaron los cambios que necesarios para convertir la serie a estacionaria y se determinó el proceso estocástico que generó la serie para proceder al pronóstico. A continuación se muestra el análisis y la transformación de la serie de tiempo.

El análisis de la gráfica de la serie de datos TRM muestra que tiene tendencia.



Figura 14. *Gráfica serie de datos TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews.

El correlograma por su parte mostró que es una serie no estacionaria, ya que sus coeficientes de correlación (CAS) no convergen rápidamente a 0, no obstante demuestra que no es ruido blanco ya que los CAS rompen la banda, por lo que existe autocorrelación y se puede pronosticar.

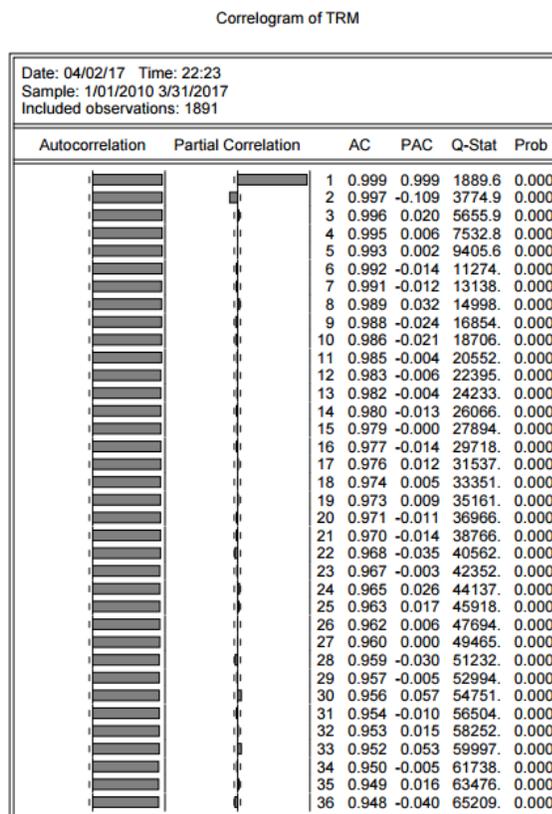


Figura 15. *Correlograma TRM*  
 Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews.

En cuanto al test de raíz unitaria se encontró que con un nivel de significancia del 5% no se rechaza la hipótesis nula de la prueba de Dickey fuller, es decir que la serie tiene raíz unitaria y no es constante en varianza. También se observa que la serie tiene tendencia pero no tiene intercepto.

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on TRM

Null Hypothesis: TRM has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-2.048016	0.5739
Test critical values:	1% level		-3.962910	
	5% level		-3.412190	
	10% level		-3.128019	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(TRM) Method: Least Squares Date: 04/02/17 Time: 22:21 Sample (adjusted): 1/06/2010 3/31/2017 Included observations: 1888 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TRM(-1)	-0.002867	0.001400	-2.048016	0.0407
D(TRM(-1))	0.201308	0.022924	8.781567	0.0000
D(TRM(-2))	-0.085723	0.022941	-3.736569	0.0002
C	3.966113	2.236921	1.773023	0.0764
@TREND("1/01/2010")	0.002897	0.001286	2.253591	0.0243
R-squared	0.044221	Mean dependent var		0.454995
Adjusted R-squared	0.042190	S.D. dependent var		17.96794
S.E. of regression	17.58482	Akaike info criterion		8.574594
Sum squared resid	582272.5	Schwarz criterion		8.589274
Log likelihood	-8089.417	Hannan-Quinn criter.		8.580000
F-statistic	21.78006	Durbin-Watson stat		2.001070
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figura 16. *Test de raíz unitaria-Dickey Fuller TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Las anteriores pruebas llevan a la conclusión de que la serie de tiempo no es estacionaria ni en media ni en varianza, tiene problemas tanto de tendencia como de volatilidad, por lo que es necesario realizar la conversión a serie estacionaria usando diferencias logarítmicas.

Luego de convertir la serie de tiempo TRM usando diferencias logarítmicas, se realizó nuevamente el análisis para verificar si la serie efectivamente es estacionaria.

La gráfica de la serie DLOG TRM , ya no muestra tendencia.

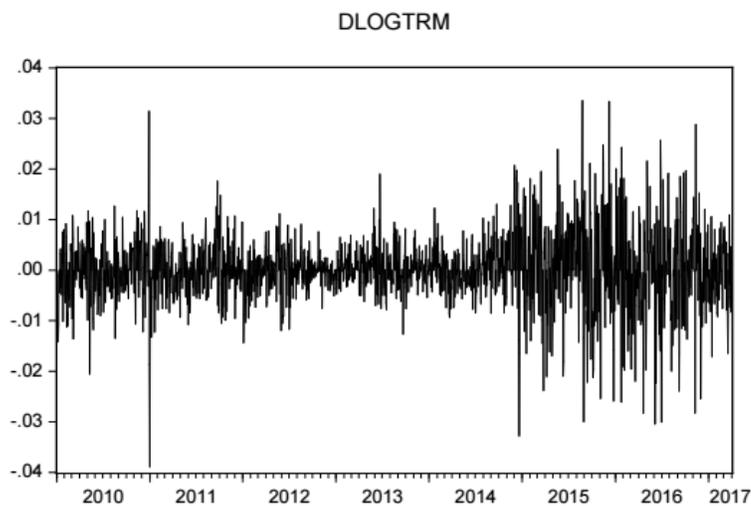


Figura 17. *Gráfica DLOG TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El correlograma muestra que los CAS convergen rápidamente a 0, es decir es estacionaria. También muestra que algunos de sus CAS rompen la banda por lo que no es ruido blanco, existe autocorrelación y se puede pronosticar. (Figura 18)

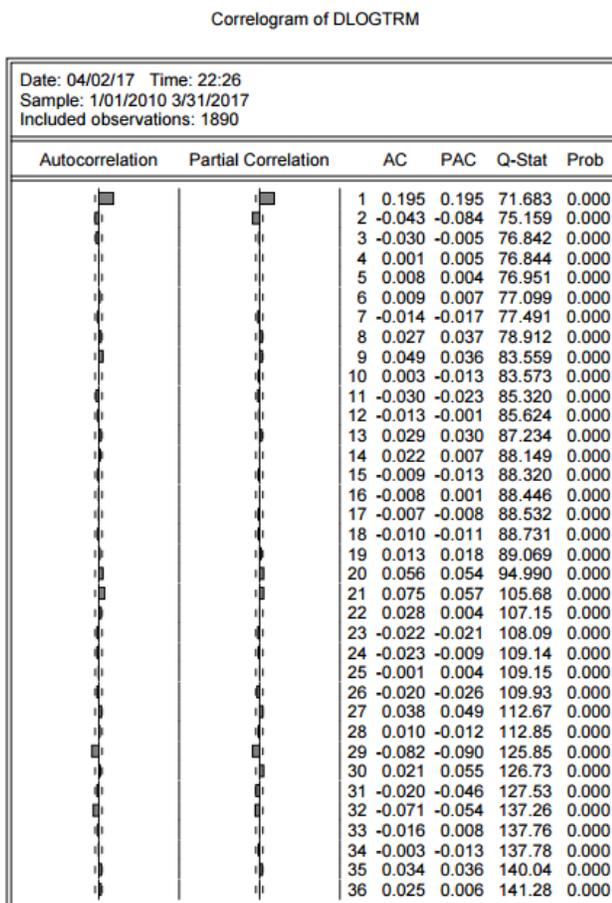


Figura 18. *Correlograma DLOG TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

En cuanto al test de raíz unitaria, se puede ver que a un nivel de significancia del 5% se rechaza la probabilidad nula, es decir no tiene raíz unitaria, es constante en varianza. En cuanto al intercepto y la tendencia no son significativas, por lo que se realiza un segundo test de raíz unitaria excluyéndolas.

## Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DLOGTRM

Null Hypothesis: DLOGTRM has a unit root Exogenous: Constant, Linear Trend Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-30.01107	0.0000
Test critical values:	1% level		-3.962910	
	5% level		-3.412190	
	10% level		-3.128019	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(DLOGTRM) Method: Least Squares Date: 04/02/17 Time: 22:28 Sample (adjusted): 1/06/2010 3/31/2017 Included observations: 1888 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOGTRM(-1)	-0.874535	0.029140	-30.01107	0.0000
D(DLOGTRM(-1))	0.084682	0.022950	3.689934	0.0002
C	-0.000157	0.000308	-0.509523	0.6104
@TREND("1/01/2010")	3.40E-07	2.82E-07	1.205646	0.2281
R-squared	0.407720	Mean dependent var		4.57E-06
Adjusted R-squared	0.406777	S.D. dependent var		0.008663
S.E. of regression	0.006672	Akaike info criterion		-7.179529
Sum squared resid	0.083880	Schwarz criterion		-7.167785
Log likelihood	6781.476	Hannan-Quinn criter.		-7.175204
F-statistic	432.3086	Durbin-Watson stat		2.002391
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figura 19. *Test de raíz unitaria-Dickey Fuller DLOG TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

En el segundo test se corrobora que la serie de tiempo convertida con diferencias logarítmicas excluyendo tendencia e intercepto, no tiene raíz unitaria, ya que continúa rechazando la hipótesis nula.

## Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DLOGTRM

Null Hypothesis: DLOGTRM has a unit root Exogenous: None Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic				
Test critical values:			-29.96308	0.0000
1% level			-2.566187	
5% level			-1.940991	
10% level			-1.616587	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation Dependent Variable: D(DLOGTRM) Method: Least Squares Date: 04/03/17 Time: 20:35 Sample (adjusted): 1/06/2010 3/31/2017 Included observations: 1888 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOGTRM(-1)	-0.871906	0.029099	-29.96308	0.0000
D(DLOGTRM(-1))	0.083338	0.022938	3.633191	0.0003
R-squared	0.406901	Mean dependent var		4.57E-06
Adjusted R-squared	0.406587	S.D. dependent var		0.008663
S.E. of regression	0.006674	Akaike info criterion		-7.180267
Sum squared resid	0.083996	Schwarz criterion		-7.174395
Log likelihood	6780.172	Hannan-Quinn criter.		-7.178105
Durbin-Watson stat	2.002187			

Figura 20. *Test 2 de raíz unitaria-Dickey Fuller DLOG TRM*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Las pruebas anteriormente descritas demuestran que la serie DLOGTRM es una serie estacionaria, por lo que se procede a identificar el proceso estocástico que generó.

Analizando el correlograma que generó la serie de tiempo TRM con diferencias logarítmicas se podría pensar que corresponde a un proceso AR, ya que los coeficientes de autocorrelación simple presentan un decrecimiento exponencial a medida que aumenta el orden del rezago y la columna de coeficientes de autocorrelación parcial muestra que el primer rezago rompe la banda y los demás se alinean inmediatamente alrededor de 0 (Ver Figura 18).

Para el modelo AR se tendrán en cuenta los rezagos 1, 2, 20, 21, 27, 29, 30, 31 y 32, ya que son estos los que rompen la banda observando la columna de autocorrelaciones parciales (FAP). Al realizar el modelo AR usando el método de mínimos cuadrados, se obtiene lo siguiente:

Dependent Variable: DLOG(TRM) Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH) Date: 04/04/17 Time: 21:31 Sample: 1/04/2010 3/31/2017 Included observations: 1890 Convergence achieved after 18 iterations Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000182	0.000180	1.013654	0.3109
AR(1)	0.213605	0.016483	12.95918	0.0000
AR(2)	-0.083373	0.016037	-5.198798	0.0000
AR(20)	0.045617	0.019520	2.336891	0.0195
AR(21)	0.053862	0.018530	2.906709	0.0037
AR(27)	0.040942	0.018671	2.192746	0.0284
AR(29)	-0.099319	0.019596	-5.068381	0.0000
AR(30)	0.062103	0.018737	3.314500	0.0009
AR(31)	-0.036516	0.019170	-1.904815	0.0570
AR(32)	-0.057452	0.018425	-3.118167	0.0018
SIGMASQ	4.34E-05	9.31E-07	46.64005	0.0000
R-squared	0.067944	Mean dependent var		0.000181
Adjusted R-squared	0.062984	S.D. dependent var		0.006826
S.E. of regression	0.006607	Akaike info criterion		-7.195154
Sum squared resid	0.082025	Schwarz criterion		-7.162885
Log likelihood	6810.420	Hannan-Quinn criter.		-7.183272
F-statistic	13.69732	Durbin-Watson stat		2.002802
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.92-.08i	.92+.08i	.90+.28i	.90-.28i
	.80-.46i	.80+.46i	.71+.59i	.71-.59i
	.57-.73i	.57+.73i	.41+.76i	.41-.76i
	.31+.87i	.31-.87i	.11-.93i	.11+.93i
	-.07+.94i	-.07-.94i	-.27-.91i	-.27+.91i
	-.46-.83i	-.46+.83i	-.57	-.61-.71i
	-.61+.71i	-.75-.57i	-.75+.57i	-.84-.39i
	-.84+.39i	-.90+.20i	-.90-.20i	-.91

Figura 21. Modelo AR con mínimos cuadrados. Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se puede ver que a un nivel de significancia del 5% tanto el intercepto como el rezago 31, no tienen significancia, se hace una nueva estimación excluyendo ambos obteniendo el siguiente resultado.

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)				
Date: 04/04/17 Time: 21:37				
Sample: 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1890				
Convergence achieved after 19 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.211818	0.016469	12.86127	0.0000
AR(2)	-0.079230	0.015907	-4.980912	0.0000
AR(20)	0.047133	0.019595	2.405343	0.0163
AR(21)	0.054246	0.018408	2.946852	0.0032
AR(27)	0.041469	0.018682	2.219725	0.0266
AR(29)	-0.095990	0.019366	-4.956597	0.0000
AR(30)	0.054686	0.017706	3.088479	0.0020
AR(32)	-0.064081	0.018105	-3.539522	0.0004
SIGMASQ	4.35E-05	9.26E-07	46.94486	0.0000
R-squared	0.066244	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.062272	S.D. dependent var	0.006826	
S.E. of regression	0.006610	Akaike info criterion	-7.195468	
Sum squared resid	0.082175	Schwarz criterion	-7.169067	
Log likelihood	6808.718	Hannan-Quinn criter.	-7.185747	
Durbin-Watson stat	1.998493			
Inverted AR Roots	.91+.07i	.91-.07i	.90-.28i	.90+.28i
	.80+.45i	.80-.45i	.71+.57i	.71-.57i
	.56-.72i	.56+.72i	.44-.74i	.44+.74i
	.32+.88i	.32-.88i	.12+.93i	.12-.93i
	-.06+.94i	-.06-.94i	-.26+.92i	-.26-.92i
	-.45-.84i	-.45+.84i	-.61+.72i	-.61-.72i
	-.74-.57i	-.74+.57i	-.77	-.83-.40i
	-.83+.40i	-.87	-.87+.21i	-.87-.21i

Figura 22. *Modelo AR 2 con mínimos cuadrados.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se determina que el modelo es significativo por lo que se procede a realizar las pruebas de validación.

La primera prueba es verificar si los errores del modelo son ruido blanco. El correlograma de residuos indica que los errores son ruido blanco, a un nivel de significancia del 5%, no se rechaza la hipótesis nula (los errores son ruido blanco), ya que la mayor parte de las probabilidades son mayores a 5%. (Figura 23)

Correlogram of Residuals

Date: 04/04/17 Time: 21:43 Sample: 1/01/2010 3/31/2017 Included observations: 1890 Q-statistic probabilities adjusted for 8 ARMA terms					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.000	0.000	0.0001
		2	-0.000	-0.000	0.0005
		3	-0.012	-0.012	0.2848
		4	0.011	0.011	0.5250
		5	0.003	0.003	0.5479
		6	0.011	0.011	0.7849
		7	-0.020	-0.020	1.5473
		8	0.026	0.026	2.8732
		9	0.042	0.042	6.2275 0.013
		10	0.002	0.001	6.2322 0.044
		11	-0.017	-0.016	6.7774 0.079
		12	-0.013	-0.013	7.1146 0.130
		13	0.020	0.020	7.9084 0.161
		14	0.016	0.014	8.3952 0.211
		15	-0.010	-0.010	8.5936 0.283
		16	-0.005	-0.003	8.6423 0.373
		17	-0.005	-0.007	8.6882 0.467
		18	-0.012	-0.015	8.9661 0.535
		19	0.007	0.007	9.0713 0.615
		20	0.004	0.007	9.1078 0.694
		21	0.001	0.001	9.1088 0.765
		22	0.005	0.003	9.1638 0.820
		23	-0.016	-0.017	9.6285 0.842
		24	-0.018	-0.016	10.227 0.854
		25	0.014	0.015	10.586 0.877
		26	-0.030	-0.029	12.292 0.832
		27	-0.002	-0.002	12.301 0.872
		28	0.014	0.014	12.687 0.890
		29	-0.007	-0.008	12.784 0.916
		30	0.005	0.005	12.833 0.938
		31	-0.029	-0.028	14.423 0.914
		32	-0.004	-0.001	14.462 0.936
		33	0.017	0.017	15.045 0.940
		34	-0.011	-0.013	15.284 0.952
		35	0.032	0.035	17.293 0.924
		36	0.012	0.012	17.562 0.937

Figura 23. *Correlograma de residuos AR.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

La segunda validación que se realiza es verificar que las raíces del polinomio característico estén dentro del círculo unitario, se observa que el modelo es válido ya que todos los puntos están dentro del círculo y los valores que hay en la columna modulus de la figura 24 son menores a 1.

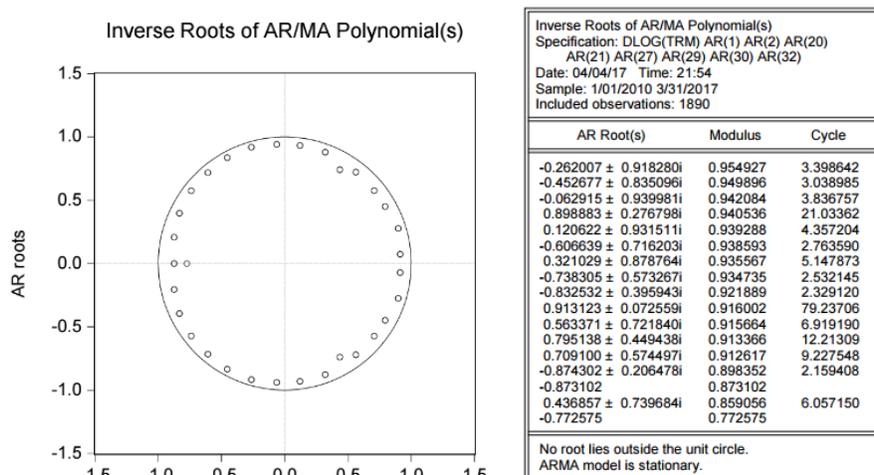


Figura 24. Raíces del polinomio AR.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

La siguiente validación que se hace es verificar si la varianza del error del modelo estimado es constante o no, es decir si tiene efecto ARCH, en caso de que tenga efecto ARCH se debe modelar la varianza.

El correlograma de residuos cuadrados arroja probabilidades pequeñas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (No tiene efecto ARCH), es decir que tiene efecto ARCH y la varianza no es constante. (Figura 25)

Correlogram of Residuals Squared

Date: 04/04/17 Time: 22:00 Sample: 1/01/2010 3/31/2017 Included observations: 1890						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
█	█	1	0.197	0.197	73.510	0.000
█	█	2	0.200	0.167	148.92	0.000
█	█	3	0.168	0.110	202.56	0.000
█	█	4	0.127	0.056	233.21	0.000
█	█	5	0.107	0.038	255.08	0.000
█	█	6	0.093	0.029	271.37	0.000
█	█	7	0.165	0.115	323.24	0.000
█	█	8	0.093	0.018	339.52	0.000
█	█	9	0.124	0.053	368.65	0.000
█	█	10	0.096	0.020	386.23	0.000
█	█	11	0.118	0.050	412.51	0.000
█	█	12	0.116	0.047	438.34	0.000
█	█	13	0.176	0.111	497.36	0.000
█	█	14	0.142	0.046	535.98	0.000
█	█	15	0.157	0.065	583.07	0.000
█	█	16	0.146	0.042	624.02	0.000
█	█	17	0.088	-0.015	638.71	0.000
█	█	18	0.117	0.028	664.74	0.000
█	█	19	0.089	0.006	679.78	0.000
█	█	20	0.071	-0.020	689.52	0.000
█	█	21	0.133	0.067	723.29	0.000
█	█	22	0.112	0.025	747.47	0.000
█	█	23	0.112	0.024	771.45	0.000
█	█	24	0.103	0.016	791.77	0.000
█	█	25	0.082	-0.013	804.69	0.000
█	█	26	0.090	0.005	820.29	0.000
█	█	27	0.084	0.007	833.95	0.000
█	█	28	0.113	0.026	858.45	0.000
█	█	29	0.086	-0.002	872.74	0.000
█	█	30	0.124	0.045	902.11	0.000
█	█	31	0.119	0.033	929.16	0.000
█	█	32	0.121	0.040	957.31	0.000
█	█	33	0.104	0.017	977.98	0.000
█	█	34	0.138	0.049	1014.5	0.000
█	█	35	0.124	0.029	1044.2	0.000
█	█	36	0.088	-0.012	1059.2	0.000

Figura 25. *Correlograma de residuos cuadrados AR.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El test de heteroscedasticidad corrobora que hay efecto ARCH, a un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula (no tiene efecto ARCH), por lo que su varianza es constante. (Figura 26)

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	40.80407	Prob. F(4,1881)	0.0000	
Obs*R-squared	150.5838	Prob. Chi-Square(4)	0.0000	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 04/04/17 Time: 22:07				
Sample (adjusted): 1/08/2010 3/31/2017				
Included observations: 1886 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.44E-05	2.65E-06	9.203682	0.0000
RESID^2(-1)	0.139390	0.023022	6.054512	0.0000
RESID^2(-2)	0.141103	0.023123	6.102187	0.0000
RESID^2(-3)	0.101726	0.023121	4.399659	0.0000
RESID^2(-4)	0.055522	0.023013	2.412674	0.0159
R-squared	0.079843	Mean dependent var	4.34E-05	
Adjusted R-squared	0.077886	S.D. dependent var	9.77E-05	
S.E. of regression	9.38E-05	Akaike info criterion	-15.70847	
Sum squared resid	1.65E-05	Schwarz criterion	-15.69377	
Log likelihood	14818.09	Hannan-Quinn criter.	-15.70306	
F-statistic	40.80407	Durbin-Watson stat	2.003740	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figura 26. *Test de heterocedasticidad AR.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Debido a que el modelo tiene efecto ARCH, se debe cambiar el método de estimación a método ARCH, el nuevo modelo arroja que AR(2) y AR(27) no son significativos.

(Figura 27)

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/04/17 Time: 22:14				
Sample (adjusted): 2/17/2010 3/31/2017				
Included observations: 1858 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 177 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(9) + C(10)*RESID(-1)^2 + C(11)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	0.198417	0.026601	7.458981	0.0000
AR(2)	-0.041872	0.024883	-1.682733	0.0924
AR(20)	0.045564	0.021699	2.099797	0.0357
AR(21)	0.059801	0.021177	2.823866	0.0047
AR(27)	0.035362	0.020875	1.693968	0.0903
AR(29)	-0.065413	0.020136	-3.248537	0.0012
AR(30)	0.049648	0.020353	2.439388	0.0147
AR(32)	-0.069167	0.020857	-3.316299	0.0009
Variance Equation				
C	1.18E-05	1.93E-06	6.135497	0.0000
RESID(-1)^2	0.149981	0.021320	7.034770	0.0000
GARCH(-1)	0.599981	0.049257	12.18073	0.0000
R-squared	0.062363	Mean dependent var		0.000214
Adjusted R-squared	0.058815	S.D. dependent var		0.006830
S.E. of regression	0.006626	Akaike info criterion		-7.346468
Sum squared resid	0.081222	Schwarz criterion		-7.313745
Log likelihood	6835.869	Hannan-Quinn criter.		-7.334408
Durbin-Watson stat	1.978801			
Inverted AR Roots	.91-.07i	.91+.07i	.90-.27i	.90+.27i
	.80-.44i	.80+.44i	.72-.57i	.72+.57i
	.58-.72i	.58+.72i	.43-.77i	.43+.77i
	.31-.88i	.31+.88i	.11+.93i	.11-.93i
	-.07+.93i	-.07-.93i	-.26-.91i	-.26+.91i
	-.45-.83i	-.45+.83i	-.60-.71i	-.60+.71i
	-.73+.57i	-.73-.57i	-.82-.40i	-.82+.40i
	-.86-.22i	-.86+.22i	-.86+.07i	-.86-.07i

Figura 27. Modelo AR método de estimación ARCH.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se hace una nueva estimación excluyendo AR(2) y AR(27) y el nuevo modelo arroja que AR(20), AR(21), AR(29), AR(30) y AR(32), ya no son significativas. (Figura 28).

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/04/17 Time: 22:24				
Sample (adjusted): 2/17/2010 3/31/2017				
Included observations: 1858 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 38 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(7) + C(8)*RESID(-1)^2 + C(9)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	0.193754	0.045932	4.218283	0.0000
AR(20)	0.050400	0.043275	1.164651	0.2442
AR(21)	0.055474	0.041442	1.338571	0.1807
AR(29)	-0.079339	0.041438	-1.914637	0.0555
AR(30)	0.050491	0.040276	1.253632	0.2100
AR(32)	-0.069794	0.040181	-1.736993	0.0824
Variance Equation				
C	2.95E-05	1.16E-05	2.547275	0.0109
RESID(-1)^2	0.149999	0.054152	2.769944	0.0056
GARCH(-1)	0.599999	0.143944	4.168293	0.0000
R-squared	0.056740	Mean dependent var	0.000214	
Adjusted R-squared	0.054194	S.D. dependent var	0.006830	
S.E. of regression	0.006642	Akaike info criterion	-7.043310	
Sum squared resid	0.081709	Schwarz criterion	-7.016536	
Log likelihood	6552.235	Hannan-Quinn criter.	-7.033442	
Durbin-Watson stat	1.969188			
Inverted AR Roots				
	.92-.08i	.92+.08i	.90-.28i	.90+.28i
	.79-.45i	.79+.45i	.71-.56i	.71+.56i
	.58+.71i	.58-.71i	.45-.77i	.45+.77i
	.31+.88i	.31-.88i	.11-.93i	.11+.93i
	-.07-.93i	-.07+.93i	-.26-.91i	-.26+.91i
	-.45-.83i	-.45+.83i	-.60+.72i	-.60-.72i
	-.74-.58i	-.74+.58i	-.80	-.83-.40i
	-.83+.40i	-.88	-.88+.21i	-.88-.21i

Figura 28. Modelo AR 2 método de estimación ARCH. Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se realiza la estimación solo con AR(1) y se obtiene que todo un modelo significativo (Figura 29).

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/04/17 Time: 22:38				
Sample (adjusted): 1/05/2010 3/31/2017				
Included observations: 1889 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 25 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	0.183147	0.036962	4.954950	0.0000
Variance Equation				
C	3.03E-05	8.56E-06	3.541382	0.0004
RESID(-1)^2	0.149970	0.038609	3.884282	0.0001
GARCH(-1)	0.487049	0.127668	3.814963	0.0001
R-squared	0.037269	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.037269	S.D. dependent var	0.006827	
S.E. of regression	0.006699	Akaike info criterion	-7.146997	
Sum squared resid	0.084725	Schwarz criterion	-7.135258	
Log likelihood	6754.339	Hannan-Quinn criter.	-7.142674	
Durbin-Watson stat	1.943839			
Inverted AR Roots				
	.18			

Figura 29. Modelo AR 3 método de estimación ARCH. Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se procede a realizar nuevamente la validación de ruido blanco y ARCH.

Según el correlograma de residuos, los errores del modelo son ruido blanco (Figura 30).

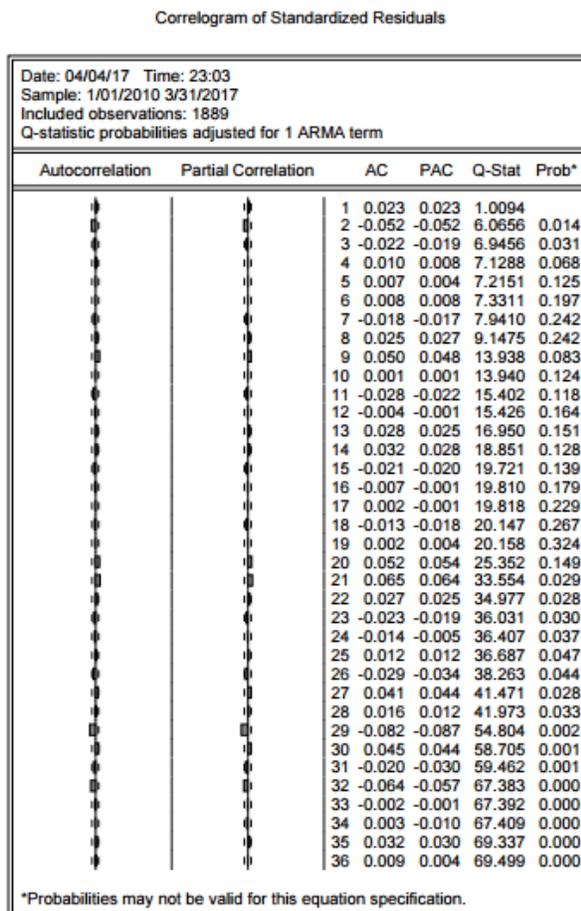


Figura 30. *Correlograma de residuos AR 3 estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Las probabilidades del correlograma de residuos cuadrados, demuestran que hay efecto ARCH. (Figura 31)

Correlogram of Standardized Residuals Squared

Date: 04/04/17 Time: 23:06 Sample: 1/01/2010 3/31/2017 Included observations: 1889						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	0.067	0.067	8.6025	0.003
		2	0.120	0.116	35.919	0.000
		3	0.096	0.082	53.244	0.000
		4	0.101	0.079	72.596	0.000
		5	0.085	0.058	86.278	0.000
		6	0.072	0.040	95.992	0.000
		7	0.178	0.150	156.40	0.000
		8	0.084	0.045	169.70	0.000
		9	0.117	0.067	195.75	0.000
		10	0.084	0.035	209.17	0.000
		11	0.104	0.050	229.68	0.000
		12	0.099	0.048	248.19	0.000
		13	0.144	0.096	287.75	0.000
		14	0.121	0.056	315.44	0.000
		15	0.157	0.099	362.15	0.000
		16	0.123	0.055	390.92	0.000
		17	0.100	0.030	409.93	0.000
		18	0.110	0.038	432.92	0.000
		19	0.068	-0.004	441.80	0.000
		20	0.079	-0.005	453.74	0.000
		21	0.142	0.076	492.22	0.000
		22	0.112	0.031	516.26	0.000
		23	0.117	0.040	542.37	0.000
		24	0.103	0.025	562.52	0.000
		25	0.077	-0.008	574.01	0.000
		26	0.085	0.007	587.72	0.000
		27	0.075	-0.001	598.55	0.000
		28	0.101	0.009	617.96	0.000
		29	0.089	0.007	633.22	0.000
		30	0.132	0.047	666.50	0.000
		31	0.109	0.029	689.38	0.000
		32	0.108	0.034	711.85	0.000
		33	0.110	0.035	735.23	0.000
		34	0.126	0.052	765.95	0.000
		35	0.089	0.009	781.13	0.000
		36	0.087	-0.002	795.65	0.000

\*Probabilities may not be valid for this equation specification.

Figura 31. *Correlograma de residuos cuadrados AR 3 estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El test de heteroscedasticidad corrobora que tiene efecto ARCH, probabilidad pequeña a un nivel de significancia del 5% rechaza la hipótesis nula, por lo que tiene efecto ARCH (Figura 32).

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	15.80059	Prob. F(3,1882)	0.0000	
Obs*R-squared	46.33546	Prob. Chi-Square(3)	0.0000	
Test Equation:				
Dependent Variable: WGT_RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 04/04/17 Time: 23:10				
Sample (adjusted): 1/08/2010 3/31/2017				
Included observations: 1886 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.433162	0.035052	12.35784	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	0.049726	0.022974	2.164423	0.0306
WGT_RESID^2(-2)	0.111243	0.022857	4.867028	0.0000
WGT_RESID^2(-3)	0.082176	0.022968	3.577798	0.0004
R-squared	0.024568	Mean dependent var	0.572608	
Adjusted R-squared	0.023013	S.D. dependent var	1.236017	
S.E. of regression	1.221712	Akaike info criterion	3.240502	
Sum squared resid	2809.036	Schwarz criterion	3.252257	
Log likelihood	-3051.794	Hannan-Quinn criter.	3.244831	
F-statistic	15.80059	Durbin-Watson stat	2.012762	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figura 32. *Test heterocedasticidad AR 3 estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se realiza cambio en la estimación del modelo, ARCH 2 y GARCH 0 y se obtiene un modelo significativo. (Figura 33)

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/04/17 Time: 23:16				
Sample (adjusted): 1/05/2010 3/31/2017				
Included observations: 1889 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 17 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-2)^2				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	0.183142	0.023707	7.725268	0.0000
Variance Equation				
C	3.26E-05	1.13E-06	28.76842	0.0000
RESID(-1)^2	0.149993	0.022991	6.524048	0.0000
RESID(-2)^2	0.156876	0.024241	6.471405	0.0000
R-squared	0.037269	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.037269	S.D. dependent var	0.006827	
S.E. of regression	0.006699	Akaike info criterion	-7.290647	
Sum squared resid	0.084725	Schwarz criterion	-7.278907	
Log likelihood	6890.016	Hannan-Quinn criter.	-7.286324	
Durbin-Watson stat	1.943830			
Inverted AR Roots	.18			

Figura 33. *AR estimación ARCH 2 y GARCH 0.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se procede a realizar la respectiva validación nuevamente, al analizar el correlograma de residuos, se obtiene que los errores del modelo son ruido blanco (Figura 34).

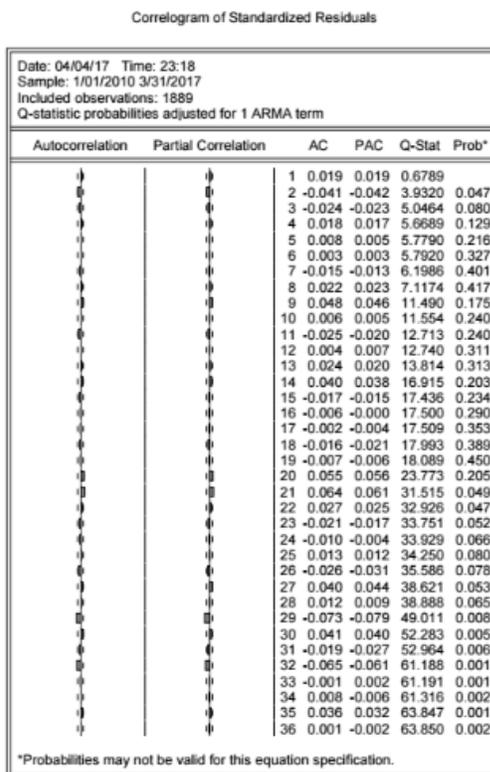


Figura 34. Correlograma de residuos AR estimación ARCH 2 y GARCH 0. Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Al realizar la validación de efecto ARCH por test de heterocedasticidad, se obtuvo que no se rechazaba la hipótesis nula, es decir que no tenía efecto ARCH, el modelo AR quedó contemplado de la siguiente manera:  $\text{dlog}(\text{trm}) \text{ar}(1)$  con una estimación ARCH 2 y GARCH 0.

No obstante, al observar la figura 18, también se puede pensar que la serie de tiempo tiene un proceso estocástico MA, ya que los coeficientes de autocorrelación parcial

presentan un decrecimiento exponencial a medida que aumenta el orden del rezago y el primer coeficiente de autocorrelación simple rompe la banda y los demás se alinean a 0. (Ver Figura 18)

En el correlograma se observa que los rezagos donde el coeficiente de autoregresión simple rompe la banda son: 1,2,9,20,21,29 y 32, por lo que se estima el modelo MA:  $dlog(trm) c ma(1) ma(2) ma(9) ma(20) ma(21) ma(29) ma(32)$  (Ver Figura 18)

Al realizar el modelo MA usando el método de mínimos cuadrados, obtenemos lo siguiente.

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)				
Date: 04/07/17 Time: 18:26				
Sample: 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1890				
Convergence achieved after 19 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000182	0.000181	1.004960	0.3150
MA(1)	0.208477	0.016708	12.47732	0.0000
MA(2)	-0.026980	0.017329	-1.556925	0.1197
MA(9)	0.039412	0.017717	2.224580	0.0262
MA(20)	0.056736	0.020149	2.815781	0.0049
MA(21)	0.074320	0.017667	4.206684	0.0000
MA(29)	-0.105031	0.019461	-5.396927	0.0000
MA(32)	-0.070992	0.018125	-3.916705	0.0001
SIGMASQ	4.35E-05	9.32E-07	46.66030	0.0000
R-squared	0.066518	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.062548	S.D. dependent var	0.006826	
S.E. of regression	0.006609	Akaike info criterion	-7.195744	
Sum squared resid	0.082151	Schwarz criterion	-7.169342	
Log likelihood	6808.978	Hannan-Quinn criter.	-7.186022	
F-statistic	16.75463	Durbin-Watson stat	1.995293	
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted MA Roots	.93-.19i	.93+.19i	.92	.86+.39i
	.86-.39i	.73+.53i	.73-.53i	.63-.66i
	.63+.66i	.42-.80i	.42+.80i	.40-.73i
	.40+.73i	.20-.90i	.20+.90i	.01-.92i
	.01+.92i	-.17+.93i	-.17-.93i	-.37-.88i
	-.37+.88i	-.53-.77i	-.53+.77i	-.68-.66i
	-.68+.66i	-.80+.50i	-.80-.50i	-.87
	-.87+.31i	-.87-.31i	-.89+.13i	-.89-.13i

Figura 35. Modelo MA usando mínimos cuadrados. Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se observa que ni la constante ni el rezago 2 son significantes, por lo que se excluyen del modelo y se comprueba que las variables que quedaron son significantes para el modelo (Figura 36).

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)				
Date: 04/07/17 Time: 18:31				
Sample: 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1890				
Convergence achieved after 23 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	0.216099	0.015849	13.63496	0.0000
MA(9)	0.040890	0.017623	2.320298	0.0204
MA(20)	0.056090	0.020147	2.784057	0.0054
MA(21)	0.074703	0.017643	4.234032	0.0000
MA(29)	-0.105769	0.019395	-5.453530	0.0000
MA(32)	-0.069412	0.017888	-3.880356	0.0001
SIGMASQ	4.35E-05	9.26E-07	46.98898	0.0000
R-squared	0.065349	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.062371	S.D. dependent var	0.006826	
S.E. of regression	0.006609	Akaike info criterion	-7.196607	
Sum squared resid	0.082254	Schwarz criterion	-7.176072	
Log likelihood	6807.793	Hannan-Quinn criter.	-7.189045	
Durbin-Watson stat	2.007777			
Inverted MA Roots	.92-.19i	.92+.19i	.92	.86+.39i
	.86-.39i	.73+.53i	.73-.53i	.63+.66i
	.63-.66i	.42+.80i	.42-.80i	.40+.72i
	.40-.72i	.20+.90i	.20-.90i	.01+.92i
	.01-.92i	-.17+.93i	-.17-.93i	-.37+.88i
	-.37-.88i	-.53+.77i	-.53-.77i	-.68+.66i
	-.68-.66i	-.80+.50i	-.80-.50i	-.87
	-.87+.31i	-.87-.31i	-.89+.13i	-.89-.13i

Figura 36. *Modelo MA 2 usando mínimos cuadrados.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Ahora se procede a realizar la validación del modelo. La primera prueba de validación es verificar si los errores del modelo son ruido blanco, el correlograma de residuos indica que los errores son ruido blanco, ya que la mayor parte de las probabilidades son mayores a 5%, entonces no se rechaza la hipótesis (Figura 37).

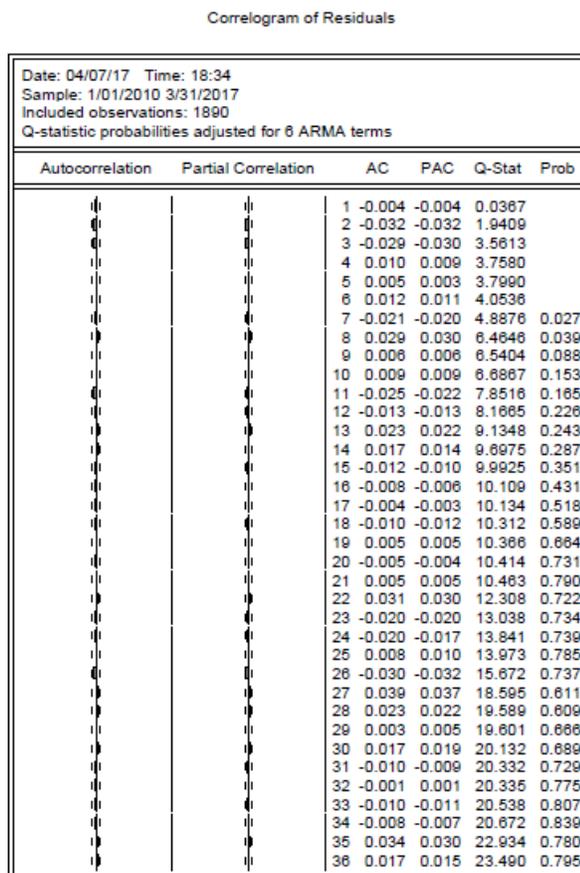


Figura 37. *Correlograma de residuos MA.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

La segunda validación que se realiza es verificar que las raíces del polinomio característico estén dentro del círculo unitario, se observa que el modelo es válido ya que los todos los valores que hay en la columna modulus son menores a 1 (Figura 38).

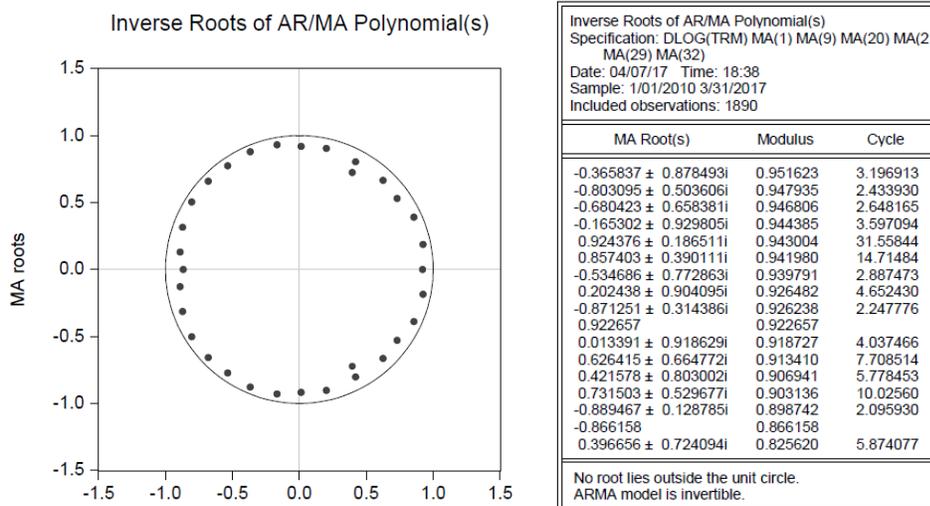


Figura 38. Raíces del polinomio MA.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

La siguiente validación que se hace es verificar si la varianza del error del modelo estimado es constante o no, es decir si tiene efecto ARCH, en caso de que tenga efecto ARCH se debe modelar la varianza.

El correlograma de residuos cuadrados arroja probabilidades pequeñas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (No tiene efecto ARCH), es decir que tiene efecto ARCH y la varianza no es constante (Figura 39)

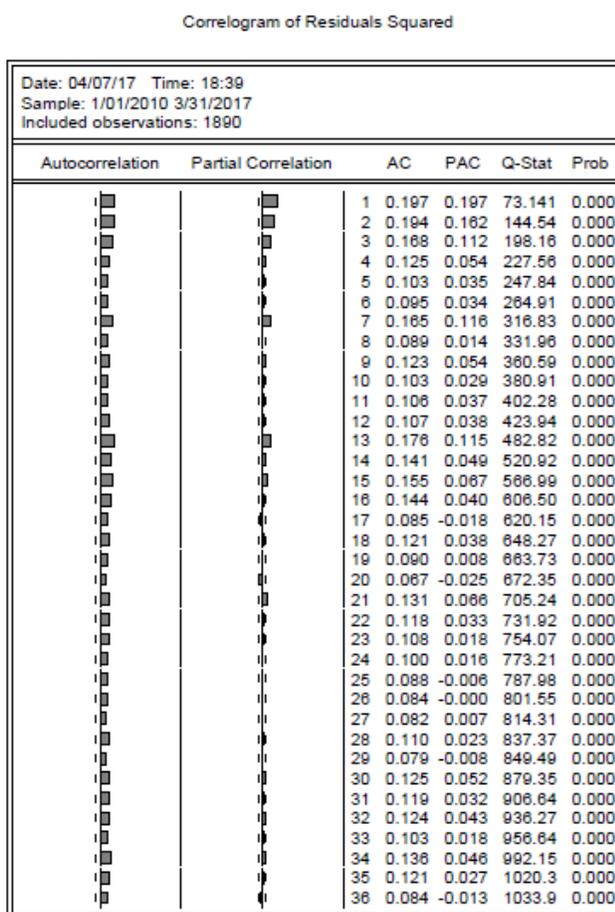


Figura 39. Raíces del polinomio MA.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El test de heteroscedasticidad corrobora que hay efecto ARCH, ya que su probabilidad es pequeña, por lo que rechaza la hipótesis (Figura 40).

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	39.89932	Prob. F(4,1881)	0.0000	
Obs*R-squared	147.5060	Prob. Chi-Square(4)	0.0000	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 04/07/17 Time: 18:44				
Sample (adjusted): 1/08/2010 3/31/2017				
Included observations: 1886 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.45E-05	2.67E-06	9.198677	0.0000
RESID^2(-1)	0.140455	0.023024	6.100338	0.0000
RESID^2(-2)	0.135846	0.023124	5.874700	0.0000
RESID^2(-3)	0.103613	0.023122	4.481089	0.0000
RESID^2(-4)	0.054201	0.023015	2.355045	0.0186
R-squared	0.078211	Mean dependent var	4.34E-05	
Adjusted R-squared	0.076251	S.D. dependent var	9.86E-05	
S.E. of regression	9.47E-05	Akaike info criterion	-15.68807	
Sum squared resid	1.69E-05	Schwarz criterion	-15.67338	
Log likelihood	14798.85	Hannan-Quinn criter.	-15.68266	
F-statistic	39.89932	Durbin-Watson stat	2.003440	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Figura 40. *Test heterocedasticidad MA.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Debido a que el modelo tiene efecto ARCH, se cambia el método de estimación a método ARCH (Figura 41).

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/07/17 Time: 18:45				
Sample (adjusted): 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1890 after adjustments				
Convergence achieved after 40 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
MA Backcast: 11/19/2009 1/01/2010				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(7) + C(8)*RESID(-1)^2 + C(9)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MA(1)	0.191892	0.022892	8.382662	0.0000
MA(9)	0.057375	0.023420	2.449844	0.0143
MA(20)	0.037447	0.024200	1.547415	0.1218
MA(21)	0.037748	0.022702	1.662742	0.0984
MA(29)	-0.040352	0.022091	-1.826614	0.0678
MA(32)	-0.035915	0.021452	-1.674247	0.0941
Variance Equation				
C	1.96E-07	5.94E-08	3.307156	0.0009
RESID(-1)^2	0.072045	0.007184	10.02831	0.0000
GARCH(-1)	0.925874	0.006664	138.9130	0.0000
R-squared	0.058364	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.055865	S.D. dependent var	0.006826	
S.E. of regression	0.006632	Akaike info criterion	-7.517698	
Sum squared resid	0.082888	Schwarz criterion	-7.491297	
Log likelihood	7113.225	Hannan-Quinn criter.	-7.507976	
Durbin-Watson stat	1.965865			
Inverted MA Roots	.90-.18i	.90+.18i	.90	.84-.38i
	.84+.38i	.72-.51i	.72+.51i	.62+.85i
	.62-.85i	.44-.74i	.44+.74i	.37+.78i
	.37-.78i	.19+.88i	.19-.88i	.01-.90i
	.01+.90i	-.16-.91i	-.16+.91i	-.36-.85i
	-.36+.85i	-.52-.75i	-.52+.75i	-.66+.84i
	-.66+.84i	-.78-.49i	-.78+.49i	-.84+.32i
	-.84+.32i	-.87+.15i	-.87-.15i	-.88

Figura 41. *Modelo MA con método de estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

La nueva estimación arroja que MA(20), MA(21), MA(29) y MA(32) no son significativos, por lo que se excluyen (Figura 42).

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/07/17 Time: 18:48				
Sample (adjusted): 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1990 after adjustments				
Convergence achieved after 38 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
MA Backcast: 12/22/2009 1/01/2010				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
MA(1)	0.195294	0.022900	8.528199	0.0000
MA(9)	0.053923	0.023521	2.292519	0.0219
Variance Equation				
C	1.86E-07	5.79E-08	3.225873	0.0013
RESID(-1)^2	0.071245	0.007093	10.04509	0.0000
GARCH(-1)	0.926766	0.008602	140.3704	0.0000
R-squared	0.043702	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.043196	S.D. dependent var	0.006828	
S.E. of regression	0.008676	Akaike info criterion	-7.516406	
Sum squared resid	0.084159	Schwarz criterion	-7.501738	
Log likelihood	7108.004	Hannan-Quinn criter.	-7.511005	
Durbin-Watson stat	1.971166			
Inverted MA Roots				
	.66+.25i	.66-.25i	.34+.62i	.34-.62i
	-1.15-.71i	-1.15+.71i	-.58-.46i	-.58+.46i
	-.75			

Figura 42. *Modelo MA 2 con método de estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El modelo arroja que las variables MA(1) y MA(9) son significativas por lo que se procede a realizar el proceso de validación.

Según el correlograma de residuos, los errores del modelo son ruido blanco (Figura 43).

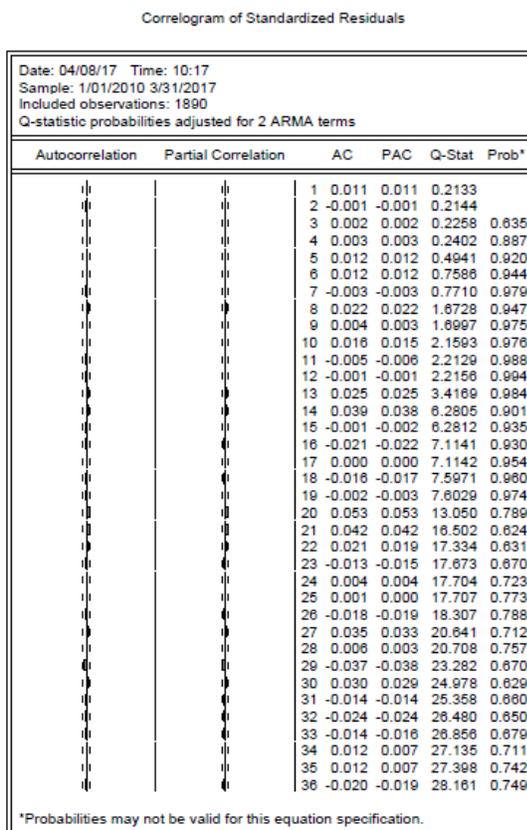


Figura 43. *Correlograma de residuos MA 2 estimación ARCH.*  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Las probabilidades del correlograma de residuos cuadrados, demuestran que ya no hay efecto ARCH, ya que son grandes por lo que no rechazo la hipótesis nula, es decir no tiene efecto ARCH (Figura 44).

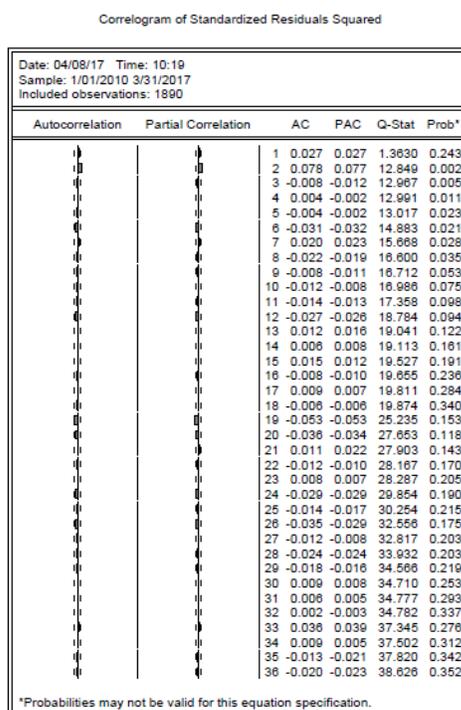


Figura 44. Correlograma de residuos cuadrados MA 2 estimación ARCH.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El test de heteroscedasticidad corrobora que no tiene efecto ARCH, probabilidad grande a un nivel de significancia del 5% no rechaza la hipótesis nula, por lo que no tiene efecto ARCH (Figura 45).

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	1.360051	Prob. F(1,1887)	0.2437	
Obs*R-squared	1.360512	Prob. Chi-Square(1)	0.2434	
Test Equation:				
Dependent Variable: WGT RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 04/08/17 Time: 10:21				
Sample (adjusted): 1/05/2010 3/31/2017				
Included observations: 1889 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.972455	0.047561	20.44643	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	0.026837	0.023012	1.166212	0.2437
R-squared	0.000720	Mean dependent var	0.999272	
Adjusted R-squared	0.000191	S.D. dependent var	1.809647	
S.E. of regression	1.809475	Akaike info criterion	4.025009	
Sum squared resid	6178.414	Schwarz criterion	4.030878	
Log likelihood	-3799.621	Hannan-Quinn criter.	4.027170	
F-statistic	1.360051	Durbin-Watson stat	2.003188	
Prob(F-statistic)	0.243676			

Figura 45. Test heterocedasticidad MA 2 estimación ARCH.  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

El modelo MA quedó contemplado de la siguiente manera  $dlog(trm) MA(1) MA(9)$  con método de estimación ARCH.

Dependent Variable: DLOG(TRM)					Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: ML - ARCH					Method: ML ARCH - Normal distribution (OPG - BHHH / Marquardt steps)				
Date: 04/04/17 Time: 23:28					Date: 04/08/17 Time: 10:33				
Sample (adjusted): 1/05/2010 3/31/2017					Sample (adjusted): 1/04/2010 3/31/2017				
Included observations: 1889 after adjustments					Included observations: 1890 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 17 iterations					Convergence achieved after 38 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients					Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)					MA Backcast: 12/22/2009 1/01/2010				
GARCH = C(2) + C(3)*RESID(-1)^2 + C(4)*RESID(-2)^2					Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
					GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.	Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
AR(1)	0.183142	0.023707	7.725268	0.0000	MA(1)	0.195294	0.022900	8.528199	0.0000
					MA(9)	0.053923	0.023521	2.292519	0.0219
Variance Equation					Variance Equation				
C	3.26E-05	1.13E-06	28.76842	0.0000	C	1.86E-07	5.78E-08	3.225873	0.0013
RESID(-1)^2	0.149993	0.022991	6.524048	0.0000	RESID(-1)^2	0.071245	0.007093	10.04509	0.0000
RESID(-2)^2	0.156876	0.024241	6.471405	0.0000	GARCH(-1)	0.926766	0.006602	140.3704	0.0000
R-squared	0.037269	Mean dependent var	0.000181		R-squared	0.043702	Mean dependent var	0.000181	
Adjusted R-squared	0.037269	S.D. dependent var	0.006827		Adjusted R-squared	0.043196	S.D. dependent var	0.006826	
S.E. of regression	0.006699	Akaike info criterion	-7.290647		S.E. of regression	0.006676	Akaike info criterion	-7.516406	
Sum squared resid	0.084725	Schwarz criterion	-7.278907		Sum squared resid	0.084159	Schwarz criterion	-7.501738	
Log likelihood	6890.016	Hannan-Quinn criter.	-7.286324		Log likelihood	7108.004	Hannan-Quinn criter.	-7.511005	
Durbin-Watson stat	1.943830				Durbin-Watson stat	1.971166			

Figura 46. Modelo AR y MA  
Obtenido de la ejecución del modelo en Eviews

Se comparó el criterio *arkaike* de ambos modelos. El menor *arkaike* lo obtuvo el modelo MA (Figura 46), por lo que fue éste el que se escogió para realizar el pronóstico. No obstante, el pronóstico de la variable TRM a través del modelo MA solo fue coherente hasta el octavo dato proyectado, mostrando del noveno dato en adelante un valor constante. Se determina que el modelo MA a pesar de ser un modelo de pronóstico **no logra realizar la proyección a largo plazo de la variable, por lo que se decidió optar por un análisis fundamental y técnico de la TRM, analizando el mercado y uso de estudios económicos.**

**5.1.2. Análisis Técnico.** Las monedas de cada país se comportan con base en innumerables variables que afectan la oferta y la demanda de la misma por diferentes situaciones políticas, sociales y económicas de un territorio. El rol del Banco Central, los flujos y movimientos internacionales de capitales, el comportamiento de la balanza comercial, expectativas de inflación y crecimiento económico, precios de las materias primas y ambiente político, son algunas de las variables principales que afectan el tipo de cambio. Los efectos principales de estas variables se explicarán durante la proyección de tasa de cambio según el análisis fundamental; sin embargo, en esta parte nos concentraremos en analizar técnicamente el comportamiento de la moneda colombiana con el fin de determinar los posibles movimientos que podrían ocurrir a futuro con la moneda y tomar decisiones a partir de la información obtenida.

En Colombia, entre los años 1994 y 1999, se definió un régimen de banda cambiaria donde el Banco de la República determinaba un precio mínimo y máximo para la moneda, logrando mantener en un rango fijo el tipo de cambio. A partir de

1999 fue eliminado el sistema de banda cambiaria y se pasó a un sistema de libre flotación del tipo de cambio nominal, permitiendo al mercado determine el comportamiento por medio de oferta y demanda. Este tipo de cambio es además denominado como tipo de cambio flotante sucio, dado que no es completamente libre, porque “en un punto determinado, buscando evitar cambios repentinos y bruscos en el precio de la moneda, las autoridades pueden intervenir en el mercado” (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Sin embargo, estas intervenciones por parte del Banco de la República solo se han dado en épocas de revaluaciones o devaluaciones importantes que afectan de manera brusca los mercados en el corto plazo. De esta forma, solo se tendrá en cuenta dicha intervención bajo escenarios extremos los cuales no se tienen previstos bajo las circunstancias actuales.

El mercado de divisas en general es un mercado bastante amplio, con un volumen actual de negociación diaria promedio por encima de los USD 340 billones al día el cual es constituido en aproximadamente un 25% por el mercado spot y un 75% por forwards, swaps, opciones y non delivery forwards. Además, se encuentra constituido por una gran cantidad de agentes, entre los que se encuentran grandes bancos y *hedge funds*, con una enorme capacidad de inversión e intercambio de capitales que inciden en la creación de los precios de las monedas. Es por esto que para la evaluación de los precios se tienen en cuenta diferentes herramientas las cuales ayudan a determinar el precio esperado y el precio actual.

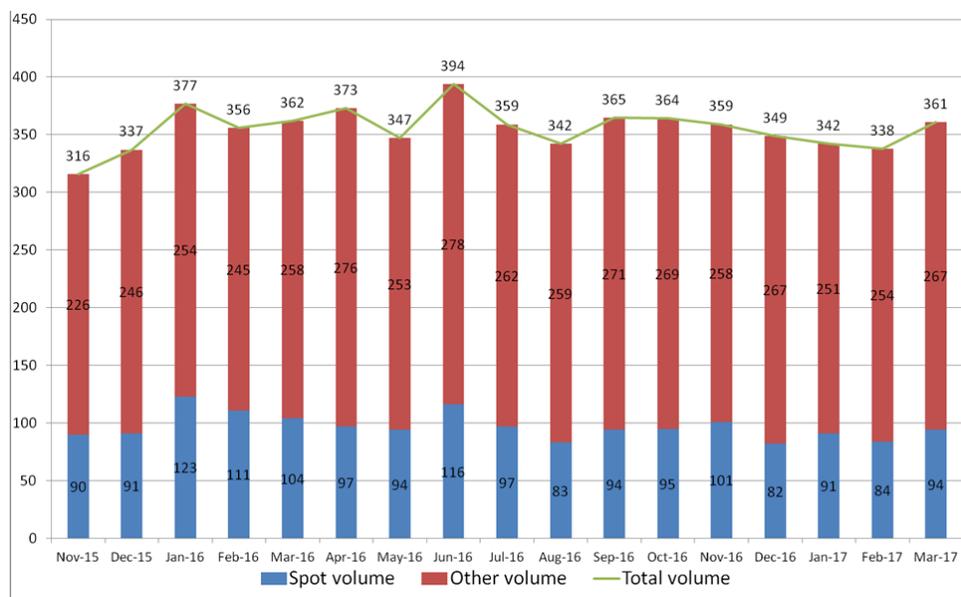


Figura 47. Promedio de negociación diaria por producto (billones de dólares)

Obtenido de Thomson Reuters.

El análisis técnico evalúa los movimientos de las monedas con base en la actividad histórica de mercado, con el fin de encontrar patrones de comportamiento que puedan predecir el comportamiento futuro. Este es basado en tres suposiciones. En primer lugar, que el mercado descuenta toda la información disponible, incluyendo aspectos fundamentales. También se basa en la noción que los precios se mueven con una tendencia, es decir, que el comportamiento de los precios se repite y continuará la misma dirección. Por último, conectando las dos ideas anteriores, asume que la historia tiende a repetirse. Aunque existen muchas técnicas para analizar la información, usaremos en este documento aquellas que más se utilizan comúnmente para predecir en el corto y mediano plazo el precio de la moneda como son tendencias, soportes, resistencias, volúmenes y medias móviles.

El análisis de tendencias evalúa los movimientos del activo en el corto, mediano y largo plazo midiendo la posición del precio respecto a un conjunto de

medias móviles, siendo alcista cuando el precio se encuentra por encima de las medias móviles y bajista si, por el contrario, se encuentra por debajo (BVC, 2017). Con el análisis gráfico de los últimos cinco años, vemos como desde mediados de 2014 comienza una senda devaluación constante en el dólar. Esta nueva tendencia es ocasionada entre otras por una expectativa de recuperación en la economía norteamericana, cambios en las políticas de expansión monetaria de la Reserva Federal deteniendo el *quantitative easing* que había ocasionado una gran oferta de dólares en el mundo, el primer aumento en el segundo semestre de 2015 en las tasas de interés en Estados Unidos luego de nueve años y todo esto acompañado por una caída en los precios de los *commodities* que afecta de manera significativa a las economías emergentes.

Las nuevas condiciones económicas generan entonces un nuevo nivel de precios de equilibrio, pasando de niveles entre USDCOP 1.800 y 2.000 a tocar un máximo de USDCOP 3.454,98 en febrero de 2016. Un amplio periodo de volatilidad sobreviene al dólar y luego logra quedarse en un rango donde logramos observar un soporte y una resistencia de mediano plazo (Figura 19). Cercano a los niveles entre USDCOP 2.800 y 2.840 logramos observar un soporte que desde mediados de 2015 ha mantenido una demanda significativa. De igual manera, vemos como luego de este periodo de gran devaluación hasta inicios de 2016 encontramos un nuevo techo en USDCOP 3.200 y un soporte menor pero importante cercano a los USDCOP 3.100.



Figura 48. *Precio histórico del dólar desde 2012.*

Fuente: Bloomberg.

Dando una mirada ampliada a un periodo menor en el siguiente gráfico, de tan solo dos años, podemos observar que el rango dado anteriormente se ha mantenido y ha sido un poco estrecho en el último año. Se puede observar que se respeta el soporte de USDCOP 2.840 contemplado en el párrafo anterior y se ha logrado un máximo cercano a los USDCOP 3.025. También se logra observar que viaja de un rango a otro en diferentes etapas de tiempo y que, desde principios de año, ha venido formando un patrón de reversión denominado hombro-cabeza-hombro donde se evidencia una señal de que el activo probablemente se mueva en contra de la tendencia previa.

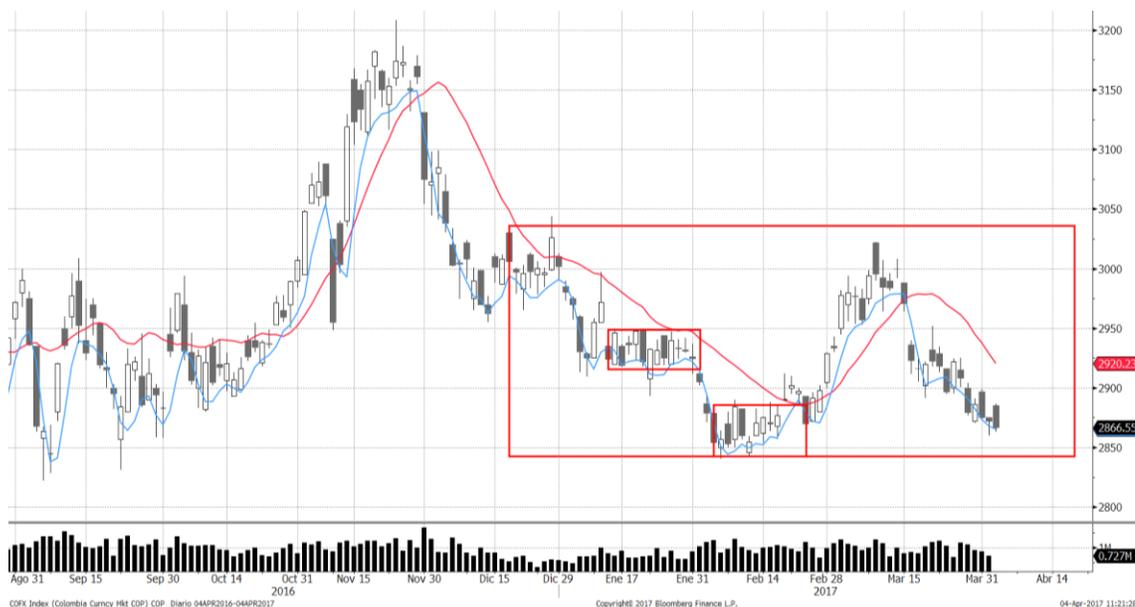


Figura 49. Precio histórico del dólar desde 2016.  
Obtenido de Bloomberg.

Dicho esto, si se logra romper el soporte actual, lograríamos ver una tendencia revaluacionista hasta niveles de USDCOP 2.600. Para determinar que se rompe el rango bajo, y formar una tendencia alcista, se deben tener en cuenta los niveles de medias móviles más importantes que se encuentran actualmente por encima. Estos son:

Tabla 1

*Principales medias móviles y comportamiento del dólar.*

Periodo	Promedio Móvil	Cambio en precio	Cambio porcentual
5 días	2.867,00	+5,4	+0,19%
20 días	2.885,10	-54,5	-1,87%
50 días	2.902,04	-11,5	-0,40%
100 días	2.939,80	-299,4	-9,46%
200 días	2.950,00	-81,5	-2,76%
Año corrido	2.910,10	-131,1	-4,37%

*Nota:* Elaboración propia a partir de información de Bloomberg.

De igual forma es necesario observar las correlaciones del movimiento de la moneda con otros activos. Colombia, por ser parte de Suramérica, tiene generalmente alguna correlación con las monedas de los países de la región, por lo que se compara con los principales México, Chile, Perú, Brasil y Canadá. Por otro lado, se buscan las correlaciones con los títulos de deuda soberana a diez años (COLTES 24), el precio del petróleo (CL1) y el *credit default swap* colombiano a diez años. Con los activos que más ha logrado tener una correlación medianamente significativa, por encima del 50%, ha sido con el peso chileno, peso mexicano y real brasilero. El petróleo y los TES también han tenido una correlación representativa para el movimiento del peso, datos que explicaremos con más detalle durante el análisis fundamental.

Tabla 2.

*Correlación del peso colombiano frente a otros activos.*

	COP	MXN	CLP	BRL	PEN	CAD	CL1	COLTES24	CDS 10Y
COP	1.000	0.568	<b>0.771</b>	0.584	0.330	0.482	(0.600)	<b>(0.666)</b>	0.520
MXN	0.568	1.000	<b>0.741</b>	0.739	0.466	0.682	(0.456)	(0.334)	0.558
CLP	<b>0.771</b>	0.741	1.000	0.746	0.343	0.507	(0.438)	(0.479)	0.330
BRL	0.584	0.739	<b>0.746</b>	1.000	0.413	0.629	(0.410)	(0.252)	0.375
PEN	0.330	0.466	0.343	0.413	1.000	<b>0.527</b>	(0.444)	(0.201)	0.383
CAD	0.482	<b>0.682</b>	0.507	0.629	0.527	1.000	(0.509)	(0.271)	0.471
CL1	<b>(0.599)</b>	(0.456)	(0.438)	(0.410)	(0.444)	(0.509)	1.000	0.299	(0.593)
COLTES 24	<b>(0.666)</b>	(0.334)	(0.479)	(0.252)	(0.201)	(0.271)	0.299	1.000	(0.214)
CDS 10Y	0.520	0.558	0.330	0.375	0.383	0.471	<b>(0.593)</b>	(0.214)	1.000

*Nota:* Tomada de Bloomberg.

El petróleo, por ejemplo, ha logrado retornar a niveles por encima de los del año anterior. Sus bajos niveles incidieron de tal forma que, cuando el petróleo logró mínimos de USD 26.11 por barril, el peso también obtuvo su máximo histórico dado el nivel de importancia que éste tiene en los volúmenes de exportaciones del país

(Gráfico 15). Es por esto que éste y los demás activos mencionados deben mantenerse monitoreados con el fin de reaccionar ante cualquier cambio de tendencia, vigilar sus fundamentales y analizar el efecto que tenga sobre la moneda.

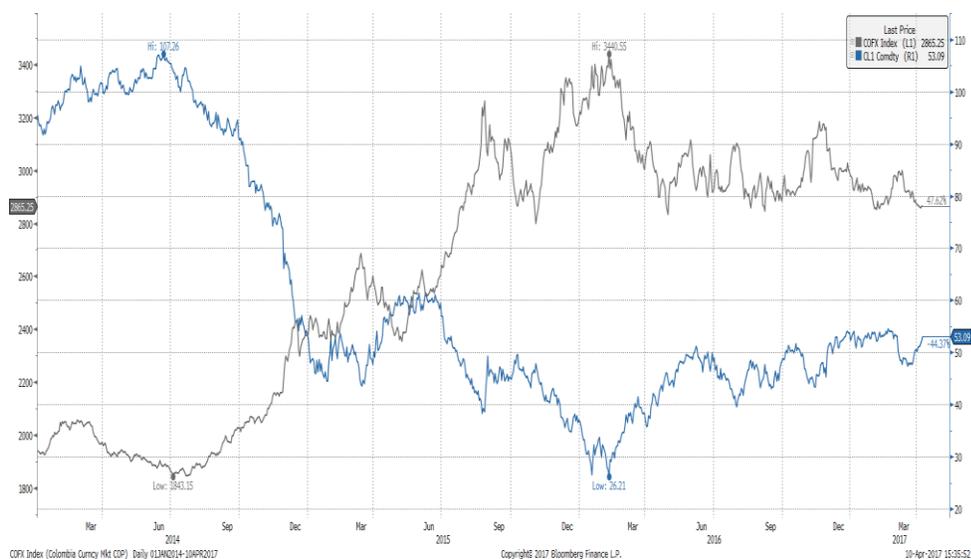


Figura 50. *Comparativo de dólar vs. WTI*  
Obtenido de Bloomberg.

Por último, las expectativas de los principales agentes del mercado al diez de abril del presente año muestran que en promedio se espera una tasa más alta que la presentada en la actualidad, más cercana a los USDCOP 3.000 en los siguientes trimestres del año. El rango se mantiene similar al análisis de gráficas, sin ninguna expectativa de una revaluación o devaluación excesiva o por encima de los rangos históricos. Esta orientación motivaría aún más a pensar que en los niveles cercanos a USDCOP 2.800 sea consistente el aumento en la demanda como en el pasado.

Tabla 3.  
*Proyecciones de agentes de mercado*

	Q2 17	Q3 17	Q4 17	Q1 18	2018	2019
Media	2980	3002	3050	3100	3070	3005
Mediana	2993	3024	3036	3077	3066	3014
Máximo	3260	3280	3300	3340	3400	3170
Mínimo	2775	2825	2800	2775	2850	2875
Forward	2900	2939	2970	3000	3063	3162

*Nota:* Información obtenida de Bloomberg.

### 5.1.3. Análisis fundamental

**5.1.3.1. Tasas de interés.** La relación entre las tasas de interés y las tasas de cambio dependen del comportamiento de los fundamentales económicos tanto en nuestro territorio como a nivel global. Las decisiones de política monetaria de cada país inciden en las decisiones de inversión y movimientos de capital, dado nuestro actual sistema globalizado de relaciones comerciales.

El Sistema de la Reserva Federal, Fed por su abreviación en inglés, es el banco central de los Estados Unidos, entidad autónoma y privada encargada de mantener la estabilidad en los precios, incentivar el crecimiento y dinamismo de la economía y la generación de empleo. Luego de la crisis de 2008, las distintas economías afectadas tomaron medidas para mitigar la situación económica y se

determinaron varias acciones para lograr objetivos de crecimiento económico y aumento del empleo. Las principales herramientas de la Fed para llevar a cabo la política monetaria son: operaciones de mercado abierto, donde compra o vende instrumentos financieros con el fin de inyectar o retener capital; regulación de reservas, promoviendo o desincentivando los préstamos por parte de los bancos comerciales; y las tasas de descuento, mediante la cual los bancos pueden acudir al banco central a pedir prestado o depositar con el fin de incentivar o desincentivar la capacidad de sobregiro de corto plazo de los bancos.

Estas medidas aumentaron la liquidez en los mercados para finales de 2009, mucha de la cual fue a parar a economías emergentes como la colombiana. Esto conllevó una revaluación del peso colombiano cercana al 32% a través del aumento de la oferta de dólares en la economía, una disminución en las tasas de interés del Banco de la República hasta el 3%, el aumento en los precios de las acciones colombianas y un crecimiento económico superior al promedio latinoamericano.

Actualmente nos encontramos en sendas encontradas de movimientos de tasas de interés entre los bancos centrales de las economías desarrolladas y las economías de países emergentes. El Banco Central Europeo ha mantenido sus tasas en 0% desde marzo de 2016 y, según las últimas reuniones que han sostenido, continuarán en estos niveles hasta no ver un mejor desempeño económico en los países de la región. La Fed, cuyas tasas lograron estar en 0.25%, ha venido aumentando las tasas de interés hasta un 1% desde que su tasa de desempleo logró llegar por debajo del 5%, se crean alrededor de 200.000 empleos

al mes en promedio y un crecimiento económico por encima del 2%. En Colombia, el Banco de la República subió tasas de interés hasta un 7.75% luego que en julio de 2016 la inflación anual aumentara hasta 8.97%. Desde ese entonces, la senda de trayectoria de las tasas de interés ha sido bajista y se pronostica una caída de más de 200 puntos básicos en las tasas de interés, una vez las expectativas de inflación se conserven entre el rango meta fijado por el banco central de 2% a 4%.

Esta distorsión en las expectativas de tasas de interés hace que existan diferentes decisiones de inversión por parte de los inversionistas, generando un mayor movimiento en los flujos de capital entre países. Cuando las tasas de interés aumentan en economías desarrolladas, los inversionistas tienen una mayor motivación a invertir y ahorrar en la moneda de este país por la relación de riesgo y rentabilidad obtenida. Con el aumento en la inflación spot y sus expectativas, motivado principalmente por la devaluación del peso, efectos climáticos sobre la producción agroindustrial y paro camionero, las tasas de interés en Colombia tuvieron un aumento sostenido durante el 2016.

Se prevé una bajada sostenida en las tasas de interés en Colombia durante el año 2017 y un aumento paulatino en las de Estados Unidos. Los inversionistas optarán por mover capital de pesos colombianos hacia dólares, aumentando la demanda por el mismo e influyendo en la devaluación de la moneda colombiana. De esta forma obtendrán mayores rendimientos en dólares de lo que obtendrían manteniendo el capital en pesos a un menor riesgo.

Desde el comienzo del descenso en la senda de tasas de interés a mediados de diciembre del año 2016, los títulos de tesorería TES, los instrumentos más utilizados por el Gobierno para la colocación de deuda, han venido siguiendo la misma tendencia desde un máximo de 9.04% de tasa en noviembre del mismo año hasta el presente con una tasa cercana al 6.4%. Según un informe de febrero de Acciones y Valores, del total de COP 162,68 billones en títulos emitidos, los fondos de capital extranjero son compradores de cerca del 35% del total (Acciones y Valores S.A., 2017). El diferencial de tasas de interés generado por el aumento en la inflación y del riesgo de una baja en calificación por deterioro en la balanza de pagos, aprobación de reforma tributaria y regla fiscal, hizo que los fondos extranjeros se interesaran por entrar al país a comprar títulos de deuda soberana una vez se estabilizó el panorama económico.

Tabla 4.

*Tamaño mercado de TES por agente*

dic-16	ene-17	Cambio	TES PESOS
24,760,178	26,484,054	1,723,876	Bancos Comerciales
24,315,901	25,174,867	858,966	Fondos de Pensiones y Cesantías
56,230,379	56,711,154	480,775	Fondos de Capital Extranjero
564,983	822,331	257,348	Corporaciones Financieras
1,962,918	2,139,154	176,236	Carteras Colectivas y Fondos Administrados
6,723,313	6,848,713	125,400	Instituciones Oficiales Especiales
26,286,648	26,377,782	91,134	Fiducia Pública
1,828,331	1,894,388	66,057	Fondos de Prima Media
8,119,192	8,119,736	544	Banco de la república
1,097,152	1,092,792	(4,360)	Entidades Públicas
3,057,677	2,935,177	(122,500)	Compañías de Seguros y Capitalización
1,391,418	1,199,364	(192,054)	Otros
3,464,456	2,884,495	(579,961)	Ministerio de Hacienda y CP
159,802,546	162,684,007	2,881,461	TOTAL

*Nota:* Información obtenida de Seguimiento de Agentes Compradores en el Mercado de TES. Acciones y valores S.A. (2017)

El apetito por estos títulos hace que exista una mayor demanda de pesos en la economía y se genere una revaluación en la moneda. Durante 2017, se deberá seguir analizando el comportamiento de las tasas de interés internas y foráneas y los fundamentales económicos que las afecten con el fin de determinar hasta dónde culminará la entrada de capitales por este diferencial y en qué momento empezará a crecer la predilección por obtener mejores tasas de interés en otros mercados.

**5.1.3.2. *Política y economía internacional.*** El gobierno de Trump por su parte avecina varios cambios en cuanto a comercio internacional, impuestos, política exterior y cambio climático, entre otros, los cuales pueden llegar a afectar el comportamiento del dólar en los mercados internacionales de divisas.

En cuanto a comercio internacional, el retiro de Estados Unidos del Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica (TPP) por orden de Donald Trump, y la intención de subir la carga impositiva a los productos importados (se habla de entre 45% y 35% para productos provenientes de China y México (Portafolio, 2017), y de 10% para ingresos en el extranjero), muestra una posición proteccionista. El nuevo gobierno considera a los tratados de libre comercio como amenaza para la industria estadounidense, la cual se considerará como la gran generadora de empleo en Estados Unidos una vez las empresas norteamericanas del sector industrial trasladen sus plantas al país por los

incentivos fiscales de reducción al impuesto de ganancia de 35% a 15% (Alianza, 2017).

Estas decisiones conllevarían que Estados Unidos disminuya su nivel de importaciones, al reducir sus compras en los mercados internacionales, disminuiría la cantidad de dólares en el mercado internacional, ocasionando una menor oferta de esta divisa y elevando su precio a nivel global.

Cabe resaltar también que el destino principal de las exportaciones colombianas a febrero de 2017 según el DANE es Estados Unidos, con un 29,4% del valor total exportado (DANE, 2017). Aunque Donald Trump no ha hecho afirmaciones puntuales sobre cargas impositivas a las importaciones provenientes de Colombia, es probable que entre sus actividades esté reevaluar los acuerdos comerciales con los demás países. En caso de que se definan aranceles más altos para las importaciones de Colombia en Estados Unidos, disminuiría el valor exportado a Estados Unidos y se reduce la oferta de dólares en el país ocasionando una nueva senda devaluacionista.

Por otra parte, con respecto a la política exterior, el ataque con armas químicas a ciudadanos civiles de Siria, atribuido al gobierno de este país, y la respuesta del gobierno de Estados Unidos de atacar la base aérea siria de donde se cree se desplegó el ataque químico, conlleva a incertidumbre con respecto al petróleo. Del 3 de abril, día en el que ocurrió el ataque químico, al 4 de abril de 2017, el WTI incrementó en 1,57%, pasando de USD 50,24 bbl a USD 51,03 bbl, y continúa con tendencia creciente desde la fecha de los hechos.

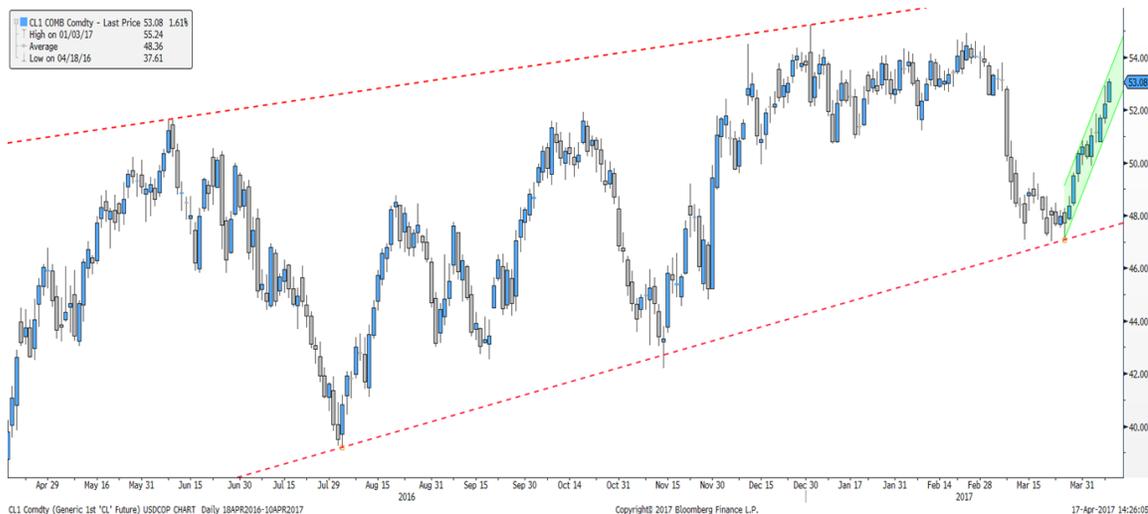


Figura 51. *Comportamiento histórico del WTI*  
Obtenida de Bloomberg

El Brent muestra un comportamiento similar. El incremento de precio del 3 al 4 de abril de 2017, fue de 1,98%, y muestra tendencia creciente desde la fecha en la que ocurrieron los ataques.



Figura 52. *Comportamiento último mes de WTI vs BRENT.*  
Obtenida de Bloomberg.

El ataque también produce incertidumbre frente a la relación del gobierno norteamericano con el gobierno ruso, ya que Rusia apoya el gobierno de Siria; Dmitry Peskov, vocero del presidente de Rusia, afirmó que el ataque estadounidense "causa un daño significativo a las relaciones entre Washington y Moscú" (BBC Mundo, 2017).

Sumado a esto, Rusia, Arabia Saudita, Estados Unidos e Irak, son los mayores productores de petróleo del mundo (Figura 21). Rusia manifestó su desacuerdo con Estados Unidos frente al ataque a la base aérea de Siria. Arabia Saudita e Irak por su parte se encuentran geográficamente cerca de Siria, país protagonista del conflicto que se vive actualmente en el medio oriente, apoyado por Rusia. Siria es enfrentado por los rebeldes, quienes a su vez cuentan con el apoyo de Estados Unidos.

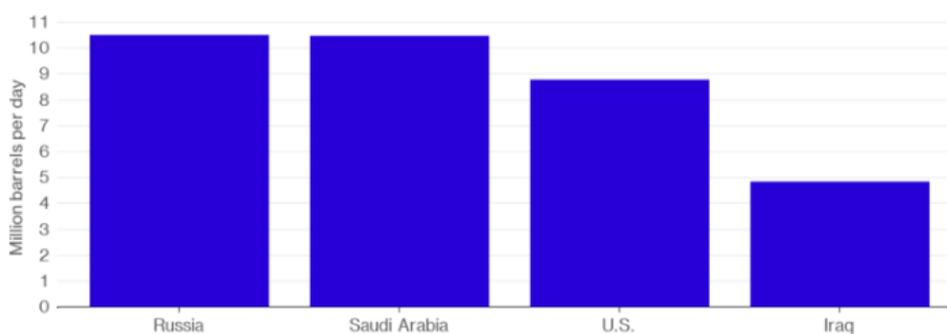


Figura 53. *Mayores productores de petróleo y promedio de producción.* Obtenido de Bloomberg.

A pesar de que la producción de petróleo no se ha visto afectada, la incertidumbre que genera esa situación geopolítica ha hecho que los precios del

petróleo incrementen. Apoyando también la reducción en la oferta la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), el cartel que reúne a las principales naciones productoras de petróleo, alcanzó en 2016 un acuerdo donde se reduciría la oferta por parte de los integrantes con el fin de impulsar al alza el precio del barril de crudo. Es la primera vez desde 2008 que dicha organización logra llegar a un acuerdo, suponiendo un recorte cercano a un millón de barriles por día a partir del primero de enero de 2017. De igual manera, Rusia y otros exportadores no pertenecientes al grupo también se comprometieron a reducir cerca de 600 mil barriles por día (El Economista, 2017). Hasta el mes de febrero, este acuerdo había obtenido un 94% de cumplimiento.



Figura 54. Actual cumplimiento del acuerdo OPEP  
Obtenido de Bloomberg

En caso de que la tendencia del precio del crudo se mantenga al alza, Colombia, cuyas exportaciones de petróleo a febrero de 2017 según el DANE representaron el 27,5% del total exportado (DANE, 2017), recibiría más dólares

por cada barril exportado, por lo que aumentaría la oferta de dólares en el país y disminuiría su precio.

En cuanto a la política de cambio climático de Trump, hay una propuesta de cancelación del programa de emisiones de carbono y apoyo a fuentes de energía fósiles (Portafolio, 2017), esto se traduce en que el nuevo gobierno de los Estados Unidos apoyaría completamente la explotación de petróleo, sin considerar impactos ambientales, por lo que la producción de petróleo sería aún mayor, aumentando la oferta de este *commodity* en el mercado, y por ende disminuyendo su precio. El efecto que esto podría tener en Colombia es el de un menor nivel de ingresos de dólares al país, por una caída en el precio del petróleo y por la importancia que tiene el *commodity* en las exportaciones totales, lo que conllevaría un dólar más alto.

En conclusión, por políticas de comercio exterior el dólar sube, por política exterior el dólar baja y por política de cambio climático el dólar baja. Hay gran incertidumbre respecto al comportamiento que pueda tener el dólar, por lo que es importante para las empresas estabilizar los flujos provenientes del exterior, a través de instrumentos financieros como los derivados.

## **5.2. Proyección de las exportaciones de aceite de palma**

Los valores históricos de las exportaciones de aceite de palma no muestran una tendencia clara.

En el año 2012 y 2013 mostró decrecimiento frente al año anterior en 1% y 20%

respectivamente, mientras que en el año 2014 tuvo crecimiento de 46% y en el 2015 de 26% (figura 26). El valor de las exportaciones colombianas se vio afectado por el volumen producido para exportación y por los precios internacionales de referencia de mercado de aceite de palma, CIF Rotterdam y FOB Malasia.

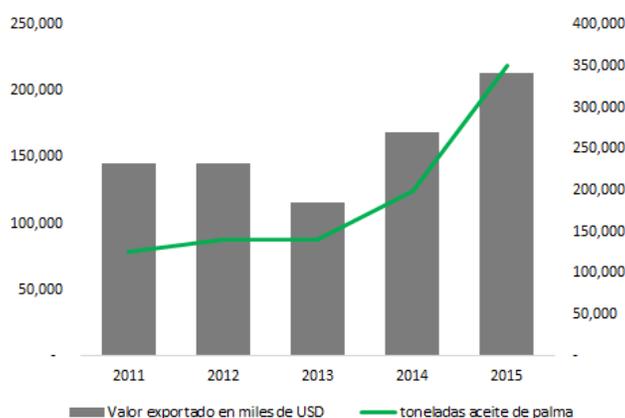


Figura 55. *Valor y volumen exportado de aceite de palma*. Elaboración propia a partir de SISPA-fedepalma.

Al analizar el volumen producido para exportación, se observa que éste muestra una tendencia creciente de 2011 a 2015, lo que hace pensar que las caídas ocurridas en el valor exportado se deben al comportamiento en los precios internacionales. De hecho, el CIF Rotterdam y Bursa Malasia, muestran tendencia a la baja desde 2011 (figura 27). La reducción de los precios de referencia internacionales se ha venido explicando por varios factores como el alto inventario de aceite de palma de los productores principales, aumento en las tasas de interés de la Reserva Federal de EE.UU, que desincentivó la compra de futuros de aceite de palma, afectando su precio a la baja; y la caída de los precios internacionales del petróleo, por la alta correlación entre estos por cuenta del mercado de biocombustibles. (Fedepalma, 2016)

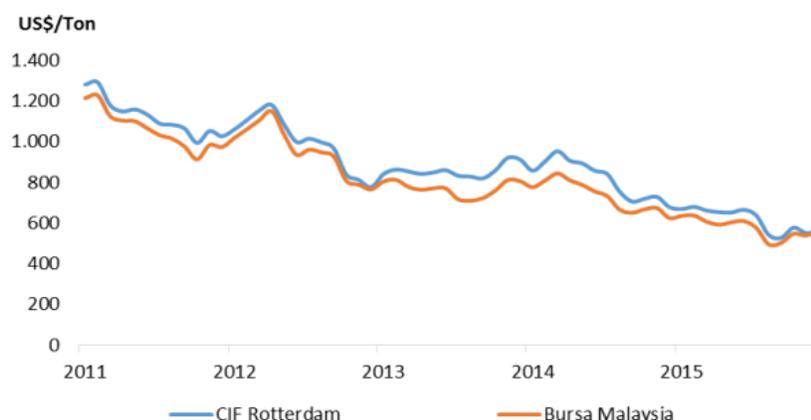


Figura 56. Referentes de precio internacional para el aceite de palma crudo (2011-2015)

Elaboración propia a partir de SISPA-Fedepalma.

En el año 2016 hubo un descenso en la producción mundial de aceite de palma de 6,8% versus 2015 (Oil World, 2017). Generada por la afectación del fenómeno del niño en la producción de palma en el sudeste asiático, líder en el sector. Esto ocasionó una disminución en los inventarios mundiales y por ende incremento en los precios internacionales (Fedepalma, 2016)

Para el año 2017 se espera la recuperación en la producción de aceite de palma en Indonesia y Malasia, pasando de 31,8 a 35 millones de toneladas en Indonesia y de 17,32 a 20 millones de toneladas en Malasia, junto a un crecimiento en la producción mundial de 11,1% (Oil World, 2017), lo que hace suponer que el precio internacional muestre descensos a lo largo del año. No obstante, el comportamiento también dependerá de que los niveles de demanda mundial se mantengan.

Los precios internacionales de aceite de palma se ven afectados por múltiples variables exógenas, mencionadas anteriormente. Debido a que el modelamiento del precio de internacional de aceite de palma no es el objeto de estudio de este trabajo y a que no se obtiene de fuentes

públicas el volumen proyectado de exportación de 2017 y 2018; se realizará un supuesto de valor en dólares para las exportaciones de los años mencionados, según el crecimiento de la economía mundial.

Según el fondo monetario internacional, el crecimiento de la economía mundial será de 3,4% para 2017 y 3,6% para 2018 (Fondo Monetario Internacional, 2017). El valor en miles de dólares exportados que se supone para estudio es de (USD'000) 215.677 para 2017 y de (USD'000) 223.442 para 2018.

### **5.3. Estrategias de cobertura**

La finalidad de cotizar los diferentes instrumentos de coberturas a precios de mercado es disminuir el riesgo de pérdida por cambios abruptos e inesperados en la tasa de cambio, variable determinante para los ingresos de un sector exportador. Los precios de cada instrumento de cobertura se contrastarán entonces con los ingresos presupuestados para el sector y se evaluará el beneficio que se obtendría al cubrir estos ingresos a precios actuales o a precios esperados.

**5.3.1. Forward.** Se obtuvieron las cotizaciones de devaluaciones del último trimestre de 2017 de las subastas de cierre diarias en el mercado OTC, con el fin de obtener la información más completa en el mercado. Esta información es recopilada por los brókeres del mercado, en este caso Tradition Colombia S.A., los cuales actúan como intermediadores del mercado mediante contrato de comisión y son vigilados por la Superintendencia Financiera de Colombia e inscrito en el Registro Nacional de Agentes del Mercado de Valores.

En esta operación, se pactarían las condiciones de fecha, monto, tasa y tipo de liquidación que tendría la operación. Para efectos del ejercicio se usarán las principales cotizaciones de plazos de 1 mes hasta los 18 meses. El monto dependerá directamente de las necesidades del sector, dado que es una operación adecuada al monto demandado por la contraparte. La liquidación a su vez también será a convenir. En este caso se usan dos tipos de liquidación: delivery y non-delivery. El uso de cualquiera de los dos depende de la confianza en la información de cierre de la operación. Si no se conoce la información exacta de monto y fecha, es mejor tomar la opción de la liquidación financiera non- delivery. Si se conocen los datos exactos, es indiferente actualmente tomar cualquiera de las dos opciones.

Como se puede ver en el gráfico y la tabla siguientes, las devaluaciones han tenido un comportamiento bajista desde principio de año. Esto se produce principalmente por el diferencial en tasas de interés entre el Banco de la República y la Fed, denominada como devaluación implícita (Bancoldex S.A., 2013). Al momento de entrega de esta tesis, las tasas de interés en Colombia se encuentran en 7.00% y las de Estados Unidos entre 0.75% y 1%, tomando como referencia el mid market en 0,875%. De este diferencial se obtendría entonces la devaluación teórica de la siguiente manera:  $((1+7\%)/(1+0,875\%))-1 = 6,07\%$ . Sin embargo, las devaluaciones de mercado se mueven con base en las expectativas de tendencia de ambas tasas. Si se espera que las tasas locales caigan y las externas aumenten, este diferencial debe caer. Esto se ve reflejado precisamente en el comportamiento del primer trimestre de 2017.

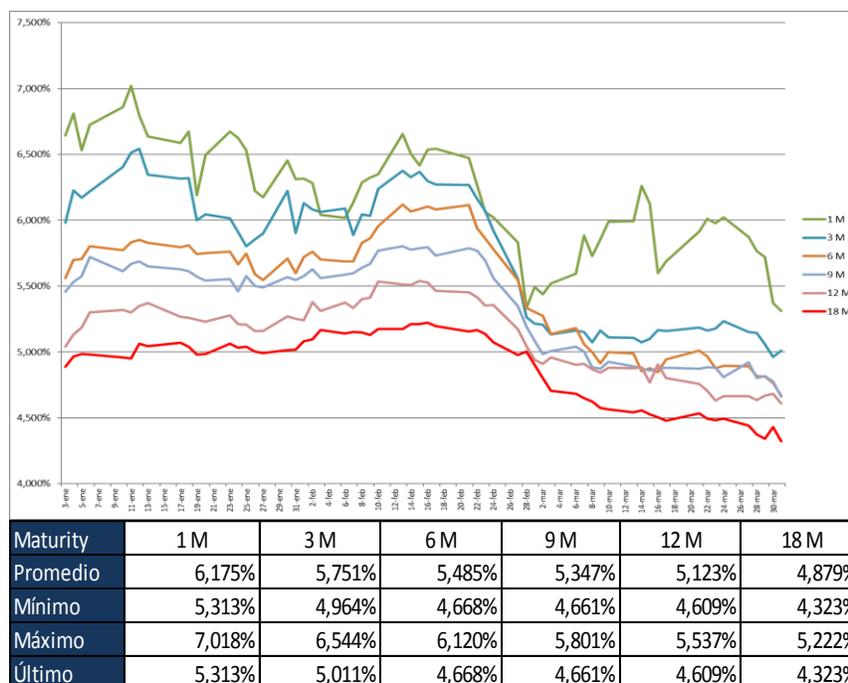


Figura 57. Comportamiento de devaluaciones primer trimestre de 2017  
Obtenido de base de datos de Tradition Colombia S.A.

Se calcula entonces la cotización del dólar a los diferentes plazos, con las devaluaciones promedio, última cotización y una tasa spot del promedio de la TRM de los últimos diez días del mes de marzo, la cual es USDCOP 2.909,31. Las tasas strike a los diferentes plazos quedarían entonces de la siguiente manera:

Maturity	1 M	3 M	6 M	9 M	12 M	18 M
Promedio	\$ 2.923,87	\$ 2.950,27	\$ 2.988,03	\$ 3.025,23	\$ 3.058,34	\$ 3.124,81
Último	\$ 2.921,89	\$ 2.945,09	\$ 2.976,44	\$ 3.010,42	\$ 3.043,41	\$ 3.099,97

Tabla 5. Cotización de precio USDCOP a diferentes plazos con curva forward.  
Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que, aun cuando las expectativas sobre las devaluaciones siguen siendo bajas, se pueden obtener mejores cotizaciones una vez se llegue a una mayor tasa spot. Como vimos anteriormente, nos encontramos en una época con un dólar por debajo del promedio esperado por los analistas y cerca a los mínimos de

los últimos meses, por lo que mejores tasas se pueden obtener en el transcurso del año si se continúa con el comportamiento de volatilidad actual.

**5.3.2. Opciones.** Como descrito anteriormente, usamos el modelo Black-Scholes-Merton para opciones europeas con el fin de determinar el costo de la prima de las opciones. En este caso, por ser empresa exportadora, solo se tienen en cuenta las primas de compra de opciones put.

Para realizar las cotizaciones se tomaron en cuenta varios aspectos. Las cotizaciones están realizadas con datos actualizados a mercado y con la tasa spot cotizada para el ejercicio de los forwards, es decir, el promedio de la TRM de los últimos 10 días del mes de marzo. Esta tasa se encuentra por debajo del promedio esperado para el 2017, por lo que las cotizaciones de tasas de venta altas no generan resultados consistentes. Cabe resaltar además que, por la configuración del modelo, entre más arriba quiera vender un exportador sus dólares, con respecto a la tasa de mercado, mayor a su vez será la prima que debe pagar.

Por esto se realizaron dos cotizaciones. La primera, teniendo en cuenta los valores de cotización actual, se busca el valor de la prima para asegurar que los dólares se vendan a una tasa de USDCOP 2.850, por encima del mínimo del año. De esta forma, se podría asegurar que los dólares que recibe la empresa una vez cubiertos nunca se cambiarán por debajo de dicho valor. Los valores de las primas, según los plazos, quedan de la siguiente manera (la prima se valora en pesos por dólar):

FECHA VENCIMIENTO	OPCION TIPO	STRIKE	DIAS	VOLATILIDAD IMPLICITA	PRIMA
18/05/2017	PUT	2850,00	30	13,778%	18,07
17/06/2017	PUT	2850,00	60	14,105%	32,08
17/07/2017	PUT	2850,00	90	14,494%	43,53
15/10/2017	PUT	2850,00	180	14,967%	66,85
13/01/2018	PUT	2850,00	270	14,978%	80,01
13/04/2018	PUT	2850,00	360	15,080%	91,21
10/10/2018	PUT	2850,00	540	15,845%	117,06

SPOT
2909,31

Tabla 6. *Cotización de opciones put (Opción 1).*

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

De igual forma, se presenta una segunda cotización con una tasa spot USDCOP 3.100 donde se busca asegurar que la tasa strike se encuentre en un nivel importante para la moneda y cercano al nivel promedio esperado para el año 2017 por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (USDCOP 3.037). La cotización quedaría de la siguiente manera:

FECHA VENCIMIENTO	OPCION TIPO	STRIKE	DIAS	VOLATILIDAD IMPLICITA	PRIMA
18/05/2017	PUT	3000,00	30	13,714%	10,99
17/06/2017	PUT	3000,00	60	14,046%	23,76
17/07/2017	PUT	3000,00	90	14,485%	35,19
15/10/2017	PUT	3000,00	180	14,963%	59,16
13/01/2018	PUT	3000,00	270	14,970%	73,15
13/04/2018	PUT	3000,00	360	15,074%	85,12
10/10/2018	PUT	3000,00	540	15,840%	112,47

SPOT
3100

Tabla 7. *Cotización de opciones put (Opción 2).*

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

**5.3.3. Swap.** El *currency swap* que se usa en el caso de una empresa exportadora es algo diferente al swap previamente explicado, dado que no existirá el intercambio de intereses en las monedas expuestas al riesgo sino simplemente la tasa de cambio. En

este caso, el contrato swap se realiza de la misma forma que una cadena de forwards, donde se pacta dentro del contrato el monto que se intercambiará periódicamente en dólares por el monto en pesos colombianos, las fechas exactas a las cuales se realizará la liquidación financiera de los flujos (liquidación *non delivery*), la tasa de cambio y las partes que cierran la operación.

La disminución en la operativa al cerrar un solo contrato, en lugar de varios, puede ser una razón por la cual cerrar un *currency swap* sobre varios forwards. Sin embargo, en Colombia estos contratos tienen una liquidación financiera *non delivery* lo cual incidirá en la decisión del cliente a la hora del cierre. Las devaluaciones generadas en el swap serán las mismas generadas bajo la curva forward de la siguiente manera:

$$Tasa\ forward = Tasa\ spot * \frac{(1 + Tasa\ de\ interés\ nacional)}{(1 + Tasa\ de\ interés\ extranjera)}$$

El mercado de forwards en el mercado colombiano solo tiene liquidez suficiente para crear un mercado hasta el plazo de un año, por lo que para los demás nodos se extrapola la devaluación para lograr una cobertura a un plazo mayor. Para la cotización actual de un *currency swap*, a partir de una tasa spot de USDCOP 2.895 se obtiene una tasa de cambio en un rango entre 2.908 y 3.421 a un plazo de 5 años con una devaluación promedio de 3.76%. El problema que se evidencia con un plazo tan largo es que, si no se evidencia un claro empeoramiento en la situación económica de alguno de los países implicados en la operación, el rango que se genera con una

operación de este estilo es muy amplio y las tasas, luego de un tiempo, muy altas. Se debe tener un nivel muy alto de incertidumbre y un amplio margen de ganancia sobre dicho rango para querer llegar a cerrar una operación a tan largo plazo. Esta es, de igual manera, una de las razones por la cual no existe liquidez para este mercado a un plazo mayor a un año.

**5.3.4. Range Forward.** Al igual que con las opciones put, se identificaron tres oportunidades de cotización para momentos de mercado. Todas se hicieron de tal manera que el costo neto de la prima sea igual a cero. El primer range forward que se calculó tiene la misma intención de cobertura que los forwards en primera instancia. Se cotiza a tasa de mercado y se intenta quedar por encima del mínimo del año para minimizar la incertidumbre en las predicciones. La cotización queda de la siguiente manera:

Tabla 8. *Cotización de Range Forward (Opción 1)*

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	TIPO	STRIKE	DIAS	VOL	PRIMA
18/05/2017	COMPRA	PUT	2840	30	13,2%	14,17
18/05/2017	VENTA	CALL	3009	30	13,2%	-14,17
17/06/2017	COMPRA	PUT	2840	60	13,6%	27,03
17/06/2017	VENTA	CALL	3034	60	13,6%	-27,03
17/07/2017	COMPRA	PUT	2840	90	14,0%	37,95
17/07/2017	VENTA	CALL	3057	90	13,9%	-37,95
15/10/2017	COMPRA	PUT	2840	180	14,4%	59,73
15/10/2017	VENTA	CALL	3125	180	14,2%	-59,73
13/01/2018	COMPRA	PUT	2840	270	14,5%	72,51
13/01/2018	VENTA	CALL	3207	270	14,5%	-72,51
13/04/2018	COMPRA	PUT	2840	360	14,6%	83,29
13/04/2018	VENTA	CALL	3285	360	14,8%	-83,30
10/10/2018	COMPRA	PUT	2840	540	15,4%	108,16
10/10/2018	VENTA	CALL	3410	540	15,5%	-108,16

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

Resumen:

Tabla 9. Resumen cotización Range Forward (Opción 1)

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	PISO	TECHO	DIAS
18/05/2017	RANGE EXP	2840,00	3009	30
17/06/2017	RANGE EXP	2840,00	3034	60
17/07/2017	RANGE EXP	2840,00	3057	90
15/10/2017	RANGE EXP	2840,00	3125	180
13/01/2018	RANGE EXP	2840,00	3207	270
13/04/2018	RANGE EXP	2840,00	3285	360
10/10/2018	RANGE EXP	2840,00	3410	540

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

La segunda cotización se realizó con una tasa spot superior a la del mercado, con el fin de identificar una aproximación de las oportunidades de cierre en el momento en que se encuentre una tasa de USDCOP 3.000. Se mantiene la misma intención de obtener un rango con un piso cercano al mínimo del año y queda de la siguiente manera:

Tabla 10. Cotización de Range Forward (Opción 2)

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	TIPO	STRIKE	DIAS	VOL	PRIMA
18/05/2017	COMPRA	PUT	2840	30	13,1%	2,70
18/05/2017	VENTA	CALL	3223	30	14,3%	-2,70
17/06/2017	COMPRA	PUT	2840	60	13,7%	10,22
17/06/2017	VENTA	CALL	3259	60	15,1%	-10,22
17/07/2017	COMPRA	PUT	2840	90	13,8%	17,41
17/07/2017	VENTA	CALL	3288	90	15,1%	-17,41
15/10/2017	COMPRA	PUT	2840	180	14,3%	36,33
15/10/2017	VENTA	CALL	3359	180	15,1%	-36,33
13/01/2018	COMPRA	PUT	2840	270	14,4%	48,93
13/01/2018	VENTA	CALL	3449	270	15,2%	-48,93
13/04/2018	COMPRA	PUT	2840	360	14,6%	59,62
13/04/2018	VENTA	CALL	3537	360	15,4%	-59,62
10/10/2018	COMPRA	PUT	2840	540	15,3%	84,23
10/10/2018	VENTA	CALL	3668	540	16,0%	-84,23

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

Resumen:

Tabla 11. *Resumen cotización Range Forward (Opción 2)*

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	PISO	TECHO	DIAS
18/05/2017	RANGE EXP	2840,00	3223	30
17/06/2017	RANGE EXP	2840,00	3259	60
17/07/2017	RANGE EXP	2840,00	3288	90
15/10/2017	RANGE EXP	2840,00	3359	180
13/01/2018	RANGE EXP	2840,00	3449	270
13/04/2018	RANGE EXP	2840,00	3537	360
10/10/2018	RANGE EXP	2840,00	3668	540

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

Por último, se calcula un rango donde al igual que en las cotizaciones de forward, se logre obtener la mayor ganancia posible por medio de una aproximación el piso del rango al promedio esperado del año. Se escoge entonces el strike de la put en USDCOP 3.000, igual a la tasa spot, y la cotización queda de la siguiente manera:

Tabla 12. *Cotización de Range Forward (Opción 3)*

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	TIPO	STRIKE	DIAS	VOL	PRIMA
18/05/2017	COMPRA	PUT	3000	30	13,3%	39,28
18/05/2017	VENTA	CALL	3020	30	12,4%	-39,28
17/06/2017	COMPRA	PUT	3000	60	13,8%	55,11
17/06/2017	VENTA	CALL	3043	60	13,1%	-55,11
17/07/2017	COMPRA	PUT	3000	90	14,1%	65,92
17/07/2017	VENTA	CALL	3066	90	13,3%	-65,92
15/10/2017	COMPRA	PUT	3000	180	14,5%	88,39
15/10/2017	VENTA	CALL	3132	180	13,7%	-88,39
13/01/2018	COMPRA	PUT	3000	270	14,5%	100,95
13/01/2018	VENTA	CALL	3210	270	14,1%	-100,95
13/04/2018	COMPRA	PUT	3000	360	14,6%	111,53
13/04/2018	VENTA	CALL	3283	360	14,3%	-111,53
10/10/2018	COMPRA	PUT	3000	540	15,4%	136,98
10/10/2018	VENTA	CALL	3407	540	15,1%	-136,98

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

Resumen:

Tabla 13. Resumen cotización Range Forward (Opción 3)

FECHA VENCIMIENTO	OPERACIÓN	PISO	TECHO	DIAS
18/05/2017	RANGE EXP	3000,00	3020	30
17/06/2017	RANGE EXP	3000,00	3043	60
17/07/2017	RANGE EXP	3000,00	3066	90
15/10/2017	RANGE EXP	3000,00	3132	180
13/01/2018	RANGE EXP	3000,00	3210	270
13/04/2018	RANGE EXP	3000,00	3283	360
10/10/2018	RANGE EXP	3000,00	3407	540

*Nota:* Elaborado a partir del modelo Black-Scholes-Merton con datos de mercado.

## 6. Conclusiones

Asumiendo que el valor de la venta por exportación de aceite de palma calculado para 2017 y 2018, va a ser igual para todos los meses, se realizó el cálculo de cuál sería la cantidad de dólares a cubrir en las fechas de maduración de las tasas forward y cuál sería el flujo de dólares convertido a pesos usando estas.

El flujo de ingresos en COP, sin usar tasas forward, se determinó usando el precio del dólar proyectado por los agentes de mercado. Al comparar el flujo usando las tasas forward y sin usarlas, el resultado es que para la industria palmera, con un precio spot de 2.909,31 COP/USD (Promedio del precio de dólar de los 10 últimos días de marzo). Resulta mejor no asumir un contrato forward para el cubrimiento de su flujo de ingreso en dólares por exportación.

Tabla 14. Comparación del flujo con forward y sin forward a una tasa spot de 2.909,31 COP/USD

Con Forward	1 M	3 M	6 M	9 M	12 M	18 M
Fechas futuras	abr-17	jun-17	sep-17	dic-17	mar-18	sep-18
Monto a cubrir (USD 000)	17.973	17.973	17.973	17.973	18.620	18.620
Cotiz promedio COP/USD	2.924	2.950	2.988	3.025	3.058	3.125
COP recibidos (000)	52.551.009	53.025.389	53.704.131	54.372.661	56.946.797	58.184.394

Sin Forward	1 M	3 M	6 M	9 M	12 M	18 M
Fechas futuras	abr-17	jun-17	sep-17	dic-17	mar-18	sep-18
Monto a cubrir (USD 000)	17.973	17.973	17.973	17.973	18.620	18.620
Proyección dólar COP/USD	2.980	2.980	3.002	3.050	3.100	3.070
COP recibidos (000)	53.559.788	53.559.788	53.955.196	54.817.904	57.722.517	57.163.912

Diferencia flujo COP (000)	- 1.008.779	- 534.399	- 251.066	- 445.243	- 775.720	1.020.482
----------------------------	-------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Nota: Elaboración propia a partir de información de mercado y supuestos.

No obstante, si la tasa spot llegase a ser de 2.965,16 COP/USD, o mayor, el contrato forward para realizar la cobertura del flujo en dólares, resultaría mejor que asumir el precio del dólar proyectado en el mercado usando las mismas devaluaciones, cubriendo de esta manera estaría el riesgo de mercado.

Tabla 15. Comparación del flujo con forward y sin forward a una tasa spot de 2.965,16 COP/USD

Con Forward	1 M	3 M	6 M	9 M	12 M	18 M
Fechas futuras	abr-17	jun-17	sep-17	dic-17	mar-18	sep-18
Monto a cubrir (USD 000)	17.973	17.973	17.973	17.973	18.620	18.620
Cotiz promedio COP/USD	2.980	3.007	3.045	3.083	3.117	3.185
COP recibidos (000)	53.559.788	54.043.275	54.735.046	55.416.409	58.039.959	59.301.313

Sin Forward	1 M	3 M	6 M	9 M	12 M	18 M
Fechas futuras	abr-17	jun-17	sep-17	dic-17	mar-18	sep-18
Monto a cubrir (USD 000)	17.973	17.973	17.973	17.973	18.620	18.620
Proyección dólar COP/USD	2.980	2.980	3.002	3.050	3.100	3.070
COP recibidos (000)	53.559.788	53.559.788	53.955.196	54.817.904	57.722.517	57.163.912

Diferencia flujo COP (000)	-	483.487	779.849	598.505	317.442	2.137.401
----------------------------	---	---------	---------	---------	---------	-----------

Nota: Elaboración propia a partir de información de mercado y supuestos.

El uso de las opciones, aunque en Colombia todavía no ha tenido la misma notoriedad que las coberturas cambiarias con forwards, aseguran una tasa sin tener que estar atado a la utilización de la misma. El gran inconveniente que encuentran las empresas exportadoras es el pago por adelantado de la prima, la cual ven como un costo innecesario cuando existen herramientas que no conllevan ningún costo de cierre. Si se tiene el flujo de caja y la oportunidad de cerrar una cobertura con opciones con una tasa strike que genera de primera mano una utilidad por encima de la esperada, es una herramienta que puede ser de mucha utilidad pero que, como vemos, depende bastante de la tasa que se busque y de las condiciones de mercado.

Aparece entonces la opción de cierre de los *range forwards*. Esta herramienta no tiene el pago adelantado de una prima, pero si sacrifica utilidad en caso de obtener una tasa más alta en el futuro. Sin embargo, a diferencia del cierre con el *forward*, el exportador no se liga al cierre de una tasa, sino que tiene un rango de posibilidades de venta de las divisas.

Dependiendo de los momentos de mercado y los objetivos de la rentabilidad del sector se puede usar cualquiera de las opciones mencionadas anteriormente. Es por esto que se recomienda verificar las tres opciones mencionadas en este estudio una vez el mercado logre una tasa por encima de USDCOP 2.965,16 con el fin de determinar cuál es la mejor opción de cierre, el costo que implica y las expectativas de comportamiento de la cobertura a través del tiempo.

## Bibliografía

Acciones y Valores S.A. (2017). *Seguimiento de Agentes Compradores en el Mercado de TES*.

Bogotá.

Alianza. (2017). *El hombre que vendió al mundo*. Alianza- Investigaciones económicas y

Estrategia.

Antolínez, M. (11 de 2011). *Análisis de cobertura cambiaria para el tesoro fruit S.A* (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Banco de la República. (23 de Julio de 2016). *Banco de la República. Banco central de Colombia*. Obtenido de ¿Qué es la tasa de cambio?:

<http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-tasa-cambio>

Bancoldex S.A. (2013). *Coberturas cambiarias: proteja su rentabilidad*. Bogotá: Banco de Comercio Exterior de Colombia S.A.

BBC Mundo. (7 de Abril de 2017). *BBC Mundo*. Obtenido de

<http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-39525365>

BVC. (02 de mayo de 2016). *Bolsa de valores de Colombia*. Recuperado el 4 de mayo de 2016, de

<http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/descripciongeneral/derivados?action=dummy>

BVC. (13 de Marzo de 2017). *Bolsa de Valores de Colombia*. Obtenido de

<https://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados>

- Castill, A., & Águila, R. (Julio de 2008). COBERTURA ÓPTIMA DE RIESGOS DE MERCADO EN PRESENCIA DE RIESGOS DE CANTIDAD Y DE COSTOS DE PRODUCCIÓN. *Trimestre Económico*, 75(299), 755-778.
- DANE. (2017). *Boletín Técnico. Comunicación informativa DANE*. Bogotá D.C: DANE.
- DANE. (2017). *Exportaciones Febrero 2017*. Bogotá D.C: DANE.
- Díaz Contreras, J., Macías Villalba, G. I., & Luna Contreras, E. (2014). Estrategia de cobertura con productos derivados para el mercado energético colombiano. *Estudios Gerenciales*, 30(130), 55-64.
- Dinero, R. (27 de mayo de 2015). *Dinero*. Obtenido de <http://www.dinero.com/edicion-empresa/negocios/articulo/en-que-esta-palma-africana-2015/208957>
- DNP, D. n. (2007). *Documento Conpes: Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero*. Bogotá: DNP.
- Dominguez, J., Miranda, F., Pallas, J., & Peraza, C. (2012). *La medición del riesgo de crédito y el nuevo acuerdo de capital del comité de Basilea*. Santiago de Compostela, España.: Universidad de santiago de compostela.
- El Economista. (24 de Febrero de 2017). *Irak y EAU incitan cumplimiento del acuerdo OPEP*. Obtenido de <http://eleconomista.com.mx/fondos/2017/02/24/irak-eau-incitan-cumplimiento-acuerdo-o pep>
- España Caderón, L. F., López Casella, J., & Berggrun Preciado, L. (2011). Gestión del riesgo cambiario en una compañía exportadora. *Estudios Gerenciales*, 27(121), 219-238.
- Fanego Rodríguez, M. (1 de julio de 2015). Aspectos internacionales de los contratos de cobertura del riesgo cambiario en los mercados OTC. *Revista Jurídica de la Universidad Autónoma de Madrid*, 32, 127-153.

- FAO, O. d. (1997). *El estado mundial de la Agricultura y la alimentación*. Roma: FAO.
- Fedepalma. (2015). *Análisis financiero del sector palmicultor y la industria relacionada (2010 - 2014)*. Bogotá: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.
- Fedepalma. (2015). *Informe de gestión Fedepalma 2015*. Bogotá: Fedepalma.
- Fedepalma. (2016). *Análisis financiero del sector palmicultor y la industria relacionada (2011- 2015)*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.
- Fedepalma. (2016). *Boletín Económico* . Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.
- Fedesarrollo. (2015). *Informe de coyuntura petrolera* . Bogotá: Fedesarrollo.
- Finagro. (2014). *Perspectiva del sector agropecuario colombiano*. Bogotá: Finagro.
- Fondo Monetario Internacional. (2017). *Perspectivas de la economía mundial* . Washington DC .
- Foremost Markets. (2016). *Range Forward*. Foremost Markets.
- Frasser, J. C., & Torres, R. (2008). Mercado de derivados como alternativa de cobertura de riesgos financieros para las PYMES del sector floricultor en Colombia.
- Gitman, J. L. (2003). *Principios de Administración Financiera* . Pearson.
- GUPTA, S. (2006). *Financial Derivatives (Theory, concepts and problems)*. New Delhi: Prentice Hall of India Private limited.
- Higuera, J. A., Bejarano, M. A., & Ortiz, J. C. (s.f.). *Estrategias de cobertura para los caficultores Colombianos*. UAMF Boletín de noticias .
- Hull, J. (2012). *Options, futures and other derivatives*. Estados Unidos: Pearson.
- Jorge, M., & Augusto, M. (2011). LA EXPOSICIÓN AL RIESGO FINANCIERO Y LA GESTIÓN DE RIESGOS: EL CASO DE LAS EMPRESAS EUROPEAS NO FINANCIERAS. *Revista de Administração Mackenzie*, 12(5), 68-97.

- Koziol, P. (Abril de 2008). Hedging real profits with FX, inflation and interest rate derivatives. 54. Gotinga, Alemania.
- León, C. (2009). *Una aproximación teórica a la superficie de volatilidad en el mercado colombiano a través del modelo de difusión con saltos*. Bogotá: Banco de la República.
- Leoni, P., Vandaele, N., & Vanmaele, M. (2014). Strategies for energy derivatives. *Quantitative Finance*, 14(10), 1725-1737.
- Lima, A. F., & Dos Santos, A. (2012). O USO DE DERIVATIVOS CAMBIAIS NA PROTEÇÃO CONTRA EXPOSIÇÃO AO RISCO DA TAXA DE CÂMBIO. *Revista de Economía Mackenzie*, 10(1), 63-87.
- Luby, M. J. (Marzo de 2012). The use of financial derivatives in state and local government bond refinancings: playing with fire or prudent debt management? *Journal of public budgeting, Accounting & Financial Management (serial online)*.
- Mejía Lopez, R. (2015). *Balance preliminar de 2015 y perspectivas de 2016*. Bogotá: Sociedad de agricultores de Colombia.
- Núñez Mora, J. A., & Chávez Gudiño, J. J. (2010). Riesgo operativo: esquema de gestión y modelado del riesgo. *Análisis económico*, 25(58), 123-157.
- Oil World. (2017). *Global Oil Supply, Demanda and Price Outlook With Special Emphasis on Palm Oil*. Oil World.
- Portafolio. (15 de Enero de 2017). *Portafolio*. Recuperado el 01 de 04 de 2017, de <http://www.portafolio.co/internacional/las-propuestas-economicas-de-trump-para-estados-unidos-502741>
- Proexport, C., & SAC, S. d. (2012). *Sector agroindustrial colombiano*. Bogotá: Proexport.

- Rolfo, J. (Feb de 1980). Optimal Hedging under price and quantity uncertainty: The case of cocoa producer. *Journal of political Economy*, 88(1), 100-116.
- Russell-Jones, M. (2014). Financial risk management: derivatives. *Governance Directions*, 66(2), 81-84.
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Sistema cambiario*. Obtenido de [http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sistema\\_cambiario](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sistema_cambiario)
- Superfinanciera, S. F. (2010). *Capítulo XXI Reglas relativas a la administración del riesgo de mercado*. Bogotá: Superintendencia Financiera de Colombia.
- Superintendencia de Bancos de la República Dominicana. (2011). Riesgo de liquidez. *Seminario riesgo de liquidez* (pág. 72). Santo Domingo: Superintendencia de Bancos de la República Dominicana.
- Tuckman, B. (2016). Derivatives: Understanding their usefulness and their role in the Financial Crisis. *Journal of applied corporate finance*, 28(1), 62-71.
- Venegas-Martinez, F. (2003). INMUNIZACIÓN DE FLUJOS FINANCIEROS CON FUTUROS DE TASAS DE INTERÉS: UN ANÁLISIS DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD CON EL MODELO DE NELSON Y SIEGEL. *REVISTA DE ADMINISTRACIÓN MACKENZIE*, 4(1), 107-123.