

**UNA APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DE LOS
RENDIMIENTOS DE CONVENIENCIA Y LOS PRECIOS TEÓRICOS
DE FUTUROS DEL CAFÉ EN COLOMBIA**

LEIDY JHOANA CALVO OCAMPO

HERNÁN DARÍO CARDONA

PEREIRA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

2015

**UNA APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DE LOS
RENDIMIENTOS DE CONVENIENCIA Y LOS PRECIOS TEÓRICOS
DE FUTUROS DEL CAFÉ EN COLOMBIA**

**LEIDY JHOANA CALVO OCAMPO
HERNÁN DARÍO CARDONA ZAPATA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Administración Financiera**

**Asesor temático
DR. ULISES CÁRCAMO**

**PEREIRA
UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS**

2015

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	17
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	20
2 OBJETIVOS, GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	22
2.1 Objetivo general	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 CONCLUSIÓN GENERAL DEL EJERCICIO INVESTIGATIVO	24
4 INFORME EJECUTIVO SOBRE EL EJERCICIO INVESTIGATIVO	27
5 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL	29
5.1 Revisión de la literatura.....	29
5.2 El café en Colombia	31
5.3 El café colombiano en el mercado bursátil.....	37
5.4 Marco teórico.....	38
5.4.1 Rendimientos de conveniencia	40
5.4.2 Mercado de cumplimiento financiero.....	45
5.4.3 Mercado de cumplimiento efectivo	46
6 MEMORIA METODOLÓGICA.....	47
6.1 Método de estimación.....	47
6.2 Análisis de la información.....	48
7 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
7.1 Modelación del precio interno del café	51
8 CONCLUSIONES.....	59
9 REFERENCIAS	61
ANEXOS	71
Anexo 1	71
Tabla 1.Tabla de antecedentes.....	71
Anexo 2. Entrevistas semiestructuradas	77
Anexo 3. Demostraciones resultados teóricos.....	91
Anexo 4. Análisis de información.	97
Anexo 5. ARMA, ARCH y GARCH	100
Modelo AR-MA	100
Propiedades del modelo ARMA (1.1).....	100

Modelo <i>GARCH</i>	102
Anexo 6: Modelación del precio interno	108
Anexo 7: Correlogramas.....	117
Anexo 8: Precios spot de café en Colombia.....	120
Anexo 9. Información para el ejercicio de los precios teóricos y los rendimientos de conveniencia	122

Índice de figuras

Figura 1 Producción de café por departamentos	31
Figura 2 Precio externo del café por saco y retorno	34
Figura 3. Región de equilibrio del precio del <i>commodity</i> café almacenable en Colombia ...	44
Figura 4 Región de equilibrio de rendimientos de conveniencia, y, en el mercado local.	
Mercado de futuros con cumplimiento financiero (a) y con cumplimiento efectivo (b).....	45
Figura 5 Modelo de precios spot interno del café	55
Figura 6 Aproximación al comportamiento de los precios teóricos futuros del <i>commodity</i> café en el mercado local	57
Figura 7 Evolución teórica del rendimiento de conveniencia	58
Figura 8 Precio interno Vs Rentabilidad interna del café y1 Figura 9 Precio externo Vs Rentabilidad externa de café. x_1	98
Figura 10 Nivel de inventario interno del café x_3 Figura 11 Nivel de inventarios externos x_4	98
Figura 12 <i>ENSO</i> x_2	98
Figura 13 Correlograma de la primera diferencia del precio interno	117
Figura 14 Correlograma de los residuales Figura 15 Correlograma de los precios al cuadrado ARMA(1.1).....	117
Figura 16 Pronóstico.....	120

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de antecedentes	66
Tabla 2. Descripción de variables	92
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables	92
Tabla 4. Test de raíces unitarias	103
Tabla 5. Regresión base del cual partimos (ARMA 7.7)	104
Tabla 6: Regresión 1, 2, 3 (ARMA 12.12)	105
Tabla 7: Regresión 4-10	106
Tabla 8: Regresión 11-14 ARMA (1.1)	106
Tabla 9. Modelo final	107
Tabla 10. Información	113

GLOSARIO

ARCH : *model autoregressive conditional heteroskedasticity*

ARMA: *mixed autoregressive moving-average.*

EGARCH: *model exponential general autoregressive conditional heteroskedasticity.*

GARCH: *model generalized autoregressive conditional heteroskedasticity.*

TGARCH: *model integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity.*

Informe final de trabajo de grado

Una aproximación a la estimación de los rendimientos de conveniencia y los precios teóricos de futuros del café en Colombia

Leidy Jhoana Calvo Ocampo
lcalvoo@eafit.edu.co

Hernán Darío Cardona Zapata
herdc07@hotmail.com

Resumen

El sector agrícola ha constituido una de las principales fuentes de ingreso para la economía colombiana; sin embargo, carece de un mercado de derivados financieros sólido que permita proteger a los productores y exportadores frente al riesgo de la volatilidad del precio. Con esta propuesta se busca estimar los rendimientos de conveniencia y los precios teóricos para los futuros de café en Colombia. Para este propósito, inicialmente se describe el mercado de café en Colombia y posteriormente se modelan el precio del café y su volatilidad con base en variables como el clima y los niveles de inventario. Finalmente, se estiman las bandas en las cuales oscilaría el precio en caso de que se cumplan ciertas condiciones de no arbitraje, a partir de la metodología diseñada por Díaz y Vanegas (2001) y complementada por Cárcamo y Franco (2012). A manera de ilustración, se incorporan los rendimientos de conveniencia y se expone un caso hipotético en un mercado de café en Colombia.

Palabras claves: café, derivados, riesgo, precios teóricos, rendimientos de conveniencia.

Abstract

The agricultural sector has been one of the main sources of income for Colombian economy; however, it lacks a solid financial derivatives market that protects the producers and exporters against the risk of price volatility. This proposal seeks to estimate the returns of convenience and the theoretical futures prices for coffee in Colombia. For this purpose, the nation's coffee market is initially described, and subsequently, the coffee prices and their volatility are modeled, based on variables such as the weather and the inventory levels. Finally, the bands

in which the price would oscillate, given certain conditions of no arbitrage, are estimated, based on the methodology designed by Díaz and Vanegas (2001), and supplemented by Cárcamo and Franco (2012). By way of illustration, convenience yields are incorporated, and a hypothetical case in a coffee market in Colombia is stated.

Key words: coffee, derivatives, risks, theoretical prices, convenience yield.

INTRODUCCIÓN

Ante la situación de vulnerabilidad de los caficultores colombianos por las fuertes fluctuaciones de los precios del grano, aunada a la inexistencia de un mercado estandarizado de derivados en Colombia, se justifica la implementación de un sistema de protección que salvaguarde tanto a productores como a comercializadores de posibles caídas del precio por factores de sobreoferta y otros riesgos¹.

A raíz de la crisis de mediados agosto de 2013, el Gobierno ha implementado una serie de subsidios que buscan compensar al caficultor ante las pérdidas generadas por las intempestivas caídas del precio; sin embargo, esta medida genera costos elevados para el Estado.

En este trabajo se realizó un ejercicio empírico para analizar la implementación de un mercado organizado y estandarizado de derivados en el que se modela el precio *spot* interno del café con base en el precio externo y otros indicadores que inciden en este; además, se describió el funcionamiento del mercado del café en Colombia y la posibilidad del uso de instrumentos de derivados para el *commodity* café. A partir de estadísticas de los precios internacionales, el clima y los inventarios, se estimaron las bandas en las que podría oscilar el precio del café.

El presente trabajo se divide en dos partes fundamentales: en la primera se realiza una revisión de la literatura nacional e internacional; posteriormente se describe la dinámica del mercado del café en Colombia y en el exterior a partir de información primaria, como entrevistas realizadas a actores importantes del sector e información secundaria recolectada de bases de datos y artículos académicos; finalmente, se presenta el marco teórico que sustentará el resto del trabajo. En la segunda parte se expone la metodología, se modela el precio *spot* del café colombiano tomando como variables independientes el clima y los

¹ En la sección 5.1, que corresponde al estado del arte, se amplía.

inventarios y, finalmente, se presenta un ejercicio empírico donde se muestran las bandas de los precios teóricos y los rendimientos de conveniencia.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Tradicionalmente nuestro país ha sido reconocido a nivel mundial por tener una economía agrícola, pero en los últimos tres años este sector se ha visto afectado por causas relacionadas con la tasa de cambio y la sobreoferta de productos agrícolas, lo que ha afectado negativamente los precios. Según la Sociedad de Agricultores de Colombia, SAG (2014), a mediados de 2013 la caída de los precios generó una disminución en los ingresos de los agricultores y desencadenó el paro agrario.

A partir de 1980 los precios del café evidencian una alta volatilidad que se vio reflejada en la caída de estos desde 1997 y que alcanzaron niveles históricos mínimos en 2002. Al respecto, Varangis, Siegel, Lewin y Giovannucci (2004) explican que esta crisis cafetalera parece ser de carácter estructural y que en 2002 se presentaron precios mínimos por razones de la sobreproducción mundial, evidenciada en la intensificación de la competencia entre países productores de café como Brasil y Vietnam² y el estancamiento en el consumo, lo que generó una acumulación de inventarios cuyo efecto directo fue la caída de los precios. A partir de 2003 el comportamiento del precio ascendió hasta alcanzar un máximo en 2011 y posteriormente empezó a desplomarse. Entre 2011 y 2013 el precio cayó por debajo de los costos de producción, situación que generó descontento en los caficultores, reflejado en los paros agrarios de 2013. Lo anterior demuestra la alta volatilidad del precio, que es muy sensible a factores como la cantidad de producción, la competencia, el tipo de cambio y el clima, entre otros factores.

En vista de tal situación, el Gobierno implementó una serie de subsidios dirigidos específicamente a los caficultores que les permitieran sostenerse y compensar las pérdidas. Para el primer semestre de 2014 el sector agrícola mostró una modesta recuperación, evidenciada por un crecimiento del 3.8 % con respecto a 2013. En el caso del café, en este

² Estos productores incurren en bajos costos al emplear métodos con vapor para disimular imperfecciones en la calidad; esta tecnología reduce el tiempo y el número de trabajadores en el proceso de recolección. Además, los costos de mano de obra son menores.

mismo período la producción creció el 12 %, lo que, según la SAG (2014), está asociado a la producción de cerca de 72 000 hectáreas renovadas y a condiciones climáticas favorables para el cultivo. No obstante, las fluctuaciones en el precio constituyen un riesgo monetario para los participantes del mercado, con un gran impacto en la economía del país, ya que el café sigue siendo para Colombia una gran fuente de empleo, pues según la Federación Nacional de Cafeteros, FNC (2014c), alrededor de 563 000 familias subsisten de esta actividad. Teniendo en cuenta que los precios internacionales del café, lo mismo que la mayoría de los *commodities*, presentan una gran volatilidad a lo largo del tiempo, se ve la necesidad usar instrumentos financieros en el sector agrícola para mitigar los riesgos, dado que en Colombia la utilización de coberturas que permiten proteger a los productores y comerciantes son mínimas. Actualmente existe un tipo de contrato pero no está estandarizado, pues, como lo mencionan Cárcamo y Franco (2012), la Bolsa Mercantil de Colombia, BMC, se enfocaba en operaciones de registro con *forwards*, que para 2010 representaban únicamente el 3.5 % del total de las operaciones registradas en la BMC.

En el agro colombiano son mínimos los mecanismos de cobertura frente al riesgo; esto se suma a la visión cortoplacista de los gobiernos de turno. El presente estudio es un aporte para la implementación de políticas a favor del sector, además de solucionar la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los precios teóricos y los rendimientos de conveniencia de los futuros del café en Colombia?

2 OBJETIVOS, GENERAL Y ESPECÍFICOS

2.1 Objetivo general

Estimar los rendimientos de conveniencia para el café en Colombia utilizando la información del período.

2.2 Objetivos específicos

- Describir el mercado del café en Colombia durante el período 1989-2014.
- Modelar el precio *spot* del café colombiano y su volatilidad en el período 1994-2014.
- Calcular los precios teóricos de futuros del café en Colombia.
- Determinar los rendimientos de conveniencia para el café en Colombia.

3 CONCLUSIÓN GENERAL DEL EJERCICIO INVESTIGATIVO

Es necesario implementar instrumentos financieros como los derivados para amortiguar los riesgos derivados de la sobreoferta de café en el mercado mundial, los cambios climáticos y la volatilidad en la tasa de cambio colombiana, y reducir las costosas medidas asistencialistas gubernamentales que, en muchos casos, se asignan de manera inequitativa y generan incentivos perversos para la economía como un castigo a la eficiencia, dado que los subsidios no permiten gestionar los costos en aras de la competitividad; en segundo lugar, pueden originar sustitución de otros cultivos por café para percibir mayores ingresos por los subsidios, lo que redundaría en más oferta y menores precios a costa de una mayor carga fiscal; y, finalmente, se transmite la señal a otros sectores de la economía para la exigencia de subsidios, por medio de paros y manifestaciones sociales.

El precio *spot* interno del café presenta heterocedasticidad condicional en los sentidos ARCH (1.1) y GARCH (1.1), y está afectado por las variables climáticas y el nivel de los inventarios. Existe una relación inversa entre el precio *spot* y el nivel de inventarios, aseveración que concuerda con la literatura revisada.

A partir del modelo propuesto por Díaz y Vanegas (2001) y Cárcamo y Franco (2012), se expone un ejercicio empírico tratando de emplear datos cercanos a la realidad, que demandó la consulta en fuentes confiables y en entrevistas realizadas a actores importantes del mercado del café en Colombia. La modelación del rendimiento de conveniencia y del precio del futuro teórico en Colombia, permite encontrar en seis meses que la cuota superior oscila entre 3.193 y 4.564 pesos, mientras que la cuota inferior se encuentra entre 2.887 y 4.126 pesos, siguiendo un comportamiento creciente en el tiempo.

Por su parte al estimar las bandas teóricas de los rendimientos se obtiene la evolución de los rendimientos de conveniencia en el tiempo, para un caso de cumplimiento financiero, este comportamiento es decreciente en seis periodos; Esta brecha entre cota superior e inferior de los precios de los futuros se va ampliando a medida que crece el tiempo, siendo casi iguales en el periodo cero. El límite superior se encuentra entre 0.86 y 0.22 haciéndose más constante a

medida que pasa el tiempo; el límite inferior oscila entre 0.86 y -0.011. Los resultados son diferentes a los obtenidos por Cárcamo y Franco en el 2012, para el caso del aceite de palma.

Para un país como Colombia, donde la mayor parte de su economía se sustenta por el sector primario, es necesaria el estudio de coberturas financieras para protección contra el riesgo, y las altas volatilidades de los precios, al cual se enfrentan los caficultores, comercializadores y exportadores agrícolas, específicamente los cafeteros. El presente documento aporta al estudio del tema, y propone otras alternativas de cobertura, que de emplearse podrían ser un alivio a los altos costos fiscales del gobierno para hacer frente a las crisis cafeteras.

4 INFORME EJECUTIVO SOBRE EL EJERCICIO INVESTIGATIVO

Este ejercicio investigativo tiene entre sus objetivos describir el mercado del café en Colombia durante el período 1990-2014. Para ello se hace una descripción del mercado interno y externo basada en entrevistas, informes y bases de datos.

Para calcular los precios teóricos de futuros y determinar los rendimientos de conveniencia para el café en Colombia, se exponen demostraciones teóricas basadas en Díaz y Vanegas (2001) y Cárcamo y Franco (2012); posteriormente se modela el precio *spot* del café en Colombia en función de los inventarios nacionales e internacionales y una variable climática, y se encuentra que el modelo ARMA (1.1) – GARCH (1.1) es el que tiene el mejor ajuste.

Finalmente, se expone un caso donde se calculan las bandas entre las cuales oscilaría el precio en un mercado hipotético de futuros de café en Colombia y se proporciona un ejemplo numérico para demostrar el comportamiento de los precios teóricos y rendimientos de conveniencia basados en los supuestos teóricos.

5 MARCO DE REFERENCIA CONCEPTUAL

5.1 Revisión de la literatura

Existen importantes precedentes en la modelación del precio y la volatilidad de diferentes *commodities* a nivel internacional, entre ellos los estudios de Beck (2001), García y Ruiz-Porrás (2009) y Reinoso, Vasconez y Soriano (2009), este último enfocado en el precio del cacao. En general estos trabajos construyen procesos autorregresivos de heteroscedastidad condicional para diferentes *commodities* (v. el Anexo 1) basándose en los precios extraídos de la Bolsa de Valores Nueva York (NYSE, por sus siglas en inglés).

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del presente documento es la estimación de los rendimientos de conveniencia del café colombiano, entre los pocos trabajos existentes al respecto están los estudios teóricos de Kaldor (1939), Brennan (1958) y, más recientemente, Pindyck (2001); y entre las propuestas más empíricas están los estudios de Gibson y Schwartz (1990) y Borak, Härdle Trück y Weron (2006). Gibson y Schwartz estiman los precios teóricos y los rendimientos de conveniencia para el aceite de palma implementando un modelo estocástico de dos factores, encuentran un modelo confiable y sugieren la importancia de los rendimientos de conveniencia en ausencia de arbitraje; Borak *et al.* estudian los rendimientos de conveniencia de contratos de futuros sobre los derechos de emisión del dióxido de carbono, CO₂;³ por tratarse de un subyacente no almacenable,⁴ consideran el rendimiento de conveniencia como la diferencia entre el precio *spot* esperado y el precio futuro, introducen un modelo MA (1) – GARCH (1.1) para la ecuación de la varianza, y encuentran que una

³ La información de los contratos de futuros sobre los derechos de emisión de CO₂ son extraídos por los autores de las cotizaciones al contado y de futuros disponibles en la Bolsa Europea de la Energía (EEX) desde el 4 de octubre de 2005 al 29 de septiembre de 2006.

⁴ A diferencia de otros estudios, los niveles de inventarios son una variable relevante para el análisis de los rendimientos de conveniencia (v. Marco teórico, sección 5.4 de este trabajo de investigación).

proporción de los rendimientos se explica por el nivel de precios y su volatilidad, y que el nivel del precio *spot* se correlaciona positivamente con el rendimiento conveniencia.

Por otra parte, Díaz y Vanegas (2001) desarrollan un modelo de equilibrio que permite el estudio de las condiciones de arbitraje, examinan diferentes escenarios de este último evaluando los costos intermedios de comercialización, determinan las regiones factibles de dichos costos para que las condiciones de equilibrio se cumplan en los mercados *spot* y de futuros, y sugieren el diseño de portafolios que combinen futuros agrícolas con futuros financieros para contrarrestar el riesgo.

Estos son los referentes a nivel mundial acerca de futuros sobre los *commodities* en general y sus rendimientos de conveniencia. Considérese ahora cómo el café (un *commodity* en particular) y su precio, en los mercados de futuros, ha sido también abordado desde diferentes enfoques y en diferentes partes del mundo. Algunos autores se han interesado por la modelación del precio del café y su volatilidad a partir de modelos de series de tiempo; entre ellos se destacan a nivel internacional Otero y Milas (2001), Mohan, Gemech, Reeves y Struthers (2004) para el café en India y Barro, Mendieta y Soriano (2009). Estos últimos estudian instrumentos de cobertura de riesgo para los precios del café ecuatoriano y encuentran que existe un 85 % de posibilidades de obtener mejores resultados cuando se participa del mercado de derivados, y que, para todos los vencimientos, las probabilidades de ganancias son similares; además, incorporan modelos de varianza condicionada GARCH, TGARCH y EGARCH.

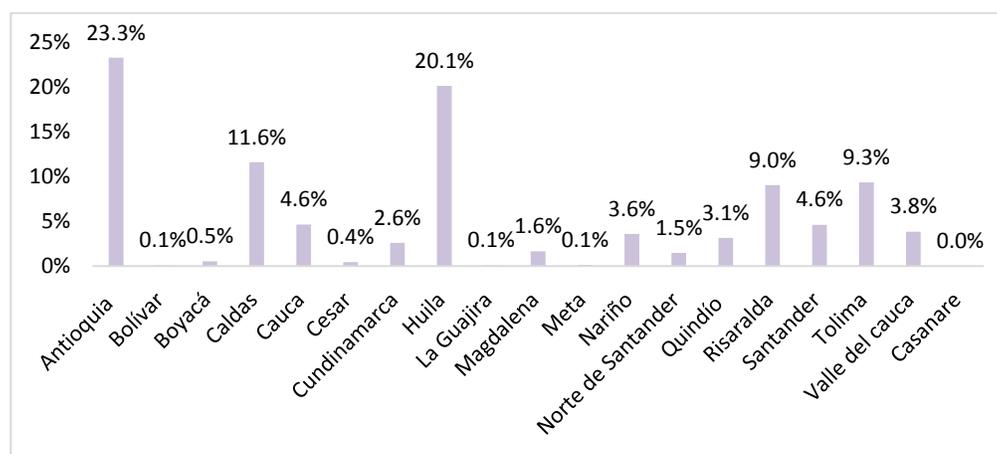
En Colombia están los trabajos de Riaño (1997), Pérez (2006), Velásquez y Aldana (2007) y Jaramillo (1989). Algunos de ellos estudian el precio del café y la volatilidad a partir de diferentes metodologías, pero no fue posible encontrar estudios locales que se enfoquen en el café como *commodity* y en sus rendimientos de conveniencia; sin embargo, las publicaciones de Cárcamo y Arbeláez (2008), Cárcamo y Franco 2012, Gibson y Schwartz (1990), Díaz y Vanegas (2001) y Borak, *et al.* (2006), este último en el exterior, que estudian otros *commodities*, proporcionan conceptos y metodologías útiles para la aplicación en el mercado local.

5.2 El café en Colombia

De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, FNC (2014b), Colombia produce café arábigo lavado, lo que convierte al país en uno de los productores de café de alta calidad en el mundo. El café colombiano es cultivado aproximadamente por 563 000 familias; además, está protegido como denominación de origen. Las condiciones ideales para el cultivo se encuentran entre 1 200 y 1 800 m. s. n. m. y 19 y 21.5 grados Celsius.

A partir de la década de 1990 las regiones cafeteras del país mostraron importantes avances en infraestructura. Aquellos que se dedicaron al cultivo del grano lograron mayores estándares de bienestar y, por lo tanto, el café se ha convertido en el producto insignia de Colombia que, además de ser una actividad tradicional, ha contribuido al crecimiento del país y ha sido calificado como parte del tejido social y cultural para la región del Eje Cafetero. Según la FNC (2014c), el café se produce en más de doce departamentos (v. la Figura 1), de los cuales los mayores productores son Antioquia, Huila y Caldas, con el 23, el 20 y el 12 %, respectivamente. En las últimas décadas, la baja rentabilidad del cultivo en las zonas donde tradicionalmente se hacía ha generado un cambio significativo en la geografía del café. La Figura 1 ilustra esta situación en Huila, Tolima, Cauca y Nariño, que se atribuye a suelos más económicos y a mano de obra menos costosa.

Figura 1 Producción de café por departamentos



Fuente: elaboración propia a partir de Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA*.

Según la FNC (2014c), aproximadamente el 80 % de la producción nacional de café se exporta a países del hemisferio norte. Sin embargo, desde el rompimiento del Pacto Cafetero en 1989, los precios del café han mostrado una mayor volatilidad, lo que perjudica a los comerciantes, exportadores y, en última instancia, al caficultor. De acuerdo con Echavarría, Esguerra, McAllister y Robayo (2014), los precios han caído en el largo plazo y los costos de producción no se han reducido suficientemente.

Históricamente, la vocación del país ha estado enfocada hacia el sector primario, y el café, con relación al sector agrícola, tiene actualmente un peso del 8.2 % en comparación con otros cultivos. La caficultura es generadora de empleo y su producción se realiza manualmente, desde la siembra de los cultivos, los cuidados, los abonos y la recolección del producto. Los cultivos de café generan el 20 % de los puestos de trabajo a nivel nacional y el 50 % del sector agrícola (Leibovich y Estrada, 2009).

Cano, Vallejo, Caicedo, Amador y Tique (2012) establecen que la mejor muestra de la importancia que sigue teniendo la industria cafetera en la economía colombiana se evidencia en que dos millones de personas viven directamente de la producción de café, que supera en 3.7 veces el total aportado por las flores, el banano, el azúcar y la palma juntos. De acuerdo con cifras del Dane, en 2012 la producción de café contribuyó con el 8.2 % al sector agrícola del país, aunque paulatinamente ha venido perdiendo peso dentro de estas ponderaciones, pues para 1990 el café representaba el 2.8 % del PIB nacional, y pasó al 1.7 % en 2004 y al 1.35 % en 2007, lo que muestra una significativa reducción de su participación (Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane, 2012). A pesar de esto, la importancia del café en el área rural sigue siendo relevante, ya que aportó el 13.1 % del PIB agropecuario en 2007 y el 8.2 % del PIB agropecuario (Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane, 2014).

Por otra parte, se han presentado cambios significativos en el mercado mundial del café, siendo el más notable la ruptura del Pacto Cafetero (v. la Figura 4, a),⁵ aunque también se han

registrado otras modificaciones en las tendencias de la producción y del consumo a lo largo del tiempo que han afectado el precio.

En este entorno, donde incursionan nuevos competidores (v. la Figura 4, punto *b*), Colombia ha venido perdiendo terreno, y países como Vietnam, Indonesia, Honduras, Nicaragua y Perú lo han ganado. Brasil, por su parte, sigue siendo el principal productor de café del mundo.

Desde el rompimiento del pacto de cuotas, la producción mundial pasó de 90 millones de sacos a 131 millones en el año cafetero 2011-2012. Según Cano *et al.* (2012), esto generó sobreoferta, caída de los precios y contribuyó a una crisis cafetera en 1990, en la que más de 560 000 familias vieron disminuidos sus ingresos y tuvieron que incursionar en otros cultivos (Gil, 2006 y Lis, Campo y Herrera, 2012).

Cano *et al.* (2012) y Cárdenas (2013) sostienen que con la ruptura del Pacto Cafetero los precios de los cafés suaves colombianos decayeron y se ubicaron por debajo de USD 1 por libra. A partir de 1993 los precios volvieron a subir hasta alcanzar los 2 USD en 1998; y entre 1999 y 2005 decayeron a los niveles más bajos de las últimas décadas llegando incluso a bajar hasta los USD 0.63 por libra. Solo en 2009 el grano comenzó nuevamente a cotizarse sobre los USD 2.

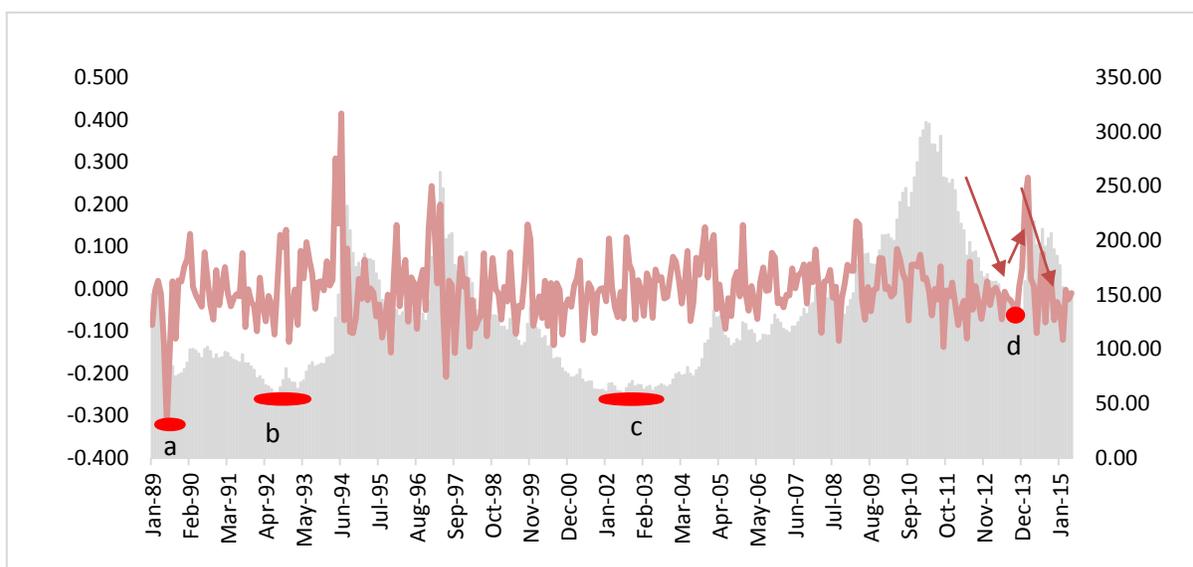
En la Figura 2 se aprecia la evolución del precio del café desde 1988 hasta 2013; la cotización ha estado por debajo de su promedio histórico desde la ruptura del Pacto Cafetero y evidencia una alta volatilidad a partir de 1997, hasta alcanzar niveles históricos mínimos en 2002. Al respecto, Varangis, Siegel, Lewin y Giovannuci (2004) explican que esta crisis cafetalera parece ser de carácter estructural y muestran que en 2002 se presentaron precios mínimos por razones de sobreproducción mundial, reflejada en la intensificación de la competencia entre países productores de café como Brasil y Vietnam y el estancamiento en el consumo que generó acumulación de los inventarios y cuyo efecto directo fue la caída de los

⁵ El 3 de julio de 1989 se rompió el Acuerdo Internacional del Café por discrepancias entre los países importadores y exportadores miembros de la Asociación Internacional del Café, AIC. Los importadores se oponían a los descuentos otorgados al café que les vendían a los países no miembros, buscaban un sistema que pusiera fin a dichos descuentos y objetaban el incremento constante del precio del café suave con relación al café de tipo robusta; además, pedían una redistribución de las cuotas de exportación que permitiera un mayor suministro de cafés suaves.

precios. A partir de 2003 el comportamiento del precio ascendió hasta alcanzar un máximo en 2011 y, posteriormente, empezó a desplomarse. Entre 2011 y 2013 el precio cayó por debajo de los costos de producción, situación que generó descontento en los caficultores, evidenciado en los paros agrarios en 2013. Finalizando 2013 y a lo largo de 2014 hubo una recuperación en la cotización en respuesta a factores climáticos y la aparición de plagas en otras regiones del mundo.

Todo esto demuestra la alta volatilidad del precio, dado que este no es estable y es muy sensible a factores como la cantidad de producción, la competencia, el tipo de cambio y el clima, entre otros.

Figura 2 Precio externo del café por saco y retorno



Fuente: elaboración propia basada en estadísticas de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2014c.

No obstante, de acuerdo con algunos estudios recientes, (como Varangis *et al* (2004), Esguerra y McAllister (2014), Echavarría *et al.* (2014), entre otros) el precio real del café arábigo ha descendido a una tasa anual del 2 % entre 1950 y 2014, debido probablemente al aumento de la competencia en la producción de café mundial, que puede generar aumentos en la volatilidad.

Otro atenuante es la sustitución por café de tipo robusta, pues las preferencias del consumidor han cambiado debido principalmente al precio y a las nuevas mezclas que se

ofrecen actualmente. Siguiendo a Esguerra y McAllister (2014), en 2010 la producción del café arábigo representaba en promedio el 70 % del consumo mundial, y el 30 % restante correspondía al café de tipo robusta; pero para 2014 la proporción era del 59 y el 41 %, respectivamente. Por países, la producción es aportada principalmente por Brasil con el 36%, seguido por Vietnam con el 19 %, Colombia con el 5 % e Indonesia con el 4 %.

Existen riesgos en el cultivo de café. Según el Centro Nacional de Investigación de Café, Cenicafe (2011) y la FNC (2014a), los fenómenos del Niño y la Niña reducen la calidad del grano e incrementan los costos, y esto afecta directamente los precios. Para el cultivo de café se requiere de determinadas condiciones climáticas; y el exceso de lluvia o la sequía extrema se convierten en una amenaza para los cultivos. De acuerdo con la FNC y la más reciente Misión del Café, encabezada por Echavarría *et al.* (2014), las fuertes fluctuaciones climáticas aumentaron los costos y las pérdidas en el sector agrícola; un ejemplo de ello es el fenómeno de la Niña acaecido entre 2010 y 2012, que significó una disminución de cerca de dos puntos del PIB. Otro riesgo son las enfermedades y las plagas como la roya, la broca, las llagas del tallo y de las raíces, la mancha de hierro y el mal rosado, entre otras. Según Montes (2012), el cambio climático tiene un efecto directo en la distribución y la biología de las plagas, pues en temperatura menores a 19 grados Celsius las plantaciones tienen menor desarrollo; por el contrario, en climas cálidos la cosecha se acelera y favorece a la roya y la broca; y durante temporadas de lluvia excesiva crece la presencia de enfermedades como el mal rosado y la gotera, mientras que en temporadas de sequía se incrementa el ataque de la araña roja, el minador y la broca.

Finalmente, y no menos importante, la tasa de cambio constituye otro riesgo, porque afecta directamente al exportador y a toda la cadena productiva, y se refleja en el precio. Una apreciación del tipo de cambio reduce los ingresos de los exportadores de café y la rentabilidad.

Para proteger a los caficultores de pérdidas evidentes por la caída de los precios se implementaron una serie de ayudas, a saber: entre 2002 y 2004, el Apoyo Gubernamental a la Caficultura, AGC; entre octubre de 2012 y marzo de 2013, el Apoyo al Ingreso del Caficultor, AIC; y entre 2012 y 2014, el Programa de Protección del Ingreso Cafetero, PIC.

El Sistema de Protección al Precio, promovido por la FNC, tiene como fin la salvaguardia ante la caída del precio interno del café, asegurando un precio mínimo en pesos por carga de 125 kilos de café pergamino. Para acceder a este beneficio se debe asumir un costo que varía todos los días en función del precio del mercado, el precio de protección escogido y el mes de cobertura.

Otro mecanismo de ayuda al productor, que, además de protección se convierte en una asistencia, es el subsidio otorgado por el Gobierno denominado Programa de Protección del Ingreso Cafetero, PIC. El subsidio en 2014 estaba valorado en \$ 165.000 por carga y se entregaba si el precio de esta estaba por debajo de \$ 700 000; además, el PIC va dirigido a todos los productores, independientemente de la escala de producción y calidad del café producido, lo que indica una distribución inequitativa. Según la FNC (Echavarría *et al.*, 2014: 46), en el mismo año el Gobierno desembolsó \$ 1.3 billones a través del PIC como consecuencia del paro cafetero.

Con respecto a la política de precios y el Fondo Nacional de Estabilización Cafetera, Echavarría *et al.* (2014) señalan que desde la creación del Fondo Nacional del Café, FoNC, se instituyeron diferentes impuestos a los productores; así, ante la caída en los precios, el FoNC emplea recursos para mitigarla. Entre 2009 y 2011 el gremio se vio beneficiado por una alta transmisión del precio externo al interno; pero en períodos en los que los precios se deprimen se incrementan los costos para el Gobierno, razón por la cual estos mecanismos no son eficientes y tienden a ser insostenibles. Debe resaltarse que tanto los subsidios como esta clase de mecanismos, que afectan artificialmente el precio interno, pueden generar incentivos nocivos a la eficiencia y la competitividad; por ello se propone, en línea con las diferentes investigaciones realizadas tanto en el exterior como a nivel nacional, la alternativa de implementar instrumentos financieros para la cobertura del riesgo.

5.3 El café colombiano en el mercado bursátil*

En esta sección se muestran los resultados de las entrevistas dirigidas a los actores del café a nivel regional (v. el Anexo 2), que proporcionan una visión general del mercado interno.

En el esquema de la producción y la comercialización interna se encuentran en primer lugar los caficultores que venden el grano despulpado y lavado, cerca de sus fincas, a intermediarios locales o directamente a los grandes comercializadores; los comercializadores son los operadores logísticos del mercado, encargados de trillar el grano pergamino, seleccionarlo y empacarlo, para posteriormente llevarlo a destino como café verde.

Existen varias empresas disponibles para la comercialización del café, las compraventas, las cooperativas particulares o de la FNC, y trilladoras y exportadoras particulares que están ubicadas en los municipios y ciudades dispuestas a comprar el café a los productores.

El café se comercializa normalmente en arrobas, que equivalen a 25 libras de 500 gramos; y las compraventas negocian el café con referencia a la NYSE en centavos de dólar por libras de 453.6 gramos (entrevista personal a Alejandro Quiceno), y hacen la conversión a pesos colombianos según la TRM en libras de 500 gramos para cancelar al caficultor. Las compraventas venden a trilladoras y exportadoras el café comprado a los productores. El café no es entregando inmediatamente al exportador por cuestiones de logística y costos, motivo por el cual el precio puede variar (entrevista personal a Óscar Botero).

De acuerdo con la información suministrada por Almacafé, el café se comercializa según el factor de rendimiento mínimo de exportación, que es 92.8; dicho indicador significa que se necesitan 92.8 kilos de café pergamino, de los cuales el 20 % es la cascarilla que recubre el grano o almendra, el 4.5 % es café brocado y el 75.5 % es almendra sana, que equivale a un saco de 70 kilos de café trillado excelso. Este mismo factor se utiliza para determinar el precio, y se extrae aleatoriamente una muestra del café para su análisis de calidad.

* Para la negociación de *forwards* en Colombia, v. Bolsa Mercantil de Colombia, BMC. Sitio web: <http://www.bolsamercantil.com.co/mercado-de-fisicos/>

Según los exportadores de café entrevistados, a fin de protegerse de la volatilidad en los precios, algunos exportadores utilizan los *forwards*. Los costos de los *forwards* los debe asumir el exportador, según el riesgo y el valor de la transacción, motivo por el cual trata de protegerse al menor costo. Los contratos futuros en la NYSE son de 37 500 libras de café.⁶

La Bolsa Mercantil de Colombia, BMC, es el ente encargado de las bolsas de bienes y productos agrícolas en el país y administra el funcionamiento de un mercado público de productos y bienes agropecuarios. Los diferentes actores manifestaron que el mercado ha cambiado; hoy en día hay instrumentos tecnológicos que permiten conocer cómo varía el precio permanentemente, y los productores tienen acceso directo a información en línea sobre el comportamiento del precio (2014).

5.4 Marco teórico

Los *derivados* son instrumentos que operan en forma de contratos con tres objetivos básicos: cubrir el riesgo, servir con fines especulativos y permitir el aprovechamiento del arbitraje. El valor del derivado depende del precio del activo subyacente, que, puede ser una acción, *commodity*, tasa, etc. Este tipo de instrumentos puede utilizarse como medio de protección contra el riesgo sistemático asociado al mercado. Díaz y Vanegas (2001) señalan que los derivados permiten a los productores, compradores e intermediarios del bien subyacente administrar el riesgo del mercado con bajos costos de transacción.

Por su parte, los *commodities* son, en su mayoría, materias primas utilizadas en procesos productivos, cuyos precios varían en función de la oferta y la demanda. Estos precios en el largo plazo tienden a regresar a niveles promedios históricos, lo que se conoce como *reversión a la media*. Autores como Gibson y Schwartz (1990), Cortázar y Schwartz (1994), García y Ruiz-Porras (2009) y Cárcamo y Arbeláez (2008) han incorporado en sus análisis este concepto en los precios de los *commodities* y han corroborado que dichos precios presentan

⁶ ICE Futures Coffee. Sitio web: <http://data.tradingcharts.com/futures/quotes/kc.html>

reversión a la media y altas volatilidades, características que no presentan los precios de las acciones.

En Colombia algunos productores agrícolas a gran escala usan *forwards*, que se pactan entre dos instituciones o entre una entidad financiera y un cliente. El que asume la posición larga⁷ se compromete a comprar el activo en la fecha futura al precio acordado. Para este escenario, si en el momento de la entrega el precio del mercado es más alto que el precio acordado en el contrato, el que tiene la posición larga va a conseguir una ganancia; contrariamente, si el precio ha bajado, el que tiene esta posición presenta una pérdida.

Colombia carece de un mercado de futuros sobre los *commodities*. Similar a los *forwards*, los futuros son acuerdos para comprar o vender un activo en una fecha específica en el futuro a un precio determinado; pero, adicionalmente, el mercado es estandarizado⁸ y se maneja en la bolsa de productos derivados, que es regulada por una cámara de compensación,⁹ a fin de reducir la probabilidad de incumplimiento (Lara, 2005 y Hull, 2009).

En estos mercados participan agentes, productores, comercializadores, exportadores e inversionistas, con fines de protección de riesgo y obtener ganancias, por especulación o arbitraje. Para Díaz y Vanegas (2001), el especulador espera tener un beneficio por las fluctuaciones de los precios, y usualmente no le interesan los bienes subyacentes. Por su parte, los *arbitrajes* son transacciones simultáneas en más de un mercado para obtener un beneficio libre de riesgo con una inversión de cero. Estas operaciones mantienen alineados los mercados *spot*, de futuros y de crédito.¹⁰

⁷ Posición larga (compra)
Posición corta (venta).

⁸ Los futuros aparecen estandarizados en bolsa de valores, donde se especifican claramente el activo y sus características, la fecha, el lugar de la entrega y el monto.

⁹ Una cámara de compensación se encarga de registrar y garantizar el cumplimiento de las transacciones actuando como intermediaria y garante del cumplimiento de los contratos para todos los participantes.

¹⁰ Las transacciones que realiza un agente en un proceso de arbitraje son mutuamente financiadas, es decir, las posiciones cortas en un mercado las financia con posiciones largas que abre en otro.

5.4.1 Rendimientos de conveniencia

Kaldor (1939), Brennan (1958) y, más recientemente, Pindyck (2001) han abordado el concepto los rendimientos de conveniencia y el *cost of carry*,¹¹ tratando de establecer las relaciones entre el precio de los *commodities* y su almacenamiento.

A fin proporcionar mayor claridad, Pindyck (2001) indica que el precio de contado de la mercancía se puede explicar de manera similar al precio de una acción al contado, y así establece que el precio de una acción puede considerarse como el valor presente de los flujos futuros esperados de los dividendos; análogamente, el precio de una mercancía es el valor presente de los flujos futuros esperados de los rendimientos de conveniencia. Este análisis permite asociar dichos rendimientos con un dividendo y, similar al mercado de acciones, los rendimientos de conveniencia dependen del nivel actual de precios y su volatilidad, pero adicionalmente del nivel de almacenamiento.

Asimismo, Borak *et al.* (2006) precisan que los rendimientos de conveniencia son similares a los dividendos obtenidos por la tenencia de acciones; al representar el privilegio de mantener una unidad de inventario para satisfacer una demanda inesperada, estos autores definen los *rendimientos de conveniencia* como la diferencia entre el precio *spot* esperado y el precio de futuros. Además, destacan que los rendimientos de conveniencia pueden aumentar con el nivel de precio al contado y suponen que una alta volatilidad en el mercado *spot* puede conducir a un aumento en la demanda de almacenamiento debido a la mayor necesidad de amortiguar los riesgos.

En este trabajo se entenderá como el *rendimiento de conveniencia* aquel beneficio obtenido por poseer el bien físico, en vez de tener el contrato en el futuro (un bien financiero); dicho beneficio es proporcionado por la seguridad de contar con el activo anteponiéndose a ciertos escenarios de escasez o aumentos de la demanda del bien.

Evidentemente, la cantidad del activo físico se refleja en el nivel de inventarios, de manera que para una empresa como Nestlé, que requiere para su producción de determinadas libras de café, poseer la mercancía en sus inventarios en vez de contratos de futuros sobre el

¹¹ Concepto que se explica más adelante.

bien podría ser más beneficioso, pues al causarse un evento que afecte la producción del *commodity* (un fenómeno climático, por ejemplo) y, simultáneamente, un incremento en la demanda, el precio del *commodity* aumentaría significativamente, por lo que ya, teniendo el bien, tendría asegurada la producción.

Para Kaldor (1939), Brennan (1958), Borak *et al.* (2006) y Cárcamo y Franco (2012), los rendimientos de conveniencia tienen una relación inversa con los inventarios; además, existe una correlación positiva entre los rendimientos de conveniencia y el precio *spot* del *commodity*; los rendimientos de conveniencia son del titular de la materia física, no del titular del derivado financiero, y disminuyen el riesgo asegurando el abastecimiento.

A continuación se expone el modelo teórico de no arbitraje para un mercado hipotético de futuros en Colombia, basado en el modelo de no arbitraje propuesto inicialmente por Díaz y Venegas (2001) y complementado por Cárcamo y Franco (2012), al incorporar los rendimientos de conveniencia e integrar las teorías fundamentales de Kaldor (1939) y Brennan (1958), entre otros; en este sentido, el precio teórico de un *commodity* en ausencia de oportunidades de arbitraje de expresa de la siguiente manera:

$$F^T(t) = S_0 [1 + r(T-t) + c(T-t) - y(T-t)] \quad (1)$$

Donde:

S_0 es el precio *spot* del *commodity*

$F^T(t)$ es el precio en el mercado futuro sobre el *commodity* con vencimiento en T

r es la tasa financiera de Colombia

c es el costo de almacenamiento en Colombia

$(T-t)$ es el tiempo para la expiración del contrato de futuro

y es el rendimiento de conveniencia del contrato de futuro

Otro concepto desarrollado especialmente por Kaldor (1939) es el *cost of carry*, C_T , que se define como el costo de tener el activo subyacente, de manera que, de no considerar el ingreso generado por el activo, es la suma de los costos de financiación, r , y los costos de almacenamiento, c , de modo que:

$$C_T = r + c \quad (2)$$

Entonces, el precio del *commodity* en t , en caso de poseer el activo, es el siguiente:

$$F^T(t) = S_0 [1 + (C - y)(T - t)] \quad (3) \quad \text{o} \quad F^T(t) = S_0 e^{(C - y)(T - t)} \quad (4)^{12}$$

El precio teórico del futuro está en función del precio *spot* del *commodity*, el *cost of carry*, el rendimiento de conveniencia y el plazo. A continuación se examinan los escenarios de arbitraje propuestos por Díaz y Vanegas (2001) y Cárcamo y Franco (2012) en un mercado de futuros teóricos local, asumiendo que existen dos economías (la local y la externa) y cuatro mercados a saber: un mercado *spot* local, un mercado local de futuros teóricos sobre productos agrícolas, un mercado *spot* en el exterior y un mercado de futuros sobre productos agrícolas en el exterior. Se plantean los siguientes supuestos:

- No existen *spreads* de compra-venta en los mercados de futuros.
- Los agentes tiene previsión perfecta las expectativas son racionales.
- La economía local es pequeña y abierta; este mercado es tomador de precios; el mercado exterior es el dominante en el mercado *spot* y de futuros.
- Existe libre comercio entre Colombia y el exterior que permite exportar con un costo $E \geq 0$ e importar el *commodity* con un costo $I \geq 0$; en ambos casos, los costos están representados como una proporción del precio *spot* del *commodity*, e incluyen aranceles, seguros, transportes, etc.
- Las estructuras de plazos de la tasa de interés tanto para la economía local como para la externa son constantes.
- No hay costos de transacción como comisiones, impuestos, etc.; los mercados de futuros son perfectos.
- Existen rendimientos de conveniencia en el mercado local y en el mercado externo, se expresan en forma continua y aparecen teóricamente en el mercado de futuros

¹² De manera continua.

colombiano y se encuentran implícitos en el mercado de futuros sobre el *commodity* almacenable en el exterior.

- Existe un mercado de futuros de tipo de cambio.

Para evitar las posibilidades de arbitraje en un futuro teórico sobre un *commodity* en Colombia, se debe cumplir con lo siguiente:

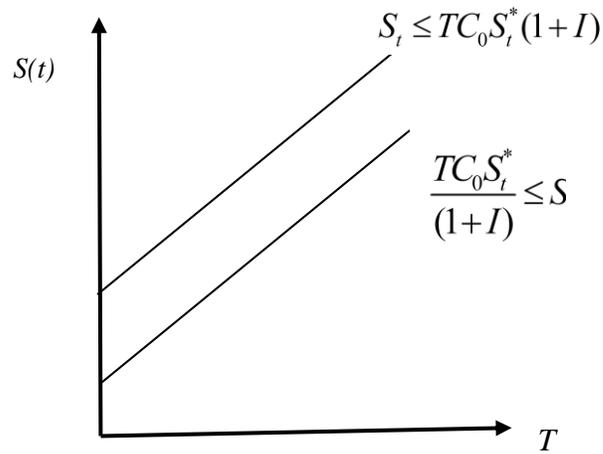
$$f^T(t) = S_0 e^{r(T-t) + c(T-t) - y(T-t)} \quad (5)$$

La Ecuación 5 muestra que el precio en el mercado colombiano de un contrato de futuro sobre el *commodity*, con vencimiento en T , depende del precio de contado del *commodity* almacenable en Colombia, S_0 , del costo de financiación en Colombia, r , del costo de almacenamiento local, c , y de los rendimientos de conveniencia del contrato de futuro, y , durante el tiempo para la expiración del contrato de futuro ($T - t$). Análogamente, hay un mercado internacional del *commodity*, de manera que las variables asociadas a este se denotarán en adelante con un asterisco (*):

$$f^{*T}(t) = S^*_0 e^{r^*(T-t) + c^*(T-t) - y^*(T-t)} \quad (6)$$

Así, las únicas variables de las Ecuaciones 5 y 6 no observables en la realidad son los precios de los futuros, $f^T(t)$, y los rendimientos de conveniencia, y , a nivel local, debido a la ausencia de dicho mercado en nuestro país. Entre los mercados *spot* y de futuros nacional e internacional existen posibilidades de arbitraje; la Figura 3 muestra la región para el precio *spot* del *commodity* en Colombia obtenida a partir de una demostración teórica del análisis de las condiciones de no arbitraje en el mercado internacional, propuesta inicialmente por Díaz y Vanegas (2001; v. el Anexo 3). En dicha región debe de estar el precio, S_t , para evitar posibilidades de arbitraje a partir de la exportación o la importación del *commodity*, y está en función del precio *spot* internacional, el tipo de cambio y el costo de importar y exportar el *commodity*.

Figura 3. Región de equilibrio del precio del *commodity* café almacenable en Colombia

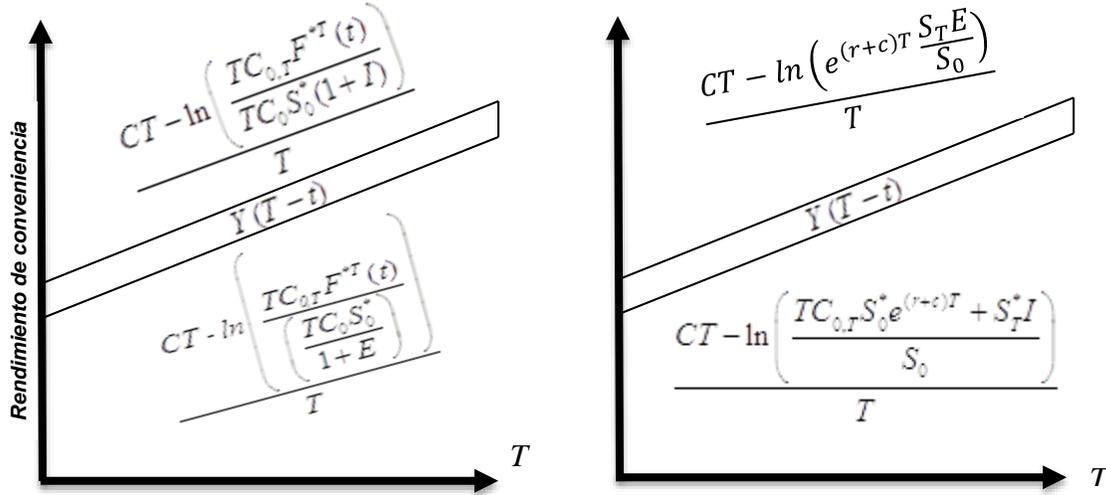


Fuente: Cárcamo y Franco (2012: 153).

La Figura 4 muestra el análisis a partir de las condiciones de no arbitraje entre los mercados locales y externos donde se encuentran las regiones para los rendimientos de conveniencia en un mercado de futuros local con cumplimiento financiero (a) y efectivo (b).¹³

¹³ La operación es de *cumplimiento efectivo* si hay entrega del activo subyacente. La operación es de *cumplimiento financiero* si en la fecha de cumplimiento no se entregan el activo subyacente y su precio a cambio, sino únicamente el diferencial entre el precio pactado (*Guía del mercado de valores*. Sitio web: <http://bu.com.co/docs/public/ebooks/guia-del-mercado-de-valores/files/assets/basic-html/page190.html>).

Figura 4 Región de equilibrio de rendimientos de conveniencia, y, en el mercado local. Mercado de futuros con cumplimiento financiero (a) y con cumplimiento efectivo (b)



Fuente: Cárcamo y Franco (2012: 154).

Además muestran el límite máximo y el mínimo de los rendimientos de conveniencia para evitar las posibilidades de arbitraje en ambos mercados. Las bandas de la Figura 4(a) corroboran una correlación positiva entre el precio al contado del *commodity* y sus rendimientos de conveniencia en el mercado local. A partir de las siguientes ecuaciones se obtienen las regiones de los precios teóricos del mercado de futuros si no existen posibilidades de arbitraje en un mercado local de cumplimiento financiero y efectivo.¹⁴

5.4.2 Mercado de cumplimiento financiero

$$F^T(t) \geq S_0 \left(\frac{TC_{0,T} F^{*T}(t)}{TC_0 S_0^* (1+I)} \right) \quad (7)$$

$$F^T(t) \leq S_0 \left(\frac{TC_{0,T} F^{*T}(t)}{TC_0 S_0^* (1+E)} \right) \quad (8)$$

¹⁴ Para un mayor detalle de este procedimiento, v. Cárcamo y Franco, 2012.

5.4.3 Mercado de cumplimiento efectivo

$$F^T(t) \leq S_0 \left(\frac{TC_{0,T} (S_0^* e^{(r^*+C^*)T} + S_T^* I)}{S_0} \right) \quad (9) \quad F^T(t) \geq S_0 (e^{(r+C)T}) - S_T E \quad (10)$$

En el caso del mercado de cumplimiento financiero, todas las variables observables determinan el comportamiento de los rendimientos de conveniencia y de los precios teóricos de los futuros; las desigualdades analizadas muestran una aproximación al mercado *spot* y de futuros locales, y establecen regiones en las cuales se eliminan las posibilidades de arbitraje. Las siguientes fórmulas suministran una aproximación a un rango de cobertura, de manera que presenta un rango superior (Ecuación 11) e inferior (Ecuación 12) sobre la cobertura para un mercado de futuros con cumplimiento financiero:

$$F1 = S_0 (1 + E) \left(\frac{TC_{0,T} e^{(c^*+r^*-y^*)T}}{TC_0} \right) \quad (11) \quad F2 = S_0 \left(\frac{TC_{0,T} e^{(c^*+r^*-y^*)T}}{TC_0 (1 + I)} \right) \quad (12)$$

Como la economía nacional es tomadora de precios, se espera que la correlación entre los precios colombianos e internacionales sea alta y positiva. De esta manera se puede modelar el precio *spot* en Colombia con base en el precio internacional; de acuerdo con la teoría del almacenamiento de Kaldor (1939) y otros autores, el precio *spot* del *commodity* almacenable podría depender inversamente del nivel existente de inventarios. Otra variable que puede afectar el mercado agropecuario es el clima.

6 MEMORIA METODOLÓGICA

6.1 Método de estimación

Modelo ARMA – GARCH

Siguiendo a Tsay (2005: 81) en un modelo autorregresivo de media móvil, ARMA, una serie r_t sigue un proceso ARMA (1.1) si satisface lo siguiente:

$$r_t - \phi_1 r_{t-1} = \phi_0 + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Donde:

a_t es a una serie de ruido blanco

El lado izquierdo de la ecuación es el componente *AR* del modelo; y el lado derecho es el componente *MA*

Φ_0 es el término constante; para que el modelo sea significativo, $\phi_1 \neq \theta_1$ (v. el Anexo 5)

Por su parte, Bollerslev (1986) propone los modelos GARCH, en los cuales la varianza condicional depende no solo de los cuadrados de las perturbaciones, sino también de las varianzas condicionales de períodos anteriores; para un retorno de serie (*log*) r_t , este modelo permite lo siguiente:

$$a_t = r_t - \mu_t$$

Donde:

a_t es la perturbación del tiempo, t

Entonces a_t seguirá un modelo GARCH (m, s) así:

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t, \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Donde:

$\{\varepsilon_t\}$ es una secuencia de variables aleatorias distribuidas *iid* con media 0 y varianza 1.

$$0, \alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0 ; \text{ y } \sum_{i=1}^{\max(m,s)} \alpha_i + \beta_i < 1$$

$$\alpha_i = 0, \text{ para } i > m \quad \beta_j = 0 \text{ para } j > s$$

La última restricción en $\alpha_i + \beta_j$ implica que la varianza incondicional de a_t es finita y constante, mientras que su varianza condicional, σ^2 , evoluciona con el tiempo.

6.2 Análisis de la información

A continuación se definen las variables para las estimaciones, teniendo en cuenta que en el modelo propuesto la variable de precio interno depende de variables como el precio externo, la variable climática, ENSO, y el nivel de inventarios tanto internos como externos.

La Tabla 2 del Anexo 4 define las variables y describe brevemente la fuente.

Las variables en estudio están disponibles mensualmente desde abril de 1996 hasta septiembre de 2014, y emplean 221 observaciones en cada una. La Tabla 3 del Anexo 4 muestra las estadísticas descriptivas a partir de las cuales se ve que ninguna variable tiene una distribución normal. Por otra parte, el precio promedio interno en el período analizado corresponde a USD 0.83, siendo inferior al precio externo promedio, que corresponde a USD 1.42. El promedio de la variable climática corresponde a -1.12 , donde hay períodos de clima frío y de precipitación, lo que para el cultivo del café es beneficioso, pero su tiempo de maduración es más prolongado.

El valor máximo de los precios corresponde a USD 2.14 por libra a nivel nacional, mientras que el precio máximo en el exterior se encuentra en USD 3.09 por libra, siendo

superior al nacional; los precios mínimos, por su parte, se encuentran en USD 0.36 y 0.57 por libra, respectivamente, en ambos mercados. En cuanto al clima, la variación máxima de índice, ONI, ha sido de 2.4, y la mínima de -1.7, y se encuentra significativamente lejos de su límite (-5 y +5); las desviaciones estándar más altas se evidencian en los inventarios internos y externos, que muestran valores mucho más alejados de la media.

Las Figuras 8 a la 12 del Anexo 4 muestran el desempeño de cada una de las variables en el período que va de abril de 1996 a septiembre de 2014. Las figuras muestran tres importantes picos en el precio interno: 1997, 2011 y 2014; para la variable de precio externo, los picos se presentan en los mismos años pero con mayor intensidad, de manera que las figuras de precio externo y precio interno tienen un comportamiento muy similar, aunque el precio externo tiene movimientos más bruscos y picos más elevados, lo que resulta lógico, dado que existe una relación directa entre el precio externo y el precio interno, pues a medida que cambia el primero por variables exógenas se afecta el segundo.

También se evidencian períodos de precios muy bajos, como entre 2000 y 2004, y a partir de entonces se ve una breve recuperación tanto para los precios internos como los externos.

El nivel de inventarios nacionales e internacionales no se relaciona; el primero presenta picos muy altos, especialmente a mediados de 2008, y cambios muy bruscos en muy poco tiempo; los inventarios internacionales presentan movimientos más suaves, con picos en 2000, 2004 y 2008. Ambos niveles de inventarios antes de 1996 presentan los niveles mínimos y comienzan a crecer a partir de 1999; además, se evidencia una caída entre 2010 y 2012; la variable ENSO (v. la Figura 12 del Anexo 4) presenta oscilaciones entre -5 y +5, con un máximo entre 1996 y 1998, donde comienza a descender; más recientemente, en 2009 se presentan temperaturas muy altas, lo que contribuye a la maduración del café; y en 2010 vuelve a caer tomando valores negativos. Los valores máximos y mínimos corresponden a 2.4 y -1.7, respectivamente.

7 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Modelación del precio interno del café

A partir de los tests de raíz unitaria de c se pretende comprobar si las variables son estacionarias al nivel, y, de no serlo, el orden de integración de cada una de estas. La Tabla 4 del Anexo 6 muestra los resultados de las pruebas para las variables por estudiar tanto al nivel como en primeras diferencias.

Los tests aplicados a las variables al nivel confluyen en demostrar que las variables precio interno, Y_1 , precio externo, X_1 , e inventarios externos, X_4 , son integrados de orden uno, $I(1)$, pues al realizar las tres diferentes pruebas con las variables al nivel no se encuentra evidencia para rechazar la hipótesis nula. El test KPSS ayuda a reforzar el grado de integración de las series en estudio; este establece como hipótesis nula que la variable es estacionaria, de manera que de rechazarla la serie de precios al nivel no sería estacionaria. Para las series Y_1 , X_1 y X_4 al nivel, se rechaza la hipótesis nula, confirmando que los precios no son estacionarios al nivel.¹⁵

No obstante, las pruebas anteriores aplicadas a la primera diferencia demuestran que las variables Y_1 , X_1 y X_4 son $I(1)$. Aplicando los tests mencionados a las variables ENSO, X_2 e inventarios internos, X_3 , se constata que estas no tienen raíz unitaria; por lo tanto, estas dos variables son estacionarias al nivel.

A continuación se pretende modelar el diferencial del logaritmo del precio como un ARMA, dado que si la primera diferencia se modela así, entonces el precio se modela como un ARIMA, $I(1)$. En términos económicos, la primera diferencia del logaritmo del precio se interpreta como el rendimiento de los precios del café.

¹⁵ En el caso del precio externo, X_1 , al nivel la prueba KPSS, el estadístico corresponde a 1.5123, que se ubica a la derecha de los puntos críticos en la región de rechazo; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que establece que la serie es estacionaria.

Para la modelación se recurre a la metodología de Box-Jenkins. A fin de introducir los procesos autorregresivos se realiza el correlograma simple de la primera diferencia de la serie precio interno (v. la Figura 13 del Anexo 7), que proporciona una idea del grado de integración.¹⁶

El marco teórico muestra las definiciones de los principales instrumentos financieros, además muestra las demostraciones teóricas de los rendimientos de conveniencia, los cuales tienen relación directa con el precio de contado y el nivel de inventarios.

Pero adicional a estas variables, la literatura¹⁷ sugiere que el precio de un *commodity* agrícola puede depender de variables climáticas, para lo cual en el modelo empírico el precio interno tomando como variables independientes el precio externo, el nivel de inventarios internos y externos y el *ENSO* (como variable climática).

Así mismo se debe tener en cuenta que en finanzas los modelos de series de tiempo explican el precio actual de ciertos productos financieros, de manera que un precio presente puede depender de valores y perturbaciones pasadas, por lo cual se modela el precio, mostrando un comportamiento *ARMA(1.1)* y *GARCH(1.1)*¹⁸

A partir de allí se obtienen los parámetros, que se utilizaran para hallar las bandas en las cuales oscilaría el precio del café, y los rendimientos de conveniencia.

Trabajos previos como los de Pérez (2006) y Mohan *et al.* (2004)¹⁹ modelan el precio del café, emplean precios diarios y mensuales, respectivamente, y permiten corroborar que los impactos al precio del café no presentan tanta parsimonia²⁰, de manera que la longitud de los rezagos es inferior a un año. En este sentido se considera la introducción de un proceso

¹⁶ Inicialmente un posible proceso ARMA (7.7) hasta llegar al modelo definitivo ARMA (1.1).

¹⁷ Díaz y Vanegas (2001), Cárcamo y Arbeláez (2008), Cárcamo y Franco (2012),

¹⁸ Se ampliará más adelante.

¹⁹ Emplean los precios mensuales del café y llegan a un modelo GARCH (1.1).

²⁰ En series de tiempo, el principio de parsimonia, indica usar el modelo con el menor número de parámetros posibles, (http://www.dpye.iimas.unam.mx/miguel/st_especialidad/Clase_13__7_mayo.pdf)

ARMA 1.1, que arroja los resultados expuestos en la Tabla 8 del Anexo 6; los modelos del 11 al 14 varían en los rezagos para las variables relacionadas con el nivel de inventarios local y el nivel de inventarios externos. Según los coeficientes de Akaike y Schwarz, se logró determinar que el modelo 11 tiene el mejor ajuste.

El correlograma de los residuales del modelo 11 muestra que son ruido blanco (v. el Anexo 7) y, además, todas las variables son significativas; pero se debe considerar que las series financieras se caracterizan por la existencia de *clustering* en la volatilidad, lo que es una posible señal de efectos GARCH; para verificar existencia de dicho efecto se traza el correlograma de la rentabilidad de los precios al cuadrado (v. la Figura 15 del Anexo 7) para detectar un posible efecto GARCH, que parece indicar que sí existe tal efecto. Con el fin de corroborarlo se realiza el test de heterocedasticidad condicional ARCH-ML, que establece como hipótesis nula, H_0 , que no existe el efecto ARCH, y obtiene un P -valor equivalente a 0.0394**, lo que indica que con un nivel de significancia del 5 % se evidencia la existencia de heterocedasticidad condicional y justifica la introducción de un GARCH.

El modelo final para el precio interno de café es el modelo 15 (v. la Tabla 9 del Anexo 6) que, en términos matemáticos, se obtiene así:

$$y_t = e^c \left(\frac{x_{1,t}}{x_{1,t-1}} \right)^{\beta_1} e^{\beta_2 x_2} e^{\beta_3 x_{2,t-3}} \left(\frac{x_{3,t-7}}{x_{3,t-8}} \right)^{\beta_4} \left(\frac{x_{4,t-7}}{x_{4,t-8}} \right)^{\beta_5} \frac{y_{t-1}^{1+\rho}}{x_{t-2}^\rho} e^{\varepsilon_t}$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t \eta_t; \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \delta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad 21$$

Donde:

$$c = 0.00114$$

$$\beta_1 = 1.02354***$$

$$\beta_2 = -0.0077***$$

$$\beta_3 = 0.00735***$$

²¹ La perturbación tiene una varianza condicional, la cual se modela como un GARCH, donde la varianza σ_t^2 dependerá de la perturbación pasada al cuadrado a_{t-1}^2 , pero además dependerá de la varianza condicional pasada al cuadrado σ_{t-1}^2 . (Casas y Cepeda 2008).

$$\beta_4 = -0.00553***$$

$$\beta_5 = -0.0169*$$

$$\rho_1 = 0.2569 **$$

$$\alpha_0 = 0.0001691**$$

$$\alpha_1 = -0.0092446$$

$$\delta_1 = 0.869952***$$

$$\sigma_t^2 = 0.0001691 - 0.0092446a_{t-1}^2 + 0.869952\sigma_{t-1}^2$$

El modelo sugiere que la rentabilidad del precio interno del café tiene cierta inercia con respecto a la del mes anterior; así, ante un aumento del rendimiento del precio interno ρ_1 en una unidad, el rendimiento del precio actual incrementa en 0.2569, con un nivel de significancia del 5%; además, se encuentra una relación directa significativa al 1% con la rentabilidad del precio externo. Con respecto a la variable del clima, existe una relación inversa, de manera que ante la disminución del ENSO β_2 en una unidad la rentabilidad crece en 0.0077, pero tiene relación directa con el clima de tres meses atrás β_3 .

Por otra parte, la teoría establece una relación inversa²² entre el nivel de inventarios y el precio *spot*, lo que concuerda con los resultados; de manera que la variación de los inventarios internos del séptimo mes afecta negativamente la rentabilidad, mostrando que ante un aumento en una unidad en los inventarios internos β_4 de siete meses atrás, la rentabilidad disminuye en 0.0055. Análogamente, pero con mayor fuerza, ante un aumento en una unidad de la variación de inventarios externos de siete meses atrás, la rentabilidad disminuye en 0.0169. Esto demuestra que los inventarios mundiales tienen mayor efecto en el precio interno que los inventarios locales.

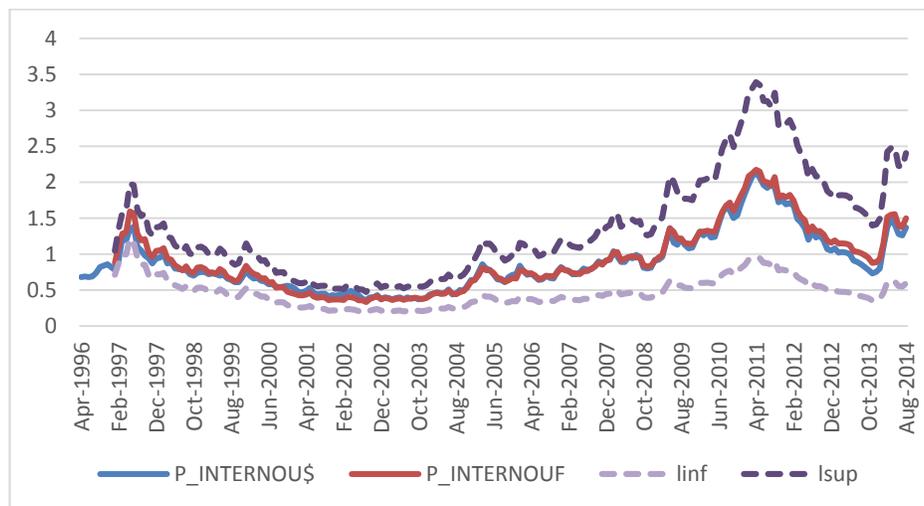
²² En el sentido económico la relación inversa implica que a medida que hay más inventarios, hay sobreoferta, impacta negativamente a los precios

Dado que ε_t , es la perturbación que recoge todo lo que pueda afectar a la variable dependiente, que no se encuentra correlacionada por las otras variables, razón por la cual se introduce ε_t , que posee una parte aleatoria η_t , y otro componente condicional σ_t el cual se modela como un GARCH.

El proceso GARCH (1.1) muestra una relación negativa con la perturbación al cuadrado del período anterior a_{t-1}^2 , equivalente a -0.0092446 , pero no es significativa; y una relación positiva y significativa con la varianza al cuadrado del período anterior σ_{t-1}^2 equivalente a 0.869952

Los modelos de varianza condicional GARCH son importantes en la economía y las finanzas porque permiten modelar la volatilidad que en términos financieros implican riesgo. De acuerdo con Casas y Cepeda (2008), estos modelos son utilizados en finanzas para modelar series de tiempo financieras, dado que permiten pronosticar los precios.

Figura 5 Modelo de precios spot interno del café



Fuente: elaboración propia.

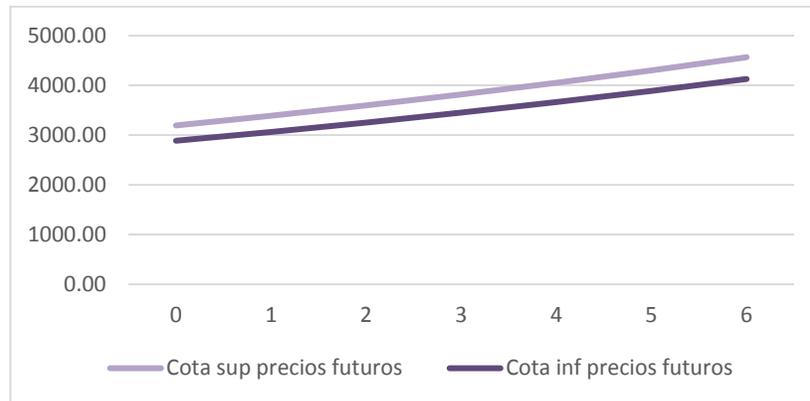
La Figura 5 muestra el comportamiento del precio interno del café en comparación con el pronóstico, $P_{Internouf}$, pero adicionalmente exhibe el límite inferior y superior de los precios internos de café (v. el Anexo 8).

El modelo empírico, del precio con base variable de inventario y clima, proporciona una visión acerca de las relaciones, entre el precio spot, los inventarios nacionales e internacionales y el clima, una vez interpretados los parámetros, se aplican las formulas obtenidas en las demostraciones de Díaz y Vanegas (2001) y Cárcamo y Franco (2012) implementando datos estáticos y se obtienen las bandas en las cuales oscilar los rendimientos de conveniencia y los precios teóricos.

A continuación se presenta un ejercicio práctico, para el cual se pretende emplear información más aproximada a la realidad tomada de fuentes confiables y de las entrevistas realizadas (v. el Anexo 2). Para los costos de exportación e importación, el ejercicio se apoya en los costos por unidad de almacenaje que reporta el Banco Mundial (v. el Anexo 9) complementado con información que suministra un exportador de café entrevistado, lo cual permite calcular el costo de exportación, E , y el costo de importación, I , una fracción constante del precio del bien que corresponde al 5.3 y el 5.06 %, en su orden. La entrevista suministrada por Almacafé permite establecer que el costo aproximado de almacenamiento corresponde al 2 %, al cual se le suma la tasa de colocación vigente a diciembre de 2015 tomada de la Superintendencia Financiera, para hallar el *cost of carry*. Asimismo, se incluye el precio *spot* de café en Colombia y en el exterior;²³ toda esta información permite obtener los precios teóricos (v. la Figura 7). Aplicando las Ecuaciones 11 y 12 expuestas en la sección 5.4 de este trabajo se encuentra que en un T de seis meses la cuota superior oscilaría entre \$ 3 193 y \$ 4 564, mientras que la cuota inferior estaría entre \$ 2 887 y \$ 4 126.

²³ Información del 20 de noviembre de 2015. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, FNC. Sitio web: <http://www.federaciondecafeteros.org/>

Figura 6 Aproximación al comportamiento de los precios teóricos futuros del commodity café en el mercado local

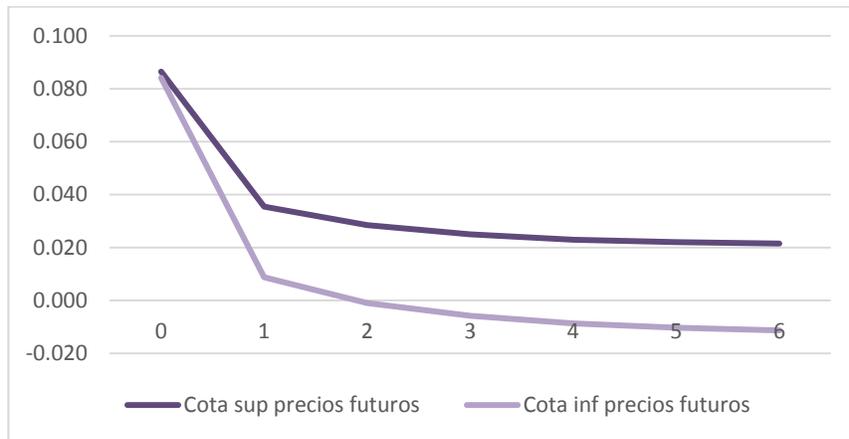


Fuente: elaboración propia.

La Figura 7 ilustra la evolución del precio teórico subyacente a través del tiempo asumiendo un tiempo de seis períodos. Para estimar las bandas teóricas de los rendimientos de conveniencia expuestos en la Figura 3, se requiere de la información anterior, pero, adicionalmente, se requieren los precios de los futuros del contrato, C , en la Bolsa de Nueva York apoyados en las bandas expuestas en dicha figura. La Figura 7 ilustra la evolución de los rendimientos de conveniencia en el tiempo para un caso de cumplimiento financiero; este comportamiento es decreciente en seis períodos, y muestra que, a mayor tiempo, los rendimientos de conveniencia van a ser más pequeños.

Esta brecha entre las cotas superior e inferior de los precios de los futuros se va ampliando a medida que crece el tiempo, siendo casi iguales en el período cero (0). El límite superior se encuentra entre 0.86 y 0.22, y se hace más constante a medida que pasa el tiempo; el límite inferior oscila entre 0.86 y -0.011 ; este resultado difiere del obtenido por Cárcamo y Franco (2012) para el caso del aceite de palma.

Figura 7 Evolución teórica del rendimiento de conveniencia



Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que las bandas de los precios teóricos y rendimientos de conveniencia sirven como referencia para decidir qué posición asumir en caso existir de un mercado de futuros en Colombia, lo que resulta fundamental ante el incipiente mercado bursátil en nuestro país.

8 CONCLUSIONES

El mercado de café en Colombia se ha visto afectado negativamente por el rompimiento del acuerdo de cuotas (Pacto Internacional del Café, 1989), aunado a la incursión al mercado mundial de otros competidores como Brasil y Vietnam, que generó niveles históricos mínimos en 2002 por razones de sobreproducción e intensificación de la competencia entre países productores de café. Si bien se puede afirmar que Colombia es uno de los principales países productores de café de calidad, que amerita el reconocimiento de una prima especial, es evidente que las preferencias han cambiado y han sido sustituidas por otras opciones de café de menor calidad para determinadas mezclas con menor precio, lo que incide en el precio interno del grano, esta conclusión se obtiene a partir del estudio cualitativo, basados en la revisión de estudios recientes (Paper), la FNC y de las entrevistas realizadas.

En el modelo con mejores índices, Akaike y Schwarz es el ARMA (1.1) – GARCH (1.1), se encuentra que la rentabilidad del precio interno del café depende del precio del mes anterior y del *shock* (variación estocástica) también del mes anterior; además, se encuentra una relación directa y muy significativa con la rentabilidad del precio externo. La variable clima es significativa y tiene una relación inversa, aunque tiene relación directa con el clima de tres meses atrás. Los resultados son consistentes con la teoría y cumplen con una relación inversa entre el precio *spot* y el nivel del inventario (en este caso, el de siete meses atrás). También se encuentra que los inventarios mundiales tienen mayor efecto en el precio interno que los inventarios locales.

En el último segmento se expuso un ejercicio empírico donde se calculan los costos de exportación e importación, que arrojan una fracción constante del precio del bien que corresponde a los costos de exportación e importación, en la que la proporción de los costos de exportación resultan ser mayores. La modelación del rendimiento de conveniencia y del precio del futuro teórico a nivel local permite encontrar la cuota superior y la cuota inferior,

siguiendo un comportamiento creciente en el tiempo. Al estimar las bandas teóricas de los rendimientos se obtiene la evolución de los rendimientos de conveniencia en el tiempo para un caso de cumplimiento financiero. Esta brecha entre las cotas superior e inferior de los precios de los futuros se va ampliando a medida que avanza el tiempo, siendo casi iguales en el período cero (0), mostrando así que la brecha de los rendimientos de conveniencia se hace más grande a medida que pasa el tiempo.

Teniendo en cuenta que los rendimientos de conveniencia son las ventajas derivadas de poseer el *commodity* físico, en vez de tener el contrato en el futuro para amortiguar posibles problemas de abastecimiento. Este beneficio es generado por la existencia del riesgo por lo cual implicaría que en el presente este beneficio sería menor pero a futuro, incertidumbre tendería a ser mayor.

Se destaca que las bandas de los precios teóricos y rendimientos de conveniencia sirven como referencia en la toma de decisiones ante la posibilidad de un mercado de futuros en Colombia, lo que resulta fundamental en el incipiente mercado bursátil en nuestro país.

Para Colombia, donde la mayor parte de su economía se sustenta en el sector primario, es necesario el estudio de coberturas financieras de protección ante las altas volatilidades de los precios. El presente documento aporta al estudio del tema y propone otras alternativas de cobertura que, de emplearse, podrían ser un alivio a los altos costos fiscales. Los subsidios y los mecanismos que inflan artificialmente el precio interno de café no son los mejores mecanismos para apoyar al caficultor colombiano debido a que estos apoyos no son equitativos y generan incentivos perversos para la productividad. Con el fin de mitigar el riesgo se sugiere la utilización de instrumentos financieros de cobertura.

9 REFERENCIAS

- Almacafé. Sitio web: <http://almacafe.com.co/>
- Andersen, T., Davis, R., Kreib, J. P. y Mikosch, T. (2009) *Handbook of Financial Time Series*. Berlín: Springer.
- Barro, M., Mendieta, J. F. y Soriano, F. A. (2009). *Utilización de derivados financieros como instrumentos de cobertura de riesgos de precios en las exportaciones del café ecuatoriano*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../1935.pdf>
- Beck, S. (2001). Autoregressive conditional heteroscedasticity in commodity spot prices. *Journal of Applied Econometrics*, JSTOR, 16(2), 115-132. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2678513>
- Beltrán, J. y Piñeros, A. (2013). *Sector agropecuario colombiano. Su realidad económica y perspectiva*. Bogotá: Universidad EAN. Recuperado de <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/4629/BeltranJorge2013.pdf?sequence=1>
- Black, F. y Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81(3), mayo-junio, 637-654. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/1831029?origin=JSTOR-pdf&seq=1#page_scan_tab_contents
- Bohman, M. y Jarvis, L. (1993) El acuerdo internacional del café: Análisis económico de los no miembros. *Revista Federación Nacional de Cafeteros*, 5, 11-25. Recuperado de <http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Bohman%20y%20Jarvis%20-%20El%20Acuerdo%20Internacional%20del%20Cafe,%20mercado%20de%20los%20no%20miembros.pdf>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), abril, 307-327. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304407686900631>

- Bolsa de Valores de Colombia, BVC (2014). *Guía de Mercado de Valores*. Recuperado de <http://bu.com.co/docs/public/ebooks/guia-del-mercado-de-valores/files/assets/basic-html/toc.html>
- Bolsa Mercantil de Colombia, BMC (2014). *Sistema de información de precios de la Bolsa Mercantil de Colombia*. Recuperado de <http://www.com.co/>
- Borak, S., Härdle, W., Trück, S. y Weron, R. (2006) *Convenience Yields from CO₂ Emission Allowance Futures Contracts*. Berlín: University of Humboldt, SFB 649 Discussion Paper 2006-076, pp. 1-25. Recuperado de <http://edoc.hu-berlin.de/series/sfb-649-papers/2006-76/PDF/76.pdf>
- Brennan, M. J. (1958). The Supply of Storage. *The American Economic Review*, 48(1), marzo, 50-72.
- Brooks, C (2008). *Introductory Econometrics for Finance* (2.^a ed). Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Café colombiano (2010) Tipos de café. En:<http://coffeescencial.blogspot.com.co/p/tipos-de-cafe.html>. Visitado en noviembre de 2015.
- Cano, C., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J. S. y Tique, E. (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores de Economía*. Bogotá: Banco de la República, Borrador 710, pp. 1-56. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/es/borrador-710>
- Cárcamo, U. y Arbeláez, J. (2008). Modelos de tiempo continuo para *commodities* agrícolas en Colombia. *AD-minister*, 11, julio-diciembre, 42-63.
- Cárcamo, U. y Franco, L. (2012). Una aproximación a la estimación de rendimientos de conveniencia y precios teóricos de futuros para *commodities* agropecuarios en Colombia. *Cuadernos de Administración*, 25(44), 141-173. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/205/20523152007.pdf>
- Cárdenas, J. (1993). *La industria del café en Colombia*. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Cardenas.%20>

- Cárdenas, J. (21 de agosto de 2013). El fin del pacto cafetero. *Dinero*. Recuperado de <http://www.dinero.com/edicion-presa/caratula/articulo/el-fin-del-pacto-cafetero/182429>
- Cardona, G. (2013). Paro cafetero: respuestas a una crisis de más de 20 años [Mensaje de un blog]. La caja registradora. Recuperado de <http://www.ecbloguer.com/lacajaregistradora/?p=1279>
- Casas, M. y Cepeda, E. (2008). Modelos ARCH, GARCH Y EGARCH: aplicaciones a series financieras. *Cuadernos de Economía*, XXVII(48), 287-319.
- Castro, A. (2004). Teoría de productos financieros derivados, Capítulo 2 de *¿Cómo mejorar la contabilización de los futuros financieros a través del uso adicional de las cuentas de orden?* Puebla: Universidad de las Américas, Colección de tesis digitales. Recuperado de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/castro_p_ra/capitulo2.pdf
- Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé (2011). *Cultivemos café. Manejo integrado del cultivo*. Recuperado de http://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/enfermedades.
- Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane (2012). *Cuentas nacionales*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/pib-cuentas-nacionales/investigaciones-especiales/77-cuentas-nacionales/cuentas-anuales/5154-cuentas-nacionales-cuentas-de-sectores-institucionales-base-2005>
- Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Dane (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuaria/encuesta-nacional-agropecuaria>
- Colombia, Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, Grupo de Estudios Económicos (2012). *Estudio sobre el sector del café en Colombia*. Bogotá: Superintendencia de Industria y Comercio. Recuperado de http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudios_Mercado/EstudioSectorialCafe.pdf

- Cortázar, G., y Schwartz, E. S. (1994). The valuation of commodity contingent claims. *The Journal of Derivatives*, 1, 27-35. Recuperado de <http://svc.riskamerica.cl/papers/Commodity%20Contingent%20Claims.pdf>
- Díaz, J. y Vanegas, F. (2001). Política agrícola y contratos de futuros: Un modelo de arbitraje. *Momento Económico*, 115, 2-21. Recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/moe/no115/MOE11501.pdf>
- Díaz, T. y Hernández, T. (2000). *Futuros y opciones financieras. Una introducción* (3.^a ed.). México: Limusa.
- Domínguez, J. (11 de agosto de 2013). Comienza entrega de subsidios cafeteros. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/entrega-subsidios-cafeteros>
- Echavarría, J. J., Esguerra, M. del P., McAllister, D. y Robayo, C. F. (2014) *Informe de la misión de estudios para la competitividad de la caficultura en Colombia*, Resumen ejecutivo. Bogotá: Universidad del Rosario. Recuperado de <http://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Resumen-Ejecutivo-version-definitiva>
- Engle, R. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *The Econometric Society*, JSTOR, 50(4), julio, 987-1007. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/1912773?seq=1#page_scan_tab_contents
- Esguerra, M. del P. y McAllister, D. (2014) El mercado internacional del café verde, su evolución reciente y sus perspectivas 2013-2020. Capítulo 1 de *El mercado internacional del café*. Bogotá: Universidad del Rosario. Recuperado de <http://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Mercado-Internacional-del-cafe-Esguerra-McAllister.pdf>
- Espasa, A. y Gracia, D. (s. f.). *Econometría II, Grado en Finanzas y Contabilidad, Metodología Box y Jenkins* [asignatura académica]. Madrid: Universidad Carlos III. Recuperado de http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). *Manejo agronómico*. Recuperado de http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/manejo_agronomico/
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2014a). *Plagas, enfermedades y sostenimiento del café*. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/caficultores/>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2014b). *Cafés de origen*. Recuperado de http://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/nuestro_cafe/cafes_especiales/categorias/
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2014c). *Nuestros caficultores*. Recuperado de http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/nuestros_caficultores_es/sala_de_prensa/detalle/plagas_enfermedades_y_sostenibilidad_del_cafe_ejes_tematicos_de_ultima_jorn/
- García, V. y Ruiz-Porras, A. (2009). Modelos estocásticos para el precio *spot* y del futuro de *commodities* con alta volatilidad y reversión a la media. *Revista de Administración, Finanzas y Economía*, 3(2), 1-24. Recuperado de <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/23177/>
- Gibson, R. y Schwartz, E. (1990). Stochastic convenience yield and the pricing of oil contingent claims. *The Journal of Finance*, 45(3), julio, 959-976. Recuperado de <http://www.anderson.ucla.edu/faculty/eduardo.schwartz/articles/42.pdf>
- Gil, L. C. (2006). Historia de la caficultura en Colombia [Mensaje de un blog]. Paisaje cultural cafetero información y noticias. Recuperado de www.paisajeculturalcafetero.net/historia-de-la-caficultura-en-colombia/.
- Hull J. (2009). Introducción a los mercados de futuros y opciones. Capítulo 2 de *Mecánica de los mercados de futuros* (6.^a ed.). México: Pearson/Prentice Hall, pp. 21-43.
- Jaillet, P., Ronn, E. y Tompaidis, S. (2004). Valuation of Commodity-Based Swing Options. *Management Science*, 50(7), 909-921. Recuperado de <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1040.0240?journalCode=mnsc>

- Jaramillo, C. (s. f.). *El mercado de futuros y el manejo de riesgos en el sector cafetero Colombiano*. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de <https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Jaramillo%20-%20Mercado%20de%20futuros%20y%20manejo%20de%20riesgos%20en%20el%20sector%20cafetero%20colombiano.pdf>
- Kaldor, N. (1939). Speculation and Economic Stability. *The Review of Economics Studies*, 7(1), octubre, 1-27. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/2967593?seq=1#page_scan_tab_contents
- Lara, A. (2005) *Productos derivados financieros. Instrumentos, valuación y cobertura de riesgos*. México: Limusa.
- Llanos Gonzales, S. (2013). *Cómo se negocia el café en la Bolsa de Nueva York*. Bogotá: Universidad de la Sabana. Recuperado de <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/6188/1/128204.pdf>
- Leibovich, J. y Estrada, L. (2009). Ruta a la prosperidad colectiva. Capítulo 4 de *Competitividad del sector del sector agropecuario colombiano* pp. 139-168. Recuperado de: [http://www.compitem.com.co/site/wp-content/uploads/informes/2008-2009/Agropecuario-\(agricultura\).pdf](http://www.compitem.com.co/site/wp-content/uploads/informes/2008-2009/Agropecuario-(agricultura).pdf)
- Lis, J., Campo, J. y Herrera, J. (2012). *Estudios sobre el sector del café en Colombia*. Superintendencia de industria y comercio. Recuperado de: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudios_Mercado/EstudioSectorialCafe.pdf
- Mesa Sectorial del Café (2010). Sitio web: <http://mesasectorialdecafe.blogspot.com/p/entorno-organizacional-del-sector.html>
- Merton, R. (1973a). Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics*, 3, 125-144. Recuperado de <http://www.people.hbs.edu/rmerton/optionpricingwhenunderlingstock.pdf>
- Merton, R. (1973b). Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141-183.

- Mohan, S., Gemech, F., Reeves, A. y Struthers, J. (2004) The welfare gain from eliminating coffee price volatility: The case of Indian coffee producers. *The Journal of Developing Areas*, 48(4), 57-72. Recuperado de https://muse.jhu.edu/login?auth=0&type=summary&url=/journals/journal_of_developing_areas/v048/48.4.mohan.html
- Montes, C. (2012). Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento de Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 98-108.
- Muñoz, J., Arias, N., Cañas, G., López, M., Cristancho, C., Gutiérrez, F. y Sanabria, C. (2009). Derivados sobre *commodities*, derivados tradicionales, no tradicionales. *Financieros y Derivados en Colombia*. Bogotá: Universidad de la Sabana, pp. 38-70. Recuperado de <http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/2676/1/122018.pdf>
- Novales, A. (2010). *Financial Econometrics*. Madrid: Universidad Complutense.
- Organización Internacional del Café, OIC (s. f.) Acuerdo Internacional del Café de 2007. Recuperado de <http://www.ico.org/ES/ica2007c.asp>
- Otero, J. y Milas, C. (2001). Modelling the spot prices of various coffee types. *Economic Modelling*, 18(4), 625-641. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999300000560>
- Peña, A., Ramírez, V., Valencia, J. y Jaramillo, A. (2012). La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia. En *Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana*. Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Avances tecnológicos. Recuperado de <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0415.pdf>
- Pérez, F. (2006). Modelación de la volatilidad y pronóstico del precio del café. *Ingenierías*, 5(9), julio-diciembre, 45-58. Recuperado de <http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/233/220>

- Pindyck, R. (2001). The Dynamics of Commodity Spot and Futures Markets: A Primer. *The Energy Journal*, 22(3), 1-29. Recuperado de http://web.mit.edu/rpindyck/www/Papers/Dynamics_Comm_Spot.pdf
- Reinoso, C., Vasconez, J. y Soriano, F. (2009) *Utilización de futuros y opciones financieras como instrumentos de cobertura de riesgos de precios en las exportaciones del cacao ecuatoriano al mercado internacional* [tesis de grado]. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/708>
- Revista Portafolio (25 de febrero de 2013). Paro cafetero es “innecesario” e “injusto”: Santos. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/paro-cafetero-colombia>
- Riaño, J. (1997) Mercado de futuros y la volatilidad del precio internacional del café. *Revista de la Federación Nacional de Cafeteros*, 13, 83-96. Recuperado de http://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/El_mercado_de_futuros_y_la_volatilidad_delPrecio_internacional_del_cafe-Juanita_Riano.pdf
- Rodríguez, J. (1997) *Introducción al análisis de productos financieros derivados, futuros opciones, forwards, swaps* (2.^a ed.). México: Limusa.
- Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC (2014). *Balance y perspectivas del sector agropecuario 2012-2013*. Recuperado de <http://www.sac.org.co/es/estudios-economicos/balance-sector-agropecuario-colombiano/290-balance-y-perspectivas-del-sector-agropecuario-2012-2013.html>
- Tsay, R. (2005). *Analysis of Financial Time Series* (2.^a ed.). Canadá: Wiley Interscience.
- Varangis, P., Siegel, P., Lewin, B. y Giovannucci, D. (2004) *La crisis cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente*. Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de www.federaciondefcafeteros.org/static/files/4.crisiscafeteleraefectos.pdf
- Velásquez, J. y Aldana, M. (2007). Modelado del precio del café colombiano en la bolsa de Nueva York usando redes neuronales artificiales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60(2), 4129-4144.

Working, H. (1949). The Theory of the Price of Storage. *The American Economic Review*, 39(6), 1254-1262. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1816601>

Fuentes de las bases de datos

Estadísticas de café en Brasil. Sitio web:

<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/imprensa/noticias/420-aprespdfviiiispcb>

Existencia de café pergamino en almacenes generales de depósitos. Sitio web:

http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/repparamnuke_2011.asp?cod=184

Precio de compra. Sitio web: [http://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-](http://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-fnc/index.php/comments/sistemas_de_informacion_vitales_para_la_toma_de_decisiones)

[fnc/index.php/comments/sistemas_de_informacion_vitales_para_la_toma_de_decisiones](http://www.federaciondecafeteros.org/pergamino-fnc/index.php/comments/sistemas_de_informacion_vitales_para_la_toma_de_decisiones)

Precio internacional del café arábigo. Sitio web: [http://www.indexmundi.com/es/precios-de-](http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=cafe-arabica&meses=300)

[mercado/?mercancia=cafe-arabica&meses=300](http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=cafe-arabica&meses=300)

ANEXOS

Anexo 1 Antecedentes

Tabla 1. Tabla de antecedentes

AÑO	AUTOR	TITULO DEL PROYECTO	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	DATOS	CONCLUSIONES
1990	Gibson R y Schwartz	Rendimientos de conveniencia de estocástico y el precio de los créditos contingentes de aceite	Hallar precios teóricos y rendimientos de conveniencia para el aceite.	Modelo estocástico de dos factores para precios financieros y el activo real sobre el precio futuro del aceite.	Precios de aceite desde 1984 a 1988	_El modelo explica los precios de los futuros, _Importancia de los rendimientos de conveniencia para <i>commodities</i> sin arbitraje. - Resultados contradicen otros estudios en la literatura sobre la volatilidad de los precios de los futuros y da resultados ambivalentes sobre el efecto Samuelson. _Correlación entre los precios al contado y de futuros disminuye con el tiempo de vencimiento de los futuros.
2000	Otero y Milas	Modelización de los precios al contado de varios café	Relaciones de largo plazo entre los precios <i>spot</i> de los cuatro tipos de café.	Modelo de comportamiento de largo plazo con variables endógenas como: precios de cuatro tipos de café; y dos variables endógenas (clima y rompimiento acuerdo del café)	Precios históricos trimestrales 1962 - 1998 Bolsa de Nueva York.	_El análisis de Perfil de persistencia muestra un ajuste más rápido al equilibrio por primera en comparación con el segundo vector debido a que el primero implica la Arábica café._ El ajuste es relativamente rápido, las fuerzas económicas actúan rápidamente y las discrepancias en las relaciones de equilibrio son de breve duración
2001	Díaz y Vanegas	Política agrícola y contratos de futuros: un modelo de arbitraje	-Analizar condiciones de Arbitraje de introducción de medo de Futuro agrícolas en México	-Modelo de equilibrio con expectativas racionales-Análisis de escenarios de arbitraje.-Se realizan ejercicios de estática comparativa sobre los efectos de un subsidio	Modelo Teórico	_Regiones factibles de dichos costos para que las condiciones de equilibrio se _Recomendaciones en materia de política agrícola para eliminar las distorsiones y externalidades. _Sugiere el diseño de portafolios que combinen futuros agrícolas con futuros financieros.

				(Variable exógena) en el equilibrio.		
2001	Beck	Heterocedasticidad condicional autorregresiva en los precios spot de las materias primas	Explicar teóricamente la introducción para la existencia de procesos autorregresivos heteroscedasticos condicional (<i>ARCH</i>) en los mercados de materias primas	Modelo <i>ARCH</i> , <i>ARCH-M</i> y <i>EGARCH</i>	Se analizan 20 productos agrícolas almacenables como Algodón, café, cobre etc y no almacenables como frutas y verduras en cosechas anual, desde 2da guerra mundial y antes	La varianza esperada influye en precio cuando hay un proceso <i>ARCH</i> si los agentes son reacios al riesgo, El modelo <i>ARCH-M</i> es apropiada para el nivel de precios.
2004	Mohan,Gemech, Reeves & Struthers	Precios de café y volatilidad: Caso de los productores de café India	* Evaluar el riesgo de los precios la volatilidad del precio del café después del período de la liberalización del mercado en la India utilizando la heterocedasticidad autorregresiva generalizada (<i>GARCH</i>) técnica econométrica.* estimar las ganancias de bienestar en caso de eliminar este riesgo	<i>GARCH (1,1)</i> para modelar la volatilidad.	Precio mensual del café (ICO), (media precio en finca pagados) 458 observaciones mensuales desde enero de 1973 a diciembre de 2011. Variables dummy: reformas de mercado, y coeficiente de aversión al riesgo extraído de la literatura.	_ el aumento del bienestar de la eliminación de este riesgo de los precios para los productores de café de la India es en promedio un 4,8% de las ventas de café. _ Facilitar el acceso mecanismos de cobertura. _ Ganancias de bienestar para los productores de la eliminación de esta volatilidad alrededor de US \$ 65 por finca
2006	Borak, Härdle, Trück y Weron	Los rendimientos de Conveniencia para derechos de Emisión de CO2 Contratos de Futuros	Estudiar la naturaleza de los rendimientos de conveniencia para el futuro de asignación de emisión de CO2, y el comportamiento del precio y la estructura del término de volatilidad.	Los rendimientos de conveniencia 2006 y 2007 con que un MA (1) para la media y un <i>GARCH (1,1)</i> para la ecuación de la varianza MA (1)- <i>GARCH (1,1)</i> , un modelo de dos factores utilizando actual el nivel de precios spot y su volatilidad como variables explicativa.	Cotizaciones diarias al contado y de futuros n la Bolsa Europea de la Energía (EEX) durante el período del 4 de octubre de 2005 al 29 de septiembre de 2006.	_Una alta proporción de los rendimientos se explica por el nivel de precios y la volatilidad de los precios spot. _ Relación positiva significativa entre los precios al contado de nivel y de conveniencia rendimientos. _ la volatilidad de los precios al contado exhibe correlación negativa con los rendimientos de conveniencia _El comportamiento de derechos de emisión de precios en el mercado spot y de futuros es diferente a otros productos básicos. _ La situación actual con rendimientos negativos de conveniencia se puede interpretar como las expectativas sobre el riesgo de precio de los derechos de emisión de CO2.

2009	Barro, Mendieta, y Soriano	Utilizar derivados financieros como instrumentos de cobertura de riesgo de precios en las exportaciones del café ecuatoriano	*Estudian el mercado de café en el Ecuador.* Estudian 2 estrategias: 1. Diferencia entre el precio spot y los mercados futuros. 2. Estudian la volatilidad contante	modelos de varianza condicionada GARCH TGARCH Y EGARCH	datos diarios precios spot del café ecuatoriano Periodo 2002 -2004	_ 85% de posibilidades de obtener mejores resultados de participar del mercado de derivados. *Para todos los vencimientos las probabilidades de ganancias son similares. _En la estrategia dos consideran necesaria tener en cuenta la volatilidad del mercado, para lo cual se basan en los precios spot del café ecuatoriano y aplican modelos de varianza condicionada GARCH TGARCH Y EGARCH y se demuestran que existe debilitamiento de la base en el periodo analizado. _ el precio de los futuros es siempre mayor que el precio spot. _ Los contratos de futuros y opciones, ofrecen altas probabilidades de obtener ganancias,
2009	Reinoso, Vásquez y Soriano	Utilización de futuros y opciones financieras como instrumentos de cobertura de riesgo de precios en las exportaciones del cacao ecuatoriano al mercado internacional	_presentar alternativas para la cobertura de precios de comercialización del cacao ecuatoriano al mercado internacional a través de derivados_ establecer estrategias_ análisis de comportamiento de los precios spot y de futuros_ se analiza la volatilidad de los retornos	_Valoración de opciones con volatilidad constante de Black Scholes_ <i>GARCH (1,1)</i> , <i>TGARCH</i> y <i>EGARCH</i> .	Precios del cacao en la Bolsa NY	_ Las negociaciones con intercambio físico del producto con una entrega del 2% de la transacciones. _ No existe una estrategia óptima, en cada caso hay una curva de aversión al riesgo. _expectativas de precios y estructuras de costos diferentes, de lo que dependerá el instrumento de cobertura. _ Modelo GARCH(1,1) mejor explica la volatilidad.
2009	García y Ruiz	Modelos Estocásticos para el Precio Spot y del Futuro de <i>commodities</i> con Alta Volatilidad y Reversión a la Media	Análisis teórico para obtener el precio spot y futuro del <i>commodity</i> , y el valor de call europeo sobre el spot y sobre el futuro, en mundo real y en un mundo neutral al riesgo.	Modelo Jaillet, Ronn y Tompaidis (2004), modelo de 1 factor de riesgo se modela el precio spot del <i>commodity</i> , incorporando reversión a la media de largo plazo constante y volatilidades que pueden ser funciones del tiempo (deterministas).	Desarrollo matemático del modelo	-La varianza de los futuros tiende a la varianza del valor de reversión a la media de largo plazo, _la caída de la varianza a largo plazo, es una debilidad de los modelos de un factor, _debilidad es que los cambios en los precios spot, los precios futuros y forwards para todos los vencimientos, están perfectamente correlacionados, _Los modelos de dos y tres factores tienen un mejor desempeño.

2006	Pérez F	Modelación de la volatilidad y pronóstico del precio del café.	Modelar el precio y la volatilidad del café	modelo ARIMA-GARCH	Precio del café diario en Colombia, desde enero 02 de 2002 hasta abril 17 de 2006	Utilizaron los modelos de heteroscedasticidad condicional, ARCH(1), GARCH(1,1), TAR(1,1) y EGARCH(1,1), para estimar la volatilidad de los rendimientos del precio de cierre del café. Encontrando como mejor modelo el TAR(1,1), sugiriendo que para el período de análisis la serie de rendimientos de los precios del café muestra presencia de efectos ARCH.
2007	Vásquez H, J.D y Aldana D, M.A	Modelado del precio del café colombiano en la bolsa de Nueva York usando redes neuronales artificiales.	Los autores pretenden modelar el precio promedio mensual del café colombiano en la Bolsa de Nueva York,	Modelos: -Modelo autorregresivo AR. - Modelo autorregresivo con errores heterocedasticos.- Modelo AR-MLP. (El modelo AR-MLP es una combinación entre el modelo autorregresivo (AR) definido en (1) y un perceptrón multicapa (MLP)-Modelo AR-MLP con errores heterocedasticos (ARCH).	Precios mensuales cotizados en NYBOT entre enero de 1996 y junio de 2006 expresados en USD cents/libra.	Los resultados sugieren que un modelo ARMLP- ARCH como más adecuado para representar la dinámica de la serie de precios en términos de los criterios estadísticos utilizados. Los residuales normalizados del modelo son incorrelacionados y homocedásticos, Encuentran que los residuales siguen aproximadamente una distribución normal. El precio actual depende de los precios ocurridos en los últimos cuatro meses.
2008	Cárcamo y Arbeláez	Modelos de tiempo continuo para commodities agrícolas en Colombia	Buscar un método de valoración más adecuado para derivados sobre commodities, * revisan superficialmente el modelo Black_Scholes que es el que habitualmente utilizan.	_Estudian rápidamente el modelo Black_Scholes y el modelo de Merton (1973) y otros modelos de tiempo continuo _Para el ejemplo de la papa se detectan efectos GARCH, en el caso del frijol verde, el modelo que mejor se ajusta es AR(1)-ARCH-M	Dos ejemplos de productos agropecuarios: Precio spot de la papa capira y del frijol verde en Medellín desde enero de 2005 -diciembre de 2006. y otros 6 productos agrícolas.	_Los precios de las commodities son diferentes de los precios de las acciones, _ El modelo Black_Scholes no siempre es apropiado para modelar los precios de los commodities. _ no se da en los procesos asociados a las commodities en los mercados reales dado que hay procesos específicos (proceso de cosecha, de transporte, de distribución, sistema climático del periodo de tiempo, etc.) que relacionan los precios de un día dado con los precios de otros días diferentes del día anterior. _Se detectaron efectos GARCH en todas estas series. Por lo tanto, para estos productos, dos de los supuestos básicos de los modelos tipo Black-Scholes dejan de cumplirse.

2012	Cárcamo y Franco	Una aproximación a la estimación a los rendimientos de conveniencia y precios teóricos de futuros para los <i>commodities</i> agropecuarios en Colombia	Estimación de rendimientos de conveniencia, modelo propuesto de no arbitraje, En Colombia, para la palma.	Precios teóricos y rendimientos de Conveniencia.	Precios mensuales nacionales e internacionales (fedepalma) entre 1195 y 2009	en un país con vocación agropecuaria como Colombia, es clave el estudio de derivados financieros como alternativa para administrar los múltiples riesgos presentes
FNC	Jaramillo C.F	el mercado de futuros y el manejo de riesgos en el sector colombiano	*Brindar información necesaria para la formación de precios y protección contra el riesgo, a partir de cobertura.	-Descriptivo	-Descriptivo	*La función aseguradora de los mercados futuros no ha sido utilizada por los productores y exportadores colombianos. Por obstáculos institucionales, la falta de acceso al crédito e información.
1997	Riaño J	El mercado de futuros y la volatilidad del precio internacional del café	analizar las relaciones existentes entre el mercado futuro y el precio spot	se realiza una estimación ARIMA y series de tiempo	precio spot mensual desde 1913 hasta 1198	-los instrumentos financieros se han convertido en una alternativa para protegerse del riesgo., vale la pena recomendar el desarrollo de trabajos de investigación para el diseño de políticas.

Anexo 2. Entrevistas semiestructuradas



UNA APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTOS DE CONVENIENCIA Y PRECIOS TEÓRICOS DE FUTUROS DEL CAFÉ EN COLOMBIA.

ENTREVISTAS SEMIESTRUCTURADAS (ACTORES FUNDAMENTALES DEL MERCADO DE CAFÉ EN RISARALDA)

Entrevistado: Alejandro Quinceno

Cargo: Encargado del manejo de las coberturas financieras en la exportación del café, hijo del dueño de Alex Café, en la ciudad de Pereira.

1. ¿Cómo es el proceso de compra del café en Colombia?

Las compras de café en Colombia se realizan con base al precio en la bolsa de New York (Conocido como KC) expresado en centavos de dólar por libra. Durante el día las empresas dedicadas a la compra y venta de café verifican los precios de cotización en bolsa, que toman como referencia para la comprar a los caficultores locales, a su vez dichas empresas le venden a trilladoras y exportadores de acuerdo al precio que haya en el momento en que se cierre la venta

2. Proceso de exportación

Las compañías exportadoras deben actualizar la licencia de exportación ante la federación nacional de cafeteros cada año en el mes de marzo

En abril se informa la maquinaria que se tiene para trabajar.

Los contratos de Bolsa son de 37.500 libras, se exportan por lotes, hay un contenedor de un barco le caben 275 sacos de café de 70Kilos cada uno, los exportadores tratan de maximizar el espacio para que les salga más económico.

3. Equivalencias entre la medida nacional y la norteamericana

Un kilo colombiano de café equivale 2,2046 libras norteamericanas, que es con la medida que se cotiza en bolsa y se negocia el café de exportación.

4. Como se comercializa el café Colombiano en la bolsa de Nueva York

El café colombiano se cotiza en la bolsa de New York, en el mercado internacional, dependiendo la procedencia del café se aplica una prima sobre el precio de la bolsa, en el caso del café colombiano el arábigo tiene +8 centavos de dólar por libra, por su

calidad, por su parte el café robusta procedente de Brasil que cotiza en la bolsa de Londres tiene una reducción de -12 centavos de dólar por libra.

En el mercado futuro, el café de Mayo y junio se fija con el precio de Julio, la página web para validar el precio del café en la bolsa es: ICE Futures

5. ¿Quiénes intervienen en el mercado de café?

En el mercado del café intervienen los agricultores, empresas que compran café, trilladoras y Exportadoras, todos regidos por el máximo ente que es la Federación Nacional de Caficultores.

6. ¿Cuáles son los costos de almacenamiento?

El café en la actualidad casi no se almacena porque no hay espacio donde tenerlo y el aval que tiene mi comprador es que siempre va a tener café fresco, ya que si se almacena por mucho tiempo va perdiendo propiedades y calidad.

El café que compran las exportadoras a las compraventas de café y caficultores, se venden inmediatamente para no especular con el precio, cuando máximo se guarda de uno a dos y los costos se podrían asimilar a lo que cobran los bancos comerciales por la tasa de interés. Pero realmente está en rotación constante.

7 ¿Qué sucede cuando el caficultor necesita vender el café y no esta alto el precio?

Cuando el precio está muy bajo y los vendedores tienen la expectativa de un incremento en el precio, algunos caficultores y almendreros, de acuerdo a su boto de confianza y credibilidad, hacen contratos con el exportador para que les entregue hasta el 80% del valor del precio en el momento y acuerdan plazos entre 1 y 45 días de almacenaje, esperando a que este precio suba. Estos contratos se puede cerrar por el vendedor en el momento que más le convenga porque el precio en la bolsa está por encima de lo que lo negocio cuando lo llevo a la exportadora, o por que se cumpla el plazo inicialmente pactado a no ser que haya una nueva prórroga acordada entre las partes, y si no llega a subir el precio y antes baja se ira consumiendo ese 20% que tiene en garantía y cuando esto suceda se liquidara diferencia si la hay. Es similar a un contrato Forward entre vendedor y exportador de café.

8 ¿Para qué y cómo utilizan los mecanismos de cobertura financiera?

Los mecanismos de cobertura, solo son para que el exportador no se exponga a las volatilidades del precio, si compro a 80 y estoy cubierto sobre ese precio, a si baje el precio a 70, esta cobertura me va generar el mismo dinero al que me cubrí y no perder dinero que no tenga ya previsto y me cause perdidas, si no me cubro perdería los 10 de diferencia, pero si sube el precio a 90, la idea de la compañía es asegurar los 80 invertidos no ganar por las protecciones, ya que esto sería especular con el precio del grano.

En el manejo del negocio se tiene presupuestados los costos de cubrimientos ya que si no se hacen el riesgo al que se exponen da para que se quiebren.

El café es un producto muy volátil, tienen unos cambios diarios, mensuales, un comportamiento en el precio muy inestable.

9 ¿Quién es el encargado de control de calidad del café de exportación?

Todo el café que se exporta pasa por un control de calidad de alma café en el cual se determina si el café está apto o no de exportar. Como sabemos que para poder exportar, tiene que ser de alta calidad invertimos en una maquinaria y personal para que el producto cumpla con los requisitos mínimos de exportación, Alma Café es un ente controlador que fiscaliza que se cumpla con la calidad pactada con el cliente y el nombre de café colombiano quede bien internacionalmente

10 ¿ustedes como empresa especulan con el precio del café?

El café es un *commodity* muy volátil, hay empresas y personas que trabaja especulando, fondos de inversión que se dedican a la especulación, compran un contrato de café cuando creen que esta barato para luego venderlo más caro, el especulador está en la casa comprando y vendiendo y paga una prima diferente a la que pagamos nosotros, que es como operador, que no busco un beneficio económico más que el de cubrir mis transacciones, para que especular con la empresa si lo puedo hacer con acciones y otros *commodities* menos volátiles, si llego a especular y me equivoco la empresa se va a la quiebra y dejaría muchas familias sin sustento ni trabajo, esta es una empresa de tradición con muchos años en el mercado, con una muy buena trayectoria.

11 ¿Dónde se cotiza y adquiere información de los contratos futuros de café?

En la página de la bolsa de valores de New York, maneja los precios futuros de café libra por centavos de dólar, hay contratos de diciembre, marzo, mayo, julio, septiembre, cuando se vence una posición se sigue con la otra posición

12 ¿Cuáles son los costos de exportación y lo hacen por algún puerto en especial?

Los gastos de exportación son estandarizados, entre más grande es la exportadora o trilladora más incurre en gastos de producción, pero quizás le salgan económicos los fletes, cada trilladora tiene costos diferentes, dependiendo donde estén localizados sus oficinas, plantas de producción y cercanía a los puertos de exportación.

Las exportaciones que hace mi compañía son por los diferentes puertos marítimos que existen en Colombia debido que dependen para que parte del mundo vayan. El café que comercializamos nosotros por lo general es el café estándar. Pero cuando hay un café especial para comercializar se hace un contrato con el comprador donde se acuerda el precio de venta y condiciones.

13 ¿Qué clase de café comercializan?

El café que comercializamos nosotros por lo general es el café estándar. Pero cuando hay un café especial que se compra y se tiene el cliente para vendérselo lo negociamos, se hace un contrato con el comprador donde se acuerda precio y forma de entrega, estamos en el mercado del café y todo el café que podamos negociar y comercializar lo haremos siempre u cuando sea legal

14 ¿El dinero que reciben por las transacciones en que moneda es?

Cuando se vende para el exterior se reciben dólares y cuando es para el consumo interno nacional se le vende a Colcafe, planta liofilizado de Chinchiná es en pesos.

15 ¿Qué tipos de coberturas utilizan ustedes?

Las coberturas que hacemos son con Forward, futuros y opciones son los tres más utilizados.

Entrevistado: Óscar Botero

Cargo: Propietario de la compraventa de café privada en el municipio de Santa Rosa de Cabal, Risaralda

1. ¿Quiénes intervienen en el mercado de café?

En el proceso de producción intervienen los caficultores o productores, las tierras y sus administradores o agregados, cultivos, clima, plaguicidas, fertilizantes, recolectores, pesada, pelada, secado y transporte hasta la compra de café.

2. Una breve descripción del proceso de compra de café

Las empresas que compran café lo reciben como lo traiga el caficultor, ya sea seco o mojado, posteriormente lo seleccionan y almacenan para la respectiva venta a los exportadores. Cuando llega mojado el precio de compra es más bajo, ellos se encargan de secarlo en silos (Construcción cilíndrica para almacenar el grano) y se ganan un promedio de \$5000 por arroba.

Las empresas encargadas de la compra de café se lo venden a las exportadoras y asumen la diferencia que haya entre el precio en el momento de la compra al caficultor y la venta al exportador o trillador, estas ventas las realizan telefónicamente, llamando al exportador e indicándole que cantidad a vender y el precio en la bolsa que en ese momento se está haciendo la transacción u hora pactada en la que se cierre la misma. Las compras de café tratan de tener el café almacenado el menor tiempo posible, ya que especularían con el precio, si compran a un precio y no lo venden rápido, estarían expuestos a que suba o baje y perder lo que se hayan ganado en la compra, no hacen escenarios especulativos, pero no tienen nada seguro.

El café es analizado sacando una muestra de todos los bultos de café que lleve el caficultor chuzándolos con los muestreadores (instrumento de metal en forma cónica, abiertos por el centro hacia la punta), con el cual se perfora el saco y se sacan unos granos, se pesan y trillan para escoger una muestra de 250 gramos y así poder determinar el factor de café al que pertenece.

Los factores de café son la cantidad de café que se necesita seco en pergamino para producir con el mismo un bulto de café excelso que es como normalmente se exporta, el factor 92,8 es el café de exportación, de alta calidad con la que se cotiza en la bolsa de valores de NEW YORK, este factor significa que se necesitan 92,8 kilos de café

pergamino para producir 70 kilos de café excelso, donde se descuenta la cascara del pergamino a la cual se le llama merma y oscila entre un 19 a 20% del peso del café al ser trillado y queda el grano seco trillado denominado café Verde o almendra sana y entre un 4 y 5% de café brocado y defectuoso del cual se le puede agregar hasta 15 granos con una sola perforación de broca para subir el porcentaje de café bueno, este factor tiene un promedio de 75% de almendra sana.

3.Cuál es la fórmula para calcular el precio?

Según Almacafé:

$$\% \text{ A S} = \frac{\text{AS}}{250 \text{ grs}} * 100 \quad \frac{203 \text{ grs}}{250 \text{ grs}} * 100 = 81.2\%$$

En este caso sería un café bonificado por su excelente calidad, el cual indica el 82,2% del café que se compro tiene almendra sana y ese 17,8% restante está en la merma y los granos malos o brocados. Significaría que se necesitan 86,2 kilos de café pergamino seco para sacar 70 kilos de café excelso, tipo exportación.

Ejemplo. $\frac{155 \text{ grs}}{250 \text{ grs}} * 100 = 62 \%$

70kl de excelso / 62% de café sano = 112,9 kilos de café

El cual indicaría que se necesitaría 112,9 kilos de café pergamino seco para poder sacar 70 kilos de café excelso, tipo exportación. En este ejemplo se puede determinar que es un café de baja calidad ya que está por debajo del nivel óptimo de exportación y en el momento en que se vaya a vender le van a bajar el precio por su baja calidad.

4. Qué café se consume internamente?

Lo que se conoce como pasilla o café brocado es el que se consume a nivel nacional y se le vende a las torrefactoras como Nestlé, Águila Roja, Café Mariscal etc, para ser trillado y tostado y ser comercializado en Colombia para el consumo local.

5. Que puede decir del café que se exporta

Todo el café que se exporta es almendra sana. El café que exporta la federación pasa por Almacafé que es la que se encarga de almacenar, trillar, hacer control de calidad al café con los requerimientos y especificaciones mínimas de exportación y transportarla hasta el punto de carga donde se va a exportar

6. Función de la Federación Nacional de Cafeteros

La cooperativa tiene el aval de la federación nacional de caficultores.

La federación da los permisos de exportación

Todas las exportaciones pasan por la federación o alguna de sus empresas asociadas que son los encargados de hacer los procesos de calidad para el café exportado.

7. ¿Qué son los cafés especiales?

Son cafés de características excepcionales, provenientes de regiones específicas integrando tres conceptos fundamentales: conservación del medio ambiente, equidad económica y responsabilidad social.

Con el propósito de incrementar el posicionamiento del *café colombiano* en altos segmentos que agreguen valor a los productores. A partir de 1996, la FNC lidera el Programa tiene Cafés Especiales de Colombia para ampliar la información: http://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/nuestro_cafe/cafes_especiales/ En la actualidad muchos caficultores se especializaron en producir cafés especiales, los cuales no se abonan con fertilizantes y se cultivan de una manera diferente al café tradicional colombiano, normalmente le ponen el nombre de la finca donde se produce, estos cafés son de una alta calidad y son mejor pagados que el café tradicional de exportación.

8. ¿Qué es el café liofilizado?

El café liofilizado, que solo se produce en el departamento de Caldas en el municipio de Chinchiná, donde está la empresa que lo procesa. Su principal característica es que al entrar en contacto con el agua, el café libera todos sus componentes aromáticos y mantiene la misma calidad que tenía antes de ser liofilizado. Este procedimiento de secado consigue eliminar prácticamente la totalidad del agua contenida en el producto pero preservando magistralmente sus aromas.

9. Costos de los Caficultores?

Del precio base que con el que se le paga a los caficultores, se descuenta 6 centavos de dólar por libra para la federación nacional de caficultores, también una proporción por arroba trillada, clasificada y transportada hasta el puerto de embarque, el caficultor tiene que asumir los costos proporcionales del producto que vendió exportado.

Entrevistado: Jaime Ospina

Cargo: Control de Calidad- Almacafé.

La entrevista semiestructurada se lleva a cabo el día 13 de julio de 2013 en las instalaciones de Almacafé.

1. ¿A que se dedica Almacafé?

Nosotros somos un operador logístico de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), con 15 sucursales (logística a otras empresas como ABB Nestle) y cada sucursales apoyamos la garantía de compra el café, que es el único producto agrícola que tiene garantía de compra, es decir es decir que se le garantiza a los caficultores que se les va a comprar el café al precio base, en el mercado de la bolsa de valores, ya si x o y da un precio mayor es ganancia de ellos. Precio de la bolsa de Nueva York contrato C para café suaves arábigos.

La FNC publica el precio de cierre del día, cada sucursal de Almacafé tiene un encargado que hace el puente con la FNC (que está pendiente minuto a minuto de la bolsa), se pueden dar precios en bolsa abierta es decir, no necesariamente se compra el café el cierre de la bolsa, puede pasar que en algún momento la bolsa coge un pico de precio alto en ese momento también se puede negociar el café. El comercia de la FNC infirma precio durante el cierre, si hay interesados a coger este precio se les vende.

También la federación informa a los caficultores, de palabra tiene que cumplir comité departamental Cafetero tiene información de los caficultores, la finca tiene capacidad de producir x arrobas al año tienen un cupo, de acuerdo a cada cupo se va fijando el café.

2. ¿Quién fija el precio?

El precio se fija en bolsa independiente lo que pase a nivel local aunque el precio tiene una relación directa con la producción mundial.

3. ¿Cómo se maneja la entrega del café?

El caficultor tiene dos formas de entregar el café, lo lleva a las cooperativas o lo lleva a Almacafé, tiene hasta veinte días para definir en qué momento lo vende. Almacafé no se le cobra por el almacenamiento. Solo un Almacafe que le recibe cualquier cantidad, tiene 20 días.

4. ¿Qué pasa después de los 20 días?

Si se cumple el plazo de 20 días, se le informa al caficultor que se venció plazo, tiene la opción de liquidar al precio del día, o se debe presentar para definir que se hace con el café de manera que el plazo de 20 días no tan rígido, a los 20 días se debe hacer el análisis, pesar nuevamente el café pues por estar guardado el café puede cambiar de peso por el clima, si hace calor pierde peso y hace frio gana peso, en ese plazo se le hace otro diagnostico al café y se prorrogara una semana para que en ese tiempo si se comercialice, de acuerdo a lo anterior el caficultor llega a tener un mes.

Hay exportadores particulares que ofrecen este servicio hasta por dos meses.

5. ¿Ustedes le guardan a otro exportador?

No, el único que guarda directamente al caficultor es Armenia pero no a otro exportador.

6. ¿Qué tiene que ver que el precio lo manejen ustedes, si ustedes no son los que compran los que compran es la Federación?

Nosotros le manejamos el dinero a la Federación, ósea el dinero de la Federación va a un fondo que se llama el fondo Nacional del café, que son los recursos provienen de lo que se cobra por las exportaciones (seis centavos de dólar por libra), y otros programas que tiene la FNC y esa cuenta la administra Almacafé, razón por la cual se dice que apoya la garantía de compra, nosotros compramos, no es café de nosotros sino de la FNC, nosotros compramos con el dinero de la Federación.

7. ¿Ustedes son socios o son de la Federación?

95% de Almacafé le pertenece a la Federación, y el 5 por ciento restante es particular.

8. ¿Todos los caficultores son independientes, pero existen unas compraventa de café, se le venden a las exportadoras o al comité, pero hay unas cooperativas que pertenecen a la FNC y otras particulares?

Cooperativas son las que pertenecen a la Federación pero existen compraventas particulares, la vía institucional de la Federación es:

1: La FNC (Dictan las políticas que se van aplicar de gremio, buscando el bienestar de los caficultores.

2: Comités departamentales de Cafeteros (Aplican en el departamento las políticas de la Federación)

2.1: El servicio de extensión: asesoría gratuita que tienen todos los caficultores.

3: Las cooperativas de caficultores que se encargan de comprar y almacenar el café y ellos van armando volúmenes, cuando ya tienen un volumen considerable se lo entregan a Almacafé.

4: Almacafé: Se encarga de lo recibe, lo almacena, lo conserva ya es responsabilidad de Almacafé si una pepa de café se daña por almacenamiento, puede comenzar a perder características a las dos o tres meses ya es responsabilidad de Almacafé.

Almacafé, aparte de almacenarlo, conservarlo, lo transforma que es la trilla se le hace control de calidad, el café debe cumplir la norma de exportación, Almacafé la hace cumplir, para cualquier persona que exporta, llega al puerto.

9. ¿Cuánto tiempo guardan máximo el café acá?

Acá por lo menos se puede guardar el café máximo dos meses se debe estar trillando y despachando comienza a perder propiedades, siempre sale trillado, la calidad mínima del café de exportación es en almendra, en excelso, solo la almendra pero almendra sana, se separa de la exportación.

10. Acerca de la calidad del café

Almendra sana es el excelso tipo exportación (café verde, solo la almendra), en promedio el 93 por ciento de esos pergaminos es excelso tipo exportación, el 7 por ciento restante es pasilla que es lo que queda para consumo interno, (la pérdida al quitar la cascarilla es del 20% (sisco).

Es el 93 por ciento de café exportación, y el 7 por ciento restante es para consumo interno.

11. Funciones de Almacafé

Una vez se trilla el café llega a puerto y Almacafé además de trillar también es un agente aduanera, se hace todos los trámites a la Federación, y la Federación paga por el servicio. Y la federación la paga a Almacafé por los servicios.

Puerto origen (Colombia)- destino (otro país) la federación paga desde que sales hasta que llega al puerto de destino, este servicio es pagado por la FNC, desde que sale hasta que llega al destino. La federación paga por: almacenamiento, por cada saco trillado, cada saco exportado, por el trámite aduanero, cada uno de los servicios, Como Almacafé es el 95 por ciento de la Federación esas tarifas llevan congeladas más de 5 años que no varían.

12. ¿Cómo podemos obtener acceso a esa información relacionada con las tarifas, que le paga la Federación a Almacafé por todos los servicios?

Si hay información de cuantos sacos exportamos, en número de sacos de 70 kilos pero la estadística se lleva por 60 kilos por que es una medida internacional, los organismos internacionales que se encarga de las estadísticas de café en el mundo la medida es 60 kilos, así nosotros exportemos 70 kilos ese valor es pasado a los 60, a fin de estadística, la tarifa que le paga la Federación a Almacafé está por saco.

13. ¿Cuánto es lo mínimo que se puede exportar?

Lo mínimo que se puede exportar, un ejemplo real de la relación que tienen la Federación con Almacafé: La Federación nos dice nosotros necesitamos 20.000 sacos (de 70 Kilos) de excelso para Nestlé este mes, Almacafé toma esa información y empieza a gestionar que Almacafé tiene el pergamino suficiente, la capacidad instalada, las trilladoras para producirlo, para cumplir con las fechas que el cliente está pidiendo, es decir reparte esa cuota de 20 mil sacos a los diferentes sucursales de Almacafé para cumplir con el pedido.

14. ¿Cuánto le paga el cliente a la Federación?

Esa información no la manejamos, la Federación hace el contacto y la venta, Almacafé hace toda la gestión y el proceso de entrega del café, el cliente le paga a la Federación y la Federación posteriormente le paga a Almacafé por sus servicios

15. ¿De qué depende el precio de almacenamiento?

El precio de almacenamiento es muy variable, le voy hablar en general, el precio de almacenamiento de Almacafé, es diferente al precio de otros almacenadores, particulares, somos el único operador logístico de la Federación, pero existen otros particulares, la FNC solo exporta en este momento aproximadamente un 23% del total de las exportaciones y el restante lo hacen los exportadores particulares, el precio de almacenamiento depende de la ciudad, del exportador, de muchos factores, la cantidad de café, la Federación nos paga a nosotros dependiendo de la cantidad de sacos que tengamos, si nosotros tenemos una bodega desocupada porque no tenemos café esos costos fijos los debe asumir Almacafé, Por eso fue que hace algunos años se tomó la decisión en contra de la Federación de hacer la logística de otros productos al no tener suficiente café para las bodegas, a fin de ser una empresa sostenible. Por ejemplo Pereira de todas las bodegas sólo una está con café, ósea que podemos hablar que siete u ocho bodegas están con otros productos, se lo llevan en gran parte los particulares y resulta que las cooperativas de caficultores se asociaron para exportar café se llama Expocafé, entonces ya no nos entregan todo el café sino que ellos exportan gran parte.

Si necesitan precio de almacenamiento yo se los consigo, el problema es que todo se maneja centralizado por Bogotá.

16. ¿Y todo lo que compra lo exporta?

Sí, todo lo que compra lo exporta, menos el 7 por ciento que es pasilla

17. ¿Expo café tiene oficina en Risaralda?

No pero pueden pedir información en la cooperativa de caficultores.

18. ¿Con qué periodicidad se manejan los precios de almacenaje?

Anual, ha sido constante.

19. ¿Y qué otros costos existen?

Dentro de los procesos que se le hace a la Federación tenemos unas clasificaciones como efectuar operación logística, efectuar trilla, verificar calidad, almacenamiento y muchas de esos servicios los pagan por paquete.

20. ¿Qué información podemos obtener de costo de transporte?

También se manejan, el costo de transporte si es variable completamente hay unos fletes, digamos hay unas bases pero casi nunca se cumplen, dependen de la urgencia, la distancia, de la época del año, etc. Yo particularmente no le veo correlación del precio del café con el almacenamiento, obviamente no conozco a fondo el proyecto, cada vez es menos el almacenamiento, muchas veces nos ha pasado que vamos a la cooperativa tomamos una muestra del café, le hacemos una pruebas y el café y no dura mucho tiempo en la bodega, (prácticamente no toca el piso), se va directamente para la trilladora, posteriormente se clasifica, se empaca.

Los costos de transporte están incluidos en la fórmula para liquidar los precios de compra diarios del café, este precio se puede bajar de la página de la Federación, tabla de precios internos que van de la mano con el precio en la bolsa de Nueva York, entonces el precio depende de la ubicación del Almacafé, entonces para sacar el costo de transporte, habría que evaluar el precio de hoy y de ayer sacar la diferencia y ese sería el costo de transporte dado que otros costos como almacenaje no se incluirían.

21. ¿Y costos financieros?

El banco, nosotros tenemos convenio con Davivienda antes Bancafé.

22. ¿Todo lo que sale de Almacafé sale trillado?

Sí.

23. Variables que afectan directamente al precio

Según la Federación las variables que afectan directamente el precio hasta como hasta el año 2010, 2011 sin contar la crisis cafetera el precio del café se sostuvo, todo el mundo empezó a temblar cuando Brasil entro al contrato c (diciembre del 2010 entro Brasil), antes Brasil solo comercializaba robusta que se fija en la bolsa de Londres, entonces el volumen de suaves se amplió la oferta lo cual genera que el precio baje, la especulación juega un papel muy importante en el precio del café, por ejemplo el año pasado por la sequía en Brasil la información era que el volumen de producción en Brasil iba a estar por el piso, entonces el precio empezó a subir cuando el precio empezó a subir un estudio internacional afirmo que la sequía no iba a ser tan grande entonces algunas veces esas especulaciones se dan por entes que pretenden verse favorecidos, entonces los estadounidenses buscan que el precio del café baje, eso pasa mucho cuando se estiman las producciones anuales de los países entonces cada mes se hacen unas estimaciones de los países sobre producción, los Brasileños afirman que van a estar en 40 millones de sacos (poca producción) para que suba el precio, entonces los estadounidenses afirman que van a ser de 80 millones de sacos (muy alta producción) para que caiga el precio.

24. ¿Usted tiene la fórmula para el precio del café?

Si yo les voy a mandar unas diapositivas donde se encuentra paso a paso que se hace para comprar el café, es muy técnico generalmente se toma como referencia Armenia y va asociada a un kilo de pergamino, a un precio por almendra sana y almendra defectuosa, el nuevo método para determinar el precio del café se hace con base al precio por almendra por sana y al precio por almendra defectuosa, factor de rendimiento, se da un incentivo de calidad al caficultor por almendra sana, se da una bonificación si tiene alguna certificación el café en la finca, fórmula para determinar el precio del café: (diapositivas)

Un café muy bueno puede llegar a generar 5000 pesos por arroba o 50.mil pesos por carga, un café muy malo no le va a dar sino que va a quitar 5 mil.

25. ¿Y dónde se incluye el subsidio del Gobierno?

En promedio en el país cuesta producir una arroba 65 mil pesos aunque algunos hablan de 70mil, alcanzo a estar el precio a 37 500 por lo cual pedían un precio de sustentación el incentivo que daba el gobierno era que todo café que tenga menos de 70mil pesos el gobierno entra y le completa hasta llegar a los 70 mil pesos.

Hubo muchos problemas porque lastimosamente se la tiran de astutos cada caficultor tenía un cupo entonces un caficultor que podía producir 10 mil arrobas al año empezó a producir 30 mil o 40 mil entonces lo llevaban a una trilladora y cobraban este valor compensatorio, y después lo sacaba de esa trilladora y se lo llevaba para otra para que le volvieran a compensar. Entonces se empezó a controlar y una vez cumplido su cupo no se le pagar y además empezó a dar el subsidio en partes donde se pudiera certificar y no en cualquier compraventa de café.

26. ¿Es factible que la calidad del café tenga que ver con el caficultor?

La calidad del café depende del caficultor, el clima si afecta mucho no se puede hacer nada así sea el caficultor más juicioso pero ante un fenómeno del niño o niña la calidad del café se ve afectada pero en condiciones normales puede depender también de los abonos, la tierra, cuando se va hacer un cultivo de café lo primero que hay que hacer es un estudio de tierra, saber cómo está la tierra y se le debe hacer un tratamiento previo.

27. ¿Pero cuánto cuesta este estudio, no es muy costoso?

Consultar con los comités o la FNC.

28. ¿Y el costo de los abonos y tratamiento de la tierra?

También deben consultar con la Federación.

29. Me cuenta un señor de la cooperativa que a la larga el costo del transporte se lo cobran al caficultor. ¿Es verdad?

Mire la tabla que le acabe de mostrar, es decir, un caficultor si va a entregarlo en Buga se lo van a pagar mejor que lo entregara en Armenia.

30. ¿Qué más nos puede decir de los costos de almacenamiento?

Nuevamente vuelvo a reiterar que para mí los costos de almacenaje no influye, y creo que la Federación opina lo mismo dado que nos transfirieron esa responsabilidad a nosotros, lo único es que las perdidas las asumió Almacafé por eso fue que se definió alquilar esas bodegas sobrantes a otros, tuvimos tres años con pérdidas de 3 mil millones de pesos 1000 millones y 500 ese fue el punto de quiebre donde se decidió prestar el servicio a otros clientes.

Tenemos un café en Armenia y otro en Pereira ya lleva dos meses de almacenamiento, la decisión de trillarlo y exportarlo no es de Almacafé sino de la Federación dependiendo de los clientes si un cliente no le pide café se deja ahí.

En enero y febrero de este año, Nestlé cerro durante dos meses dos plantas de ellos una en Suiza, para un mantenimiento eso género que nos compraran cerca de 15 mil sacos menos mensuales (que usualmente vendemos 50 mil o 60 mil sacos), entonces en los Almacafé quedamos con un inventario muy grande de pergamino y no teníamos cliente a quien véndeselo ese café ya llevaba acá dos meses ya estaba empezando a perder características entonces Almacafé tiene una bodegas estratégicamente ubicadas en el Páramo de Letras, en Soacha y en Pamplona (Norte de Santander), bodegas que están por encima de 2500 metros sobre el nivel del mar, a mayor frio el café se va a conservar más y entre menos humedad relativa también se va a conservar más, dado que la sucursal de Armenia, Pereira y Buga tenían saldos y dado que es responsabilidad de Almacafé si se daña, y se mandó a esas bodegas y el trasporte fue asumido por nosotros.

31. ¿Cuántos bultos café le cabe a mula?

De excelso de 70 kilos como 450 (31500 kilos más el peso de la mula) de acuerdo del peso, a un contenedor 275 bultos, les recomiendo que pregunten por el precio de almacenamiento en la cooperativa a ver que les dicen, o preguntárselo a una exportador particular, claro que según recuerdo las cooperativas le cobra a un caficultor entre 1500 y 2000 por arroba como gasto de administración pero eso sería más un costo de almacenamiento.

32. ¿Qué otras recomendaciones para el costo de almacenamiento nos puede dar?

Consulten con otros particulares, lo otro que se puede hacer es averiguar cuánto vale el almacenamiento en una bodega y dividirlo por la capacidad, pregunten cuánto cuesta el metro cuadrado tarifa que nosotros calculamos cuando empezamos a hacer la logística a terceros y capacidad de almacenamiento en el metro cuadrado.

Anexo 3. Demostraciones resultados teóricos

Basados en Díaz y Vanegas (2001) y Cárcamo y Franco (2012), a continuación se expone los resultados teóricos del análisis de las posibilidades de arbitraje entre los mercados *spot* y futuros a nivel local e internacional. De acuerdo con el último supuesto existe un mercado de futuros sobre tipo de cambio, los cuales se acuerdan a cierta tasa dada por:

$$TC_{0,T} = TC_0 e^{(r-r^*)T} \quad (7)$$

La ecuación anterior muestra el tipo de cambio a futuro negociado en el mercado nacional mediante un futuro “ $TC_{0,T}$ ” con vencimiento en “ T ”, que depende del tipo de cambio respecto a la moneda externa en el mercado *spot* local TC_0 . Siguiendo a Díaz y Vanegas (2001) y a Cárcamo y Franco (2012) el precio del contrato de futuro internacional (ecuación 6) en pesos, utilizando los futuros sobre el tipo de cambio se puede expresar así:

$$TC_{0,T} F^{*T}(t) = TC_0 e^{(r-r^*)T} ((S_0^*) e^{(r^*+c^*-y)T}) \quad (8)$$

$$TC_{0,T} F^{*T}(t) = TC_0 (S_0^*) e^{(r+c^*-y^*)T} \quad (9)$$

A fin de evitar las posibilidades de arbitraje entre los mercados *spot* y de futuros, se deben cumplir las siguientes condiciones en los diferentes escenarios:

a) Mercado *spot* local –Mercado de futuros local:

$$F^T(t) = S_t e^{(r+c-y)T} \quad (5)$$

b) Mercados *spot* exterior –Mercado de futuros exterior:

$$F^{*T}(t) = S_t^* e^{(r^*+c^*-y^*)T} \quad (6)$$

c) Mercado *spot* exterior –Mercado *spot* local: En una economía abierta, se podría comprar el *commodity* en el exterior y traerlo a Colombia pagando el costo de importación “ I ” y venderlo en el mercado local. Para evitar esa posibilidad de arbitraje se debe cumplir:

$$S_t \leq TC_0 S_t^* (1 + I) \quad (10)$$

d) **Mercado spot local –Mercado spot exterior:** En una economía abierta, se podría comprar el *commodity* en Colombia, y exportarlo pagando el costo “E” y venderlo en el mercado externo. Para evitar esa posibilidad de arbitraje se debe cumplir:

$$TC_0 S_t^* \leq S_t (1 + E) \quad (11)$$

De las dos ecuaciones anteriores (10 y 11) se tiene un rango de variación del precio *spot* local del *commodity* en términos del precio internacional y los costos del comercio exterior.

$$\frac{TC_0 S_t^*}{(1 + E)} \leq S_t \leq TC_0 S_t^* (1 + I) \quad (12)$$

e) **Mercado futuros externos –Mercado futuros local:** Un agente podría asumir una posición larga en un contrato de futuros en el exterior y simultáneamente una posición corta en un mercado de futuros en Colombia, después comprar el activo mediante el contrato de futuros pactado y venderlo a través del otro contrato de futuros pactado. Para evitar la oportunidad de arbitraje, se debe cumplir:

$$F^T(t) = TC_{0,T} F^{*T}(t) \quad (13)$$

Considerando la región de equilibrio del precio *spot* del mercado local, y la estimación del precio del futuro en el mercado local 5, se debe satisfacer:

$$F^T(t) \geq \left(\frac{TC_0 S_0^*}{(1 + E)} \right) e^{(r+c-y)T} \quad (14)$$

$$F^T(t) \leq (TC_0 S_0^* (1 + I)) e^{(r+c-y)T} \quad (15)$$

Teniendo en cuenta la ecuación 13 se obtiene:

$$TC_{0,T} F^{*T}(t) \geq \left(\frac{TC_0 S_0^*}{(1 + E)} \right) e^{(r+c-y)T} \quad (16)$$

$$TC_{0,T} F^{*T}(t) \leq (TC_0 S_0^* (1 + I)) e^{(r+c-y)T} \quad (17)$$

Las ecuaciones consideran el equilibrio de un mercado de futuros con *cumplimiento financiero*, pero también se tiene en cuenta el equilibrio del mercado *spot* (dado por la ecuaciones 10 y 11 de este anexo), la existencia de un mercado de futuro sobre tipo de cambio y la posibilidad de arbitraje ecuación (13). A continuación se proporciona una región de equilibrio para los rendimientos de conveniencia que satisfaga las condiciones necesarias de no arbitraje, del mercado *spot* local y del mercado de futuros local, dicha región está dada por:

$$\frac{CT - \ln \left(\frac{TC_{0,T} F^{*T}(t)}{\left(\frac{TC_0 S_0^*}{1+E} \right)} \right)}{T} \leq y \leq \frac{CT - \ln \left(\frac{TC_{0,T} F^{*T}(t)}{TC_0 S_0^* (1+I)} \right)}{T} \quad (18)$$

Donde, “C” es el *Cost of carry* “ $r+c$ ”; “ $E > 0$ ”; “ $I > 0$ ”:

$$\frac{TC_0 S_0^*}{(1+E)} < TC_0 S_0^* (1+I)$$

Las dos inecuaciones obtenidas muestran los determinantes para una aproximación a la región de equilibrio rendimiento de conveniencia en el mercado local (variable no observable). Esta región se muestra la figura 4.b. del marco teórico.

f) Mercados *spot* externo –Mercado de futuros local.

Ante un mercado con entrega efectiva del *commodity*, se podría pedir un préstamo en efectivo en el exterior a cierta tasa, luego comprar el *commodity* en el mercado *spot* internacional, y simultáneamente tomar una posición larga en un contrato de futuros en el mercado local (en la realidad no existe) almacenar el activo en el exterior hasta la fecha de vencimiento, y entregarlo al final, por medio de un contrato pactado en el mercado local, en este caso para evitar posibilidad de arbitraje se debe cumplir:

$$TC_{0,T} (S_0^* e^{(r^*+c^*)T} + S_T^* I) \geq F^T(t) \quad (20)$$

“ S_T^* ” es el precio del *commodity* en el mercado externo en la fecha de vencimiento del contrato de futuro, (esta variable es desconocida en “ $t = 0$ ”); “ S_T^*I ” son los costos de importación del *commodity* en la fecha de vencimiento del futuro.

g) Mercados spot local–Mercado de futuros exterior.

Un individuo podría pedir un préstamo en efectivo en el mercado local a la cierta tasa, posteriormente comprar el *commodity* en el mercado *spot* local, y simultáneamente tomar una posición larga en un contrato de futuros en el mercado externo, almacenar el activo en el mercado local hasta su vencimiento y entregarlo al final por medio de contrato en el mercado externo, en este caso para evitar la posibilidad de arbitraje:

$$S_0 e^{(r+c)T} + S_T E \geq F^{*T}(t) TC_{0,T} \quad (21)$$

Al reemplazar la ecuación (5) en la ecuación (20):

$$TC_{0,T} (S_0^* e^{(r^*+c^*)T} + S_T^* I) \geq S_0 e^{(r+c-y)T} \quad (22)$$

Entonces, la dinámica de equilibrio del rendimiento de conveniencia está dada por:

$$y \geq \frac{CT - \ln \left(\frac{TC_{0,T} (S_0^* e^{(r^*+c^*)T} + S_T^* I)}{S_0} \right)}{T} \quad (23)$$

A fin de completar esta región de equilibrio se reemplaza la ecuación 13 en la ecuación 21:

$$S_0 e^{(r+c)T} + S_T E \geq F^T(t) \quad (24)$$

Luego, se reemplaza la ecuación 5 en el último resultado:

$$S_t e^{(r+c)T} + S_T E \geq S_t e^{(r+c-y)T} \quad (25)$$

Se obtiene la dinámica de equilibrio del rendimiento de conveniencia, dada por:

$$y \leq \frac{CT - \ln \left(e^{(r^*+c)T} - \frac{S_T E}{S_0} \right)}{T} \quad (26)$$

De esta manera se determina una aproximación a la región de equilibrio para un mercado de futuros sobre *commodities* almacenables con cumplimiento efectivo, dicha región se muestra en la gráfica 4(b) expuesta en el sección 5.

Anexo 4. Análisis de información.

Tabla 2 Descripción de variables

Variable	Descripción
Precio interno Y_i	Se calcula como promedio mensual y se encuentra disponible en la <i>FNC</i> , debido a que se encuentra en kilogramos y considerando que un kilogramo equivale a 2.20462 libras, por lo tanto 125 kilogramos equivale a 275.5 libras, así la columna del precio interno se divide por 275.5 para calcular el precio de una libra en pesos, posteriormente el precio por libra de café se divide por la <i>TMR</i> correspondiente a cada mes, a fin de llevar el precio en pesos a dólares.
P.Externo X_1	Resultado de la ponderación de los precios de los 6 días anteriores, esta variable se encuentra disponible en la página de la <i>FNC</i> , en centavos de dólar por libra (que es equivalente a 453.6 gramos) por lo cual se divide la serie por cien para que quede en términos de dólares.
ENSO X_2	Su nombre científico es Oscilación del Sur El Niño (El Niño-Southern Oscillation, <i>ENSO</i> , por sus siglas en inglés). Es un fenómeno explicado por el movimiento de rotación terrestre y en consecuencia, por el desplazamiento de las mareas del hemisferio norte al hemisferio sur, siempre dentro de la zona intertropical. Se incluye información mensual desde enero de 1950, los coeficientes positivos hace alusión a periodos cálidos y los negativos a fríos, basado en un umbral de +/- 0.5 ° C.
inventarios internos X_3	Disponible en <i>AGRONET</i> y se define como las existencias físicas de café pergamino y otros en toneladas entre abril de 1996 y septiembre de 2014, en almacenes generales de depósito al final de cada mes, teniendo en cuenta que la información está en términos de toneladas, ésta se convierte a libras multiplicado la serie descargada por 2000.
Nivel de inventarios externos X_4	Extraídos de Bloomberg el 12 de mayo de 2015, dado que se encuentran en sacos se multiplica por 120, dado que se encuentra en sacos de 60 kilos, y se requieren libras. <i>ICE Exchange coffee inventories</i>)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Estadísticas descriptivas de las variables.

	y_i	x_1	x_2	x_3	x_4
Media	0.879321	1.421493	-	4.01E+08	3.75E+10
Maximo	2.140000	3.090000	2.400000	5.24E+09	7.33E+10
Minimo	0.360000	0.570000	-	1524000.	4622400.
Des Std.	0.403188	0.601458	0.826362	6.48E+08	2.24E+10
Asimetría	1.058559	0.742919	0.586044	3.442046	-0.341987
Kurtosis	3.686293	2.987923	3.403948	19.88659	1.877035
Jarque-Bera	45.61057	20.33069	14.15289	3062.210	15.92003
Probabilidad	0.000000	0.000038	0.000845	0.000000	0.000349

Fuente: Cálculos propios, basada en la información recolectada.

Figura 8 Precio interno Vs Rentabilidad interna del café y1

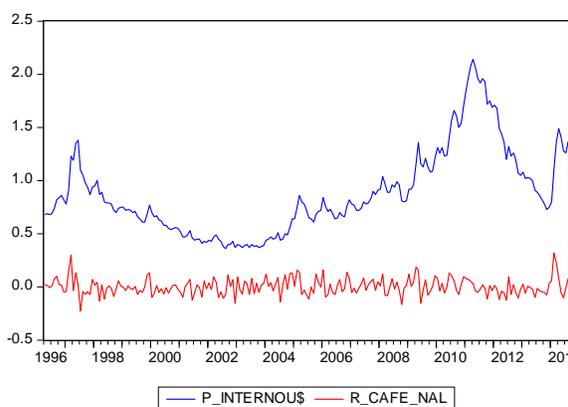


Figura 9 Precio externo Vs Rentabilidad externa de café. x_1

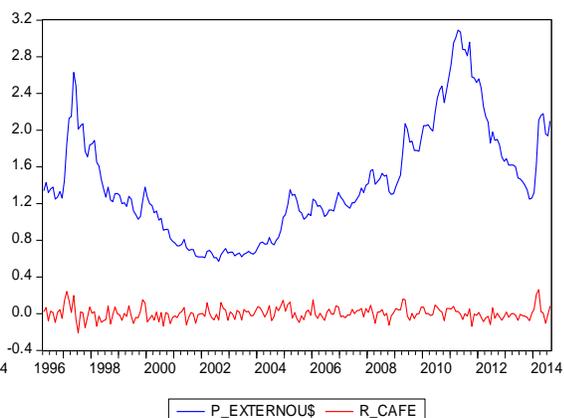


Figura 10 Nivel de inventario interno del café x_3

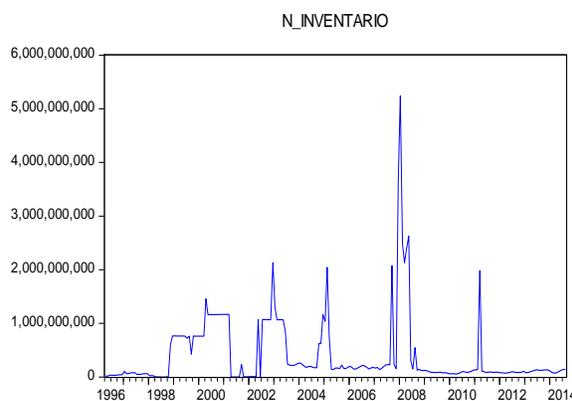


Figura 11 Nivel de inventarios externos x_4

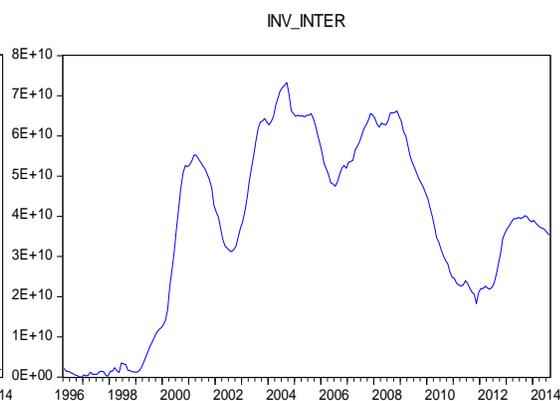
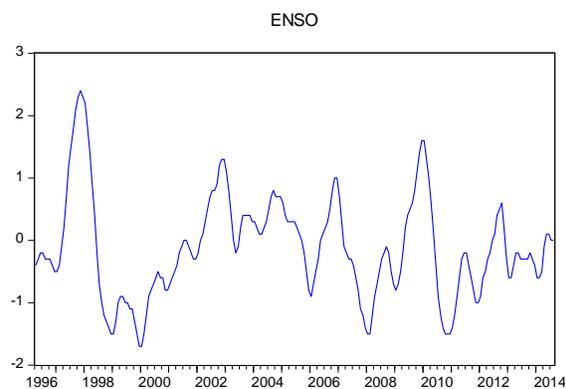


Figura 12 ENSO x_2



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. ARMA, ARCH y GARCH

Modelo AR-MA

Seguendo a Tsay (2005; 81) En un modelo *Autorregresivo de Media Movil* ARMA²⁴(Por sus siglas en inglés) una serie “ r_t ” sigue un proceso ARMA (1.1), si satisface:

$$r_t - \phi_1 r_{t-1} = \phi_0 + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Donde “ a_t ” es a una serie ruido blanco. El lado izquierdo de la ecuación anterior es el componente AR del modelo y el lado derecho es el componente MA. “ ϕ_0 ” es el termino constante. Para que el modelo sea significativo “ $\phi_1 \neq \theta_1$ ”.

Propiedades del modelo ARMA (1.1)

Son generalizaciones de los procesos AR (1) con algunas modificaciones para manejar el impacto del componente MA (1). Comenzamos con la condición de estacionariedad. A partir de la ecuación anterior:

$$E(r_t) - \phi_1 E(r_{t-1}) = \phi_0 + E(a_t) - \theta_1 E(a_{t-1})$$

Dado que “ $E(a_i) = 0$ ”, para todo i la media de r_t es:

$$E(r_t) = \mu = \frac{\phi_0}{1 - \phi_1}$$

La serie es débilmente estacionaria. A continuación, suponiendo que “ $\phi_0 = 0$ ”, se considera la función de autocovarianza de “ r_t ”, multiplicando el modelo por “ a_t ” se obtiene:

$$E(r_t a_t) = E(a_t^2) - \theta_1 E(a_t a_{t-1}) = E(a_t^2) = \sigma_a^2 \quad *$$

Reescribiendo el modelo

$$r_t = \phi_1 r_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Y tomando la varianza de la ecuación anterior:

²⁴ Mixed autoregressive moving-average

$$Var(r_t) = \phi_1^2 Var(r_{t-1}) + \sigma_a^2 + \theta_1^2 \sigma_a^2 - 2\phi_1\theta_1 E(r_{t-1} - a_{t-1})$$

“ r_{t-1} ” y “ a_t ” ya no están correlacionados, utilizando la Ecuación *:

$$Var(r_t) - \phi_1^2 Var(r_{t-1}) = (1 - 2\phi_1\theta_1 + \theta_1^2) \sigma_a^2$$

Por lo tanto, si la serie “ r_t ” débilmente estacionaria, a continuación, $Var(r_t) = Var(r_{t-1})$:

$$Var(r_t) = \frac{(1 - 2\phi_1\theta_1 + \theta_1^2) \sigma_a^2}{1 - \phi_1^2}$$

Para que la varianza es positiva, se requiere que $\phi_1^2 < 1$.

Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva ARCH

Los modelos ARCH son propuestos por Engle en el año 1982, se definen como modelos *Auto-regresivos de Heterocedásticidad Condicional* cuya la varianza condicional depende del cuadrado de las perturbaciones pasadas, y resultan útiles para agentes que toman decisiones basados en el riesgo (la varianza condicional). Este concepto cobra importancia en la medida que además de predecir los retornos, contribuye a predecir el riesgo y un buen modelo para la volatilidad debe tener la capacidad de pronosticarlo Casas y Cepeda (2008) y Novales (2010)

En este sentido, Tsay (2005) establece que las perturbaciones “ a_t ” al cuadrado en el retorno de un activo están seriamente correlacionadas; de manera que la dependencia “ a_t ” puede ser explicada por una función cuadrática simple de sus valores rezagados. Así, un modelo ARCH (m) asume:

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t, \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \dots + \alpha_m a_{t-m}^2, \quad (5.1)$$

“ ε_t ”, se define como una secuencia independiente e idénticamente distribuida *iid* con variables aleatorias distribuidas, con media cero y varianza 1, generalmente puede seguir una distribución normal, una *t-Student estandarizada* o una *distribución de error generalizada*.

Además $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, Para todo $i > 0$.

Los coeficientes “ α_i ” deben satisfacer algunas condiciones de regularidad para asegurar que la varianza incondicional sea finita.

En la estructura del modelo, se ven grandes perturbaciones del pasado al cuadrado.

$$\{a_{t-i}^2\}_{i=1}^m$$

Implica una varianza condicional “ σ_t^2 ” de gran tamaño, para la perturbación “ a_t ”, tiende a asumir un valor grande, es decir las perturbaciones grandes tienden a ser seguidas por perturbaciones grandes, cuando la correlación es positiva, por lo tanto la probabilidad de obtener una varianza de gran tamaño, es mayor que la de obtener una varianza más pequeña.

Tsay (2005) expone que la ecuación 5.2 es otra manera de representar la varianza condicional h_t de la ecuación 5.1, así la perturbación:

$$a_t = \sqrt{h_t} e_t \quad (5.2)$$

Este modelo tiene como limitaciones, que asume que las perturbaciones positivas y negativas tienen los mismos efectos en la volatilidad, ya que dependen del cuadrado de las perturbaciones anteriores. Un ejemplo de ello, es el precio de un activo financiero responde de manera diferente ante las perturbaciones positivas y negativas, además es un modelo bastante restrictivo, en el caso de modelos de orden superior, y modelos *ARCH* con perturbaciones gaussianas, para la captura de exceso de curtosis. Otra limitación es que no profundiza en la comprensión de la fuente de variaciones de una serie de tiempo financiera. Simplemente proporciona una mecánica manera de describir el comportamiento de la varianza condicional; no indica lo que produce este tipo de comportamiento, probablemente sobreestima la volatilidad porque responde lentamente a grandes choques aislados a la serie de regreso.

Modelo *GARCH*

Bollerslev (1986) avanza en estos modelos al proponer los modelos *GARCH* en los cuales la varianza condicional depende no sólo de los cuadrados de las perturbaciones, sino también

de las varianzas condicionales de periodos anteriores, este autor propone una extensión útil conocido como el *ARCH* generalizada *GARCH*, para un retorno de serie (*log*) r_t , permite:

$$a_t = r_t - \mu_t$$

Siendo “ a_t ” la perturbación del tiempo t , entonces a_t seguirá un modelo *GARCH* (m, s):

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t, \quad \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (5.3)$$

Donde $\{\varepsilon_t\}$ es una secuencia de variables aleatorias distribuidas *iid* con media 0 y varianza

$$1. \ 0, \alpha_0 > 0, \alpha_i \geq 0, \beta_j \geq 0 \text{ y } \sum_{i=1}^{\max(m,s)} \alpha_i + \beta_i < 1$$

$$\alpha_i = 0, \text{ para } i > m \text{ y } \beta_j = 0 \text{ para } j > s.$$

La última restricción en $\alpha_i + \beta_j$ implica que la varianza incondicional de “ a_t ” es finita y constante, mientras que su varianza condicional σ^2 evoluciona con el tiempo.

Generalmente se asume una normal estándar o distribución *t de Student* estandarizada o distribución de error generalizada *GED*. La ecuación (5.3) reduce a un modelo *ARCH* (m), si $s = 0$.

Propiedades

$$\eta_t = a_t^2 - \sigma_t^2, \text{ de modo que } \sigma_t^2 = a_t^2 - \eta_t. \text{ Al conectar } \sigma_{t-i}^2 = a_{t-i}^2 - \eta_{t-i} \ (i = 0, \dots, s)$$

En (5.3), podemos reescribir el modelo *GARCH* como:

$$a_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{\max(m,s)} (\alpha_i + \beta_i) a_{t-i}^2 + \eta_t - \sum_{j=1}^s \beta_j \eta_{t-j} \quad (5.4)$$

$\{\eta_t\}$ Es una diferencia de serie *martingale*²⁵

²⁵ Es una secuencia de variables aleatorias en martingala cuando su esperanza en el futuro es el valor que la variable aleatoria tiene en el presente, si la serie de tiempo sigue una martingala, entonces su retorno no es predecible, no existe arbitraje, la serie no proporciona información.

$E(\eta_t) = 0$ y $\text{cov}(\eta_t, \eta_{t-j}) = 0$, para $j \geq 1$

No obstante “ η_t ” no es una secuencia iid. La ecuación (5.4) es un *ARMA* para la Serie a_t^2 .

Por lo tanto, un modelo *GARCH* puede ser considerado como una aplicación *ARMA* a_t^2 .

Utilizando la media incondicional de un modelo *ARMA*, se obtiene:

$$E(a_t^2) = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^{\text{Max}(m,s)} (\alpha_i + \beta_i)}$$

El denominador de la fracción es positivo.

El modelo más simple *GARCH* (1,1) (Puede ilustrar las fortalezas y debilidades)

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2, \dots \dots \dots 0 \leq \alpha_1, \beta_1 \leq 1, (\alpha_1 + \beta_1) < 1 \quad (5.5)$$

a_{t-1}^2 Genera un gran σ_{t-1}^2 . Esto significa que una gran σ_t^2 tiende para ser seguido por otro gran a_{t-1}^2 , de nuevo, el comportamiento bien conocido de agrupamiento de la volatilidad en las series de tiempo financieras. Se puede demostrar que si,

$$1 - 2\alpha_1^2 - (\alpha_1 + \beta_1)^2 > 0$$

$$\frac{E(a_t^4)}{[E(a_t^2)]^2} = \frac{3[1 - (\alpha_1 + \beta_1)^2]}{1 - (\alpha_1 + \beta_1)^2 - 2\alpha_1^2} > 3$$

En consecuencia, al igual que los modelos *ARCH*, la distribución de un proceso *GARCH* (1,1) tiene colas pesadas, debido a una mayor curtosis²⁶; acorde con Novales (2010), una curtosis mayor que tres(3) implica una distribución leptocúrtica.

²⁶ La curtosis implica una mayor concentración de datos muy cerca de la media de la distribución confluyendo con una relativamente elevada frecuencia de datos muy alejados de la misma, lo que explica una forma de la distribución de frecuencias con colas muy elevadas y con un centro muy apuntado

Pronóstico

Para el pronóstico de un modelo *GARCH*, considerar, un modelo *GARCH* (1.1), para la ecuación (5.3), h se define como el origen del pronóstico.

- El 1-paso hacia adelante del pronóstico:

$$\sigma_{h+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_h^2 + \beta_1 \sigma_h^2,$$

Dónde: a_h y σ_h^2 son definidas en el momento h ; entonces el 1-paso hacia adelante es

$$\sigma_h^2(1) = \alpha_0 + \alpha_1 a_h^2 + \beta_1 \sigma_h^2$$

- Para varios pasos adelante, se usa $a_t^2 = \sigma_t^2 \varepsilon_t^2$ y se reescribe la volatilidad de la ecuación en (5.5).

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) \sigma_t^2 + \alpha_1 \sigma_t^2 (\varepsilon_t^2 - 1)$$

Donde $t = h+1$

$$\sigma_{h+2}^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) \sigma_{h+1}^2 + \alpha_1 \sigma_{h+1}^2 (\varepsilon_{h+1}^2 - 1)$$

Donde $E(\varepsilon_{h+1}^2 - 1 | F_h) = 0$, el 2-paso adelante, del pronóstico de volatilidad satisface:

$$\sigma_h^2(2) = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) \sigma_h^2(1)$$

En general:

$$\sigma_h^2(\ell) = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) \sigma_h^2(\ell-1), \quad \ell > 1 \quad (5.6)$$

El modelo encuentra las mismas debilidades que el modelo ARCH, dado que responde igualmente a las perturbaciones positivas y negativas. Las condiciones de no negatividad pueden ser violadas por el modelo estimado; una manera de evitarlo es incorporando restricciones artificiales sobre los coeficientes del modelo. Otra limitación es que los *GARCH*

no pueden dar cuenta del “*efecto leverage*”²⁷, aunque pueden considerar los “*clustering de la volatilidad*” en una serie; Los modelos *GARCH* sancionan la simetría en la volatilidad de la perturbaciones positivas y negativas²⁸

El modelo no permite cualquier retroalimentación directa entre la varianza condicional y la media condicional. Brooks (2008,404). Además, recientes estudios de series de tiempo financieras indican que el comportamiento de la cola de los modelos *GARCH* sigue siendo demasiado corto incluso con la *t* de *Student*. Los modelos *GARCH* no permiten estimar convenientemente el efecto *leverage*.(Tsay 2005).

²⁷ El efecto *leverage* se origina al momento que una perturbación negativa, puede causar que la volatilidad aumente en más de una perturbación positiva de la misma magnitud. En renta variable, tales asimetrías son atribuidas al a “*efecto leverage*”, por lo que una caída en el valor de las acciones de una empresa hace que la cuota de deuda de capital de la empresa se eleve.

²⁸ Que surge desde la varianza condicional en las ecuaciones, siendo una función de las magnitudes de los residuos retardados y no de sus signos; ya que elevando al cuadrado el error los signos se pierden.

Anexo 6: Modelación del precio interno

Tabla 4 Test de raíces unitarias

Variable		Al nivel			Primeras diferencias		
		ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
Y	Ts	-0.222330	-0.110335	0.739000	-11.53083	-11.34845	0.079297
	Vc	-2.575564	-2.575516	0.918872	-2.575564	-2.575564	0.739000
	Pv	0.6052	0.6446		0.0000	0.0000	
X_1	Ts	-0.293260	-0.213666	1.512373	-11.85683	-11.85683	0.109381
	Vc	-2.575564	-2.575516	0.216000	-2.575564	-2.575564	0.739000
	Pv	0.5793	0.6083		0.0000	0.0000	
X_2	Ts	-4.667739	-3.435901	0.085158			
	Vc	-2.575712*	-2.575516*	0.739000			
	Pv	0.0000*	0.0007*				
X_3	Ts	-3.575380	-5.231039	0.167576			
	Vc	-2.575712	-2.575516	0.739000			
	Pv	0.0004	0.0000				
X_4	Ts	-0.679103	-0.469115	0.647105	-4.951928	-4.870491	0.207940
	Vc	-2.575564	-2.575516	0.739000	-2.575564	-2.575564	0.739000
	Pv	0.4219	0.5114		0.0000	0.0000	

Ts: t-estadística; Vc: Valor crítico y Pv: P-valor

Fuente: elaboración propia

A continuación se exponen los principales resultados obtenidos de las estimaciones realizadas, para llegar al modelo que mejor explica la dinámica de los precios del mercado interno de café.

El proceso empieza con el modelo base $ARMA(7.7)$, a partir de este modelo encontrar el modelo de más se ajuste, usando la metodología de *Box y Jenkins*. La tabla 5 del presente anexo muestra la estimación base, ésta se incorporan los diferentes procesos autorregresivos, a partir de allí se comienzan a descartar procesos, se encuentra un primer modelo

ARMA(12,12), que muestra variables significativas, lo que indica una cierta inersia al precio del año anterior (Ver tabla 6, estimación 1).

Tabla 5: Regresión base del cual partimos (ARMA 7.7)

Dependent Variable: D(LOG(P_INTERNOU\$))				
Method: Least Squares				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001431	0.005794	0.246920	0.8052
AR(7)	0.305550	0.254261	1.201717	0.2309
AR(6)	-0.015240	0.353552	-0.043106	0.9657
AR(5)	0.168096	0.263047	0.639033	0.5235
AR(4)	0.082653	0.371558	0.222449	0.8242
AR(3)	-0.209196	0.341974	-0.611732	0.5414
AR(2)	-0.352219	0.382096	-0.921809	0.3578
AR(1)	-0.001019	0.908503	-0.001121	0.9991
MA(7)	-0.375811	0.291925	-1.287357	0.1995
MA(6)	0.031535	0.453557	0.069529	0.9446
MA(5)	-0.304275	0.267678	-1.136720	0.2570
MA(4)	-0.128695	0.397419	-0.323827	0.7464
MA(3)	0.320343	0.357581	0.895863	0.3714
MA(2)	0.341847	0.370717	0.922123	0.3576
MA(1)	0.175309	0.906009	0.193496	0.8468
R-squared	0.095742	Mean dependent var		0.002186
Adjusted R-squared	0.031804	S.D. dependent var		0.079325
S.E. of regression	0.078054	Akaike info criterion		-2.195018
Sum squared resid	1.206292	Schwarz criterion		-1.958308
Log likelihood	248.7695	Hannan-Quinn criter.		-2.099356
F-statistic	1.497430	Durbin-Watson stat		1.993272
Prob(F-statistic)	0.114534			

Nivel de significancia***1,**5,*10, por ciento

Al modelo 1 se le introducen las variables independientes (modelos 2 y 3) se introducen las variables independientes, como la diferencia del logaritmo precio externo, la diferencia del logaritmo del nivel de inventarios nacionales e internacionales, y el *ENSO* al momento de

introducir el resto de variables el AR(12) deja de ser significativo, al igual que el resto de variables (Ver modelo 2 y 3). Es de destacar que estos modelos son ruido blanco.

Tabla 6: Regresión 1, 2, 3 (ARMA 12.12)

Variable independientes	Modelo 1		Modelo 2	Modelo 3
	Procesos	AR	Incorporando variables independientes	
C	0.001443		-0.056039**	0.005311
	0.005592		0.022828	0.042757
AR(1)	0.100402**		0.0025	-0.231235***
	0.058256		0.074528	0.064716
AR(5)	-0.165689**		0.0025	-0.463787***
	0.09179		0.224419	0.069307
AR(6)	0.08976*		0.0025	-0.245022***
	0.054772		0.071743	0.059504
AR(12)	-0.568937***		0.0025	0.285145***
	0.07883		0.212772	0.06194
d(log)Precio Externo			0.017664*	1.036548***
			0.009965	0.038299
ENSO			-0.005657	-0.002949
			0.007109	0.002609
Dlog(N_inventarios Internos)			1.48E-12	-0.001718
			8.71E-12	0.001427
Nivel de inventarios externos			0.000000000000764**	0.001134
			2.97E-13	0.001675
Método estimación	OLS		OLS	OLS
F-statistic	3.725346		0.8059	62.93612
Prob(F-statistic)	0.000819		0.634119	0.000000
R^2	0.115347		0.043272	0.779353
Akaike	-2.350954		-2.234168	-3.701124
Schwarz	-2.222587		-2.041618	-3.508574
Durbin-Watson stat	1.824831		1.730228	2.121449

Nivel de significancia***1,**5,*10, por ciento

A continuación se introducen los rezagos de las variables independientes, las estimaciones también son ruido blanco, la estimación 10 exhibe los mejores criterios de *Akaike* y *Schwarz* por lo que resulta tener un mejor ajuste, pero (al introducir el resto de variables y los rezagos) sugieren un proceso *ARMA(1,1)*. Adicionalmente al realizar el test *ARCH LM*, a los modelos a los diez modelos iniciales, no se justifica la introducción de un *GARCH*.

De allí se introducen los modelos de 11 al 14, de los cuales el modelo (11) resulta tener los mejores ajustes, para llegar al modelo definitivo que es el modelo (15) donde se introduce finalmente el modelo de varianza condicional *GARCH(1,1)*

Tabla 7: Regresión 4-10

Variable	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9	Modelo 10
independie	Rezaqos variables independientes						
C	0.025846	0.000824	0.000824	0.000783	0.000807	0.000783	0.000168
	0.046264	0.001787	0.001632	0.001693	0.001631	0.001694	0.001235
AR(1)	-0.252001***	-0.25094***	-0.348442***	-0.264816***	-0.348801***	-0.265287***	-0.238647***
	0.066322	0.06558	0.067501	0.066821	0.067458	0.066794	0.061183
AR(5)	-0.521087***	-0.438604***	-0.062644	-0.337576**	-0.061544	-0.337777**	
	0.087131	0.08714	0.226177	0.134754	0.224833	0.132038	
AR(6)	-0.265512***	-0.241118***	-0.104809	-0.212445***	-0.104455	-0.211926***	-0.140624**
	0.063087	0.060594	0.101084	0.071407	0.100807	0.07114	0.05696
AR(12)	0.255158***	0.283064***	0.176142***	0.276886***	0.176903**	0.278042***	0.372344***
	0.058393	0.053278	0.08804	0.060032	0.087797	0.059578	0.060038
d(log)Precio	1.038963***	1.051222***	1.065703***	1.059725***	1.066892***	1.060967***	1.060994***
Externo	0.039267	0.037823	0.036342	0.037207	0.036324	0.037158	0.036048
ENSO							-0.009184**
							0.004189
ENSO con	0.001718(-4)	0.00225(-4)	0.002471(-4)	0.002186(-4)	0.002314(-3)	0.002151(-3)	0.008786**(3)
rezaqo	0.002585	0.002432	0.002263	0.002439	0.002279	0.002459	0.004095
Dlog(N_inve	-0.001011	-0.004275*	-0.004938*	-0.004641*	-0.004911*	-0.004612**	-0.005231**
ntarios	0.001438	0.002585	0.002541	0.002616	0.002543	0.00262	0.002522
Nivel de	-0.000232	-0.005457	0.020437	0.002158	0.020302	0.001757	-0.01545
inventarios	0.001817	0.016811	0.016958	0.018408	0.017001	0.018448	0.020033
DLOG(N_IN		0.003898(-4)	-0.006684***(-6)	-0.006337**(-7)	-0.006752***(-6)	-0.006398**(-7)	-0.006359***(-7)
VENTARIO)		0.002532	0.002589	0.002541	0.002589	0.00254	0.002489
DLOG(N_IN		0.02589**(-	0.017197(-4)	0.034294**(-4)	0.017368(-4)	0.034746**(-4)	0.052887***(-4)
V INTERNA		0.012038	0.014174	0.01711	0.0142	0.017171	0.019376
Método	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
F-statistic	63.48878	55.44569	56.7263	56.42377	56.66526	56.41277	63.89923
Prob(F-	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
R^2	0.765951	0.77696	0.782688	0.78268	0.782504	0.782647	0.788091
Akaike	-3.693284	-3.718424	-3.739332	-3.73926	-3.738489	-3.739108	-3.774422
Schwarz	-3.514976	-3.506975	-3.526423	-3.525614	-3.525581	-3.525461	-3.57721
Durbin-	2.087571	2.06821	2.047569	2.101995	2.045158	2.100161	2.161057

Tabla 8: Regresión 11-14 ARMA(1.1)

Variable independientes	Modelo 11	Modelo 12	Modelo 13	Modelo 14
C	0.001193	0.001186	0.000219	0.000348
	0.00108	0.001064	0.000245	0.000238

AR(1)	0.348703***	0.346689***	0.609661***	0.614248***
	0.107901	0.106117	0.057316	0.056318
d(log)Precio Externo	0.981979***	0.992702***	1.003445***	0.988186***
	0.030946	0.030926	0.02453	0.023357
ENSO	-0.008432***	-0.008321***	-0.009029***	-0.009569***
	0.002722	0.002705	0.002601	0.002614
ENSO con rezago	-0.007907***(-3)	0.007723***(-3)	0.007431***(-3)	0.00811***(-3)
	0.002708	0.002694	0.002611	0.002614
DLOG(N_INVENTARIO local con retardo)	-0.005556***(-7)	-0.005545***(-6)	-0.005473***(-6)	-0.005151***(-6)
	0.002564	0.002576	0.002606	0.002594
DLOG(N_INV_externos)-Con retardo	-0.013062***(-7)	-0.013551***(-7)	0.017523***(-6)	0.013889***(-5)
	0.006111	0.006128	0.006054	0.005736
Método estimación	OLS	OLS	OLS	OLS
F-statistic	96.14078	96.02257	92.55661	93.10733
Prob(F-statistic)	0000000	0000000	0000000	0000000
R^2	0.767385	0.767165	0.759643	0.760724
Akaike	-3.615287	-3.614343	-3.585734	-3.590243
Schwarz	-3.488623	-3.487679	-3.459488	-3.463998
Durbin-Watson stat	1.971755	1.979856	1.979856	2.136093
ARCH LM F-statistic	4.29934	6.087558	17.66412	19.18185
ARCH LM P valor (Prob.	0.0394**	0.0144**	0000000***	0000000***

Tabla 9. Modelo final.

Variable independientes	Modelo 15
	(GARCH(1,1))
C	0.001147
	0.001163
AR(1)	0.256969**
	0.122529
d(log)Precio Externo	1.023549***
	0.029354
ENSO	-0.007778***
	0.002718
ENSO con rezago	-0.007357***(-3)
	0.002695
DLOG(N_INVENTARIO local con retardo)	-0.005531***(-7)
	0.001871
DLOG(N_INV_externos)-Con retardo	-0.01697*(-7)
	0.009362
Método estimación	GARCH(1,1)
R^2	0.76183

Akaike	-3.727912
Schwarz	-3.537917
Durbin-Watson stat	1.993547
Variance conditional:	
C	0.000169**
	8.36E-05
Resid(-1)^2	-0.009245
	0.023457
GARCH(-1)	0.869953***
	0.066011
T-DIST. DOF	5.227528***
	1.984233

Los números en gris no son significativos

Fuente: Elaboración propia

Comandos Eviews: Modelo 1. $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(7)\ ma(5)\ ma(12)$

Modelo 2. $arma(12,12)$ introduciendo otras variables : $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(7)\ ma(5)\ ma(12)\ p_externou\$$ $enso\ n_inventario\ inv_internac$

Modelo3: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(7)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso\ log(n_inventario)\ log(inv_internac)$.

Modelo 4: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-4)\ log(n_inventario)\ log(inv_internac)$

Modelo 5: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-4)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-4))\ dlog(inv_internac(-4))$

Modelo 6: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-4)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-6))\ dlog(inv_internac(-4))$

Modelo 7: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-4)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-7))\ dlog(inv_internac(-4))$

Modelo 8: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-3)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-6))\ dlog(inv_internac(-4))$

Modelo 9: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(5)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(5)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso(-3)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-7))\ dlog(inv_internac(-4))$

modelo 10: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ ar(6)\ ar(12)\ ar(1)\ ma(12)\ d(\log(p_externou\$))\ enso\ enso(-3)\ dlog(n_inventario)\ dlog(inv_internac)\ dlog(n_inventario(-7))\ dlog(inv_internac(-4))$

Modelo 11: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ d(\log(p_externou\$))\ ar(1)\ dlog(n_inventario(-7))\ dlog(inv_internac(-7))\ ma(1)\ enso\ enso(-3)$

Modelo 12: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ d(\log(p_externou\$))\ ar(1)\ dlog(n_inventario(-6))\ dlog(inv_internac(-7))\ ma(1)\ enso\ enso(-3)$

Modelo 13: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ d(\log(p_externou\$))\ ar(1)\ dlog(n_inventario(-6))\ dlog(inv_internac(-6))\ ma(1)\ enso\ enso(-3)$

Modelo 14: $ls\ d(\log(p_internou\$))\ c\ d(\log(p_externou\$))\ ar(1)\ dlog(n_inventario(-6))\ dlog(inv_internac(-5))\ ma(1)\ enso\ enso(-3)$

Modelo 15: $arch(tdist, backcast=0.7, deriv=aa) \ d(\log(p_internou\$)) \ c \ d(\log(p_externou\$)) \ ar(1) \ dlog(n_inventario(-7)) \ dlog(inv_internac(-7)) \ ma(1) \ enso \ enso(-3).$

Anexo 7: Correlogramas

Figura 13 Correlograma de la primera diferencia del precio interno

Sample: 1996M04 2014M08
Included observations: 220

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.234	0.234	12.263	0.000	
2	-0.016	-0.075	12.317	0.002	
3	-0.022	-0.000	12.425	0.006	
4	-0.116	-0.119	15.480	0.004	
5	-0.047	0.010	15.973	0.007	
6	0.045	0.047	16.432	0.012	
7	0.056	0.034	17.163	0.016	
8	0.148	0.127	22.179	0.005	
9	-0.034	-0.111	22.447	0.008	
10	0.008	0.073	22.463	0.013	
11	0.071	0.058	23.627	0.014	
12	-0.045	-0.050	24.093	0.020	
13	0.015	0.039	24.143	0.030	
14	0.004	-0.033	24.147	0.044	
15	-0.058	-0.036	24.954	0.051	
16	-0.079	-0.090	26.446	0.048	
17	-0.034	0.019	26.723	0.062	
18	-0.040	-0.061	27.100	0.077	
19	0.038	0.037	27.445	0.095	
20	-0.008	-0.027	27.461	0.123	
21	-0.127	-0.156	31.390	0.067	
22	-0.056	0.023	32.165	0.075	
23	-0.000	0.025	32.165	0.097	
24	0.008	0.018	32.179	0.123	
25	0.052	0.019	32.851	0.135	
26	-0.113	-0.147	36.073	0.090	
27	-0.075	0.002	37.515	0.086	
28	-0.094	-0.084	39.778	0.069	
29	-0.144	-0.056	45.096	0.029	
30	0.002	-0.001	45.097	0.038	
31	-0.014	-0.064	45.148	0.048	
32	-0.008	0.021	45.164	0.061	
33	0.030	-0.032	45.391	0.074	
34	-0.116	-0.088	48.915	0.047	
35	-0.037	0.021	49.276	0.055	
36	0.112	0.132	52.623	0.036	

Figura 14 Correlograma de los residuales

Sample: 1997M01 2014M08
Included observations: 212
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	-0.004	-0.004	0.0038		
2	0.071	0.071	1.0880		
3	0.055	0.056	1.7559	0.185	
4	0.021	0.016	1.8492	0.397	
5	-0.010	-0.018	1.8721	0.599	
6	-0.055	-0.061	2.5301	0.639	
7	0.051	0.051	3.1096	0.683	
8	0.040	0.051	3.4593	0.749	
9	-0.069	-0.069	4.5094	0.720	
10	-0.077	-0.091	5.8563	0.663	
11	0.018	0.018	5.9261	0.747	
12	-0.049	-0.031	6.4648	0.775	
13	0.027	0.045	6.5319	0.828	
14	0.011	0.020	6.5620	0.879	
15	0.004	-0.014	6.5653	0.919	
16	0.014	0.005	6.7135	0.945	
17	-0.023	-0.009	6.8360	0.962	
18	-0.099	-0.107	9.1243	0.908	
19	0.018	0.014	9.1969	0.934	
20	-0.085	-0.073	10.919	0.898	
21	0.000	0.001	10.919	0.927	
22	-0.045	-0.035	11.400	0.935	
23	-0.094	-0.088	13.534	0.889	
24	-0.059	-0.067	14.370	0.888	
25	-0.136	-0.110	18.855	0.710	
26	-0.095	-0.088	21.045	0.636	
27	-0.017	-0.008	21.114	0.686	
28	-0.038	-0.031	21.471	0.717	
29	-0.020	-0.029	21.572	0.759	
30	0.038	0.024	21.930	0.785	
31	0.023	0.031	22.064	0.818	
32	0.106	0.096	24.902	0.730	
33	0.065	0.072	25.968	0.723	
34	0.062	0.035	26.934	0.721	
35	-0.022	-0.077	27.057	0.757	

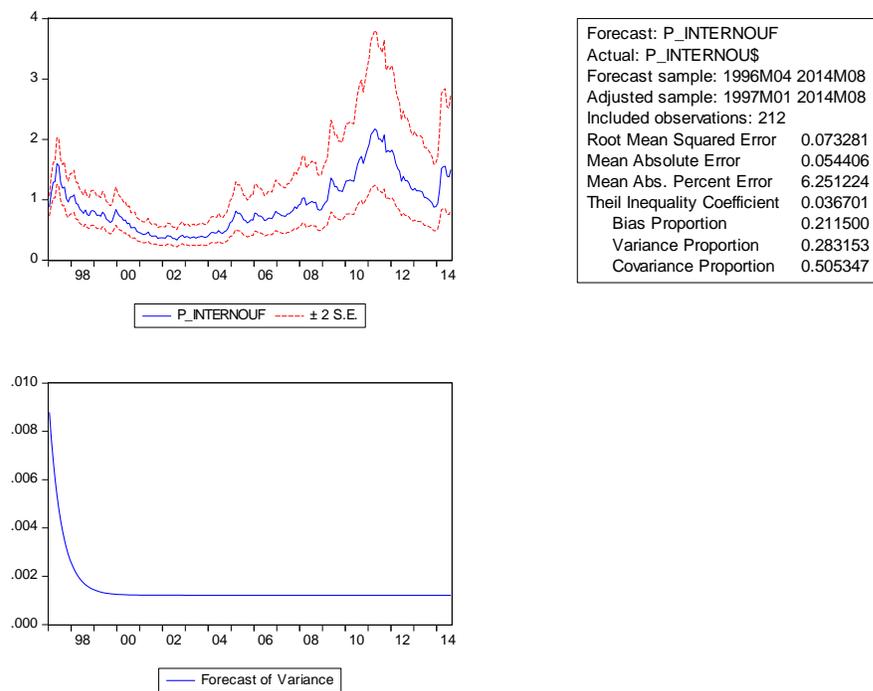
Figura 15 Correlograma de los precios al cuadrado ARMA(1.1)

Date: 11/07/15 Time: 00:34
Sample: 1997M01 2014M08
Included observations: 212
Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.138	0.138	4.0896		
2	0.096	0.078	6.0807		
3	0.051	0.029	6.6562	0.010	
4	-0.031	-0.050	6.8669	0.032	
5	-0.035	-0.032	7.1316	0.068	
6	-0.006	0.008	7.1402	0.129	
7	0.002	0.012	7.1413	0.210	
8	0.013	0.013	7.1793	0.305	
9	-0.015	-0.023	7.2281	0.406	
10	-0.011	-0.011	7.2536	0.510	
11	-0.075	-0.072	8.5148	0.483	
12	-0.056	-0.034	9.2162	0.512	
13	-0.016	0.008	9.2781	0.596	
14	-0.065	-0.053	10.245	0.594	
15	0.033	0.047	10.491	0.653	
16	-0.050	-0.061	11.073	0.680	
17	0.042	0.054	11.489	0.717	
18	0.094	0.087	13.558	0.632	
19	0.073	0.052	14.801	0.610	
20	0.125	0.094	18.469	0.425	
21	-0.026	-0.078	18.636	0.480	
22	-0.061	-0.071	19.528	0.488	
23	0.027	0.046	19.708	0.540	
24	-0.004	0.016	19.711	0.601	
25	0.014	0.008	19.762	0.656	
26	0.024	0.005	19.906	0.702	
27	0.030	0.015	20.127	0.740	
28	0.052	0.046	20.799	0.752	
29	-0.045	-0.037	21.293	0.772	
30	-0.062	-0.056	22.251	0.770	
31	-0.035	0.010	22.562	0.796	
32	-0.029	-0.004	22.771	0.825	
33	-0.045	-0.047	23.283	0.839	
34	-0.035	-0.014	23.591	0.859	

Anexo 8: Precios spot de café en Colombia

Figura 16 Pronóstico



Fuente: elaboración propia, en Eviews

Anexo 9. Información para el ejercicio de los precios teóricos y los rendimientos de conveniencia

Tabla 10. Información.

Variable	valor	Fuente
Almacenamiento	2%	Almacafé (entrevista)
Tasa financiación	1.48%	19.33% EA con vigencia del 31 de octubre al 31 dic /2015 Obtenida de la superintendencia
Costo carry (c+r)	3.5%	Almacenamiento + financiación
Costo I	5.30%	Banco mundial, el costo contenedor de 20 en dólares estadounidense, se realiza cálculo con base a información de entrevista (275 sacos de 70 kilos).
Costo E	5.06%	Banco mundial, el costo contenedor de 20 en dólares estadounidense, se realiza cálculo con base a información de entrevista (275 sacos de 70 kilos).
T	6	
TTM	3047	Superintendencia Financiera
Precio spot Col	3040	FNC (20 de noviembre 2015)
Precio spot inter	1.21	FNC (20 de noviembre 2015)

Fuente: Elaboración propia.