

POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MERCADO  
DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN COLOMBIA

DAVID ESTEBAN GARCIA GOMEZ  
HERIBERTO DE JESÚS HINCAPIÉ LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y MERCADO DE CAPITALES  
COHORTE 8  
MEDELLIN  
2008

POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MERCADO  
DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN COLOMBIA

DAVID ESTEBAN GARCIA GOMEZ  
HERIBERTO DE JESÚS HINCAPIÉ LÓPEZ

Trabajo de grado como requisito para optar el título de  
Especialista en Finanzas y Mercado de Capitales

Asesor Temático:  
JUAN CAMILO ARBELAEZ ZAPATA  
MSc en Finanzas

Asesor Metodológico:  
FABIAN HERNANDO RAMIREZ ATEHORTUA

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN  
ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y MERCADO DE CAPITALS  
COHORTE 8  
MEDELLIN  
2008

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 1  |
| ABSTRACT .....   | 3  |
| GLOSARIO .....   | 5  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 7  |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 9  |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....   | 11 |
| 3. ANTECEDENTES .....  | 14 |
| 4. OBJETIVOS .....   | 16 |
| 4.1 Objetivo General .....   | 16 |
| 4.2 Objetivos Específicos .....  | 16 |
| 5. MARCO TEORICO.....  | 17 |
| 5.1 Derivados Financieros.....   | 17 |
| 5.2 Características de los Productos Agropecuarios para poder establecer un Derivado Financiero..... | 17 |
| 5.3 Introducción a las Opciones .....  | 18 |
| 5.4 Concepto de Opción.....  | 19 |
| 5.5 Tipos de Opciones .....  | 20 |
| 5.6 Los Fundamentos del Valor de una Opción .....  | 20 |
| 5.7 Modalidades de Mercado: Mercados OTC y Mercados Organizados ...                                  | 21 |
| 5.8 Qué son los Commodities .....  | 22 |
| 5.8.1 Cómo se manejan estos bienes en la práctica .....  | 23 |
| 5.8.2 Formas de operar los commodities .....   | 24 |
| 5.9 Algunos Derivados Sobre Commodities en los Mercados OTC .....                                    | 24 |
| 5.10 Valoración de Forwards en los Commodities .....   | 27 |
| 6. METODOLOGÍA.....  | 29 |
| 7. POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MERCADO DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN COLOMBIA..... | 31 |
| 7.1 Los Commodities en Colombia.....   | 31 |
| 7.2 La Bolsa Nacional Agropecuaria .....   | 34 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 7.2.1 | Operaciones de mercado abierto - OMA.....                         | 35 |
| 7.2.2 | Operaciones de pregón electrónico - OPES.....                     | 36 |
| 7.3   | Dificultades del Mercado de Commodities en Colombia .....         | 37 |
| 7.4   | Mercado Comparativo de Commodities en America Latina.....         | 40 |
| 7.5   | Posibles Modelos de Valoración para Commodities en Colombia ..... | 41 |
| 7.5.1 | Por qué el modelo Black-Scholes.....                              | 44 |
| 7.6   | El Modelo de Black-Scholes-Merton .....                           | 45 |
| 7.6.1 | Orígenes del modelo .....   | 45 |
| 7.6.2 | Desarrollo del modelo “Black-Scholes-Merton” .....                | 48 |
| 7.7   | El Modelo de Black.....   | 51 |
| 7.8   | Modelo de Árboles Binomiales .....                                | 52 |
| 7.8.1 | Calculo de la prima con árboles binomiales .....                  | 53 |
| 8     | SIMULADOR DE OPCIONES .....                                       | 55 |
| 8.1   | Como Operar el Simulador de Opciones.....                         | 55 |
| 8.2   | Códigos Internos Utilizados en las Macros.....                    | 60 |
| 8.3   | Modelo Alternativo Planteado.....                                 | 68 |
| 9.    | RESULTADOS OBTENIDOS .....  | 69 |
| 10.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                              | 70 |
|       | BIBLIOGRAFIA .....  | 72 |

## INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de esta investigación es presentar la actualidad del mercado de commodities en Colombia, los avances que tiene el mercado de capitales colombiano frente a la utilización de *Opciones sobre Commodities*, los referentes y las inversiones que se tiene en bienes básicos muy específicos, como agrícolas, por medio de Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA) y las posibilidades de implementar este mercado en Colombia.

Esta investigación, en su primera parte plantea el desarrollo de la problemática actual del mercado colombiano frente a la sub-utilización de los derivados y sus subyacentes, los antecedentes del mercado de Opciones sobre Commodities en países como Brasil y Argentina y como se hace necesario la liberalización y el desarrollo de los mercados de derivados en Colombia como una estrategia de negociación importante.

En la segunda parte se desarrolla el marco teórico, en cuanto a la definición de los derivados financieros, las características de los productos agrícolas para establecer un derivado financiero, las opciones, su definición, tipos y el valor o prima; las modalidades de mercado, el concepto de commodities, como se manejan en la práctica y las formas de operar; algunos derivados en los mercados OTC y la valoración de forwards en los commodities.

En la tercera parte se plantea el desarrollo de los commodities en Colombia, una introducción de la Bolsa Nacional Agropecuaria y los esquemas de negociación, como son las operaciones de mercado abierto y pregón electrónico; las dificultades del mercado de commodities y los posibles modelos de valoración; el modelo de *Black-Scholes-Merton*, los orígenes y el desarrollo del mismo; el modelo de *Black*, el modelo de *Árboles Binomiales* y el cálculo de la prima.

En la cuarta y ultima parte se presenta el desarrollo de un aplicativo en Excel que permite encontrar el valor de un Opción sobre Commodities, denominado “*Simulador de Opciones*”, la forma de operar y los códigos internos utilizados en las macros, además de una breve descripción de un modelo alternativo planteado como tesis para Maestría en Finanzas y por ultimo los resultados obtenidos en la investigación.

Con el análisis efectuado y como estimación inicial para una primera aproximación al modelo desarrollado por *Black-Scholes-Merton* (1973) para la valoración de opciones, el modelo de *Black* (1976) y el modelo de *Árboles Binomiales*, se pretende hacer un acercamiento al mercado de derivados en Colombia, el cual aunque no se encuentra estandarizado permite realizar un acercamiento inicial a los valores teóricos de negociación en rueda.

## **TITULO**

POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MERCADO  
DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN COLOMBIA

## **AUTORES**

DAVID ESTEBAN GARCIA GOMEZ

HERIBERTO DE JESÚS HINCAPIÉ LÓPEZ

### **Título que se otorga**

Especialista en Finanzas y Mercado de Capitales

## **ASESORES**

### **Asesor Temático:**

JUAN CAMILO ARBELAEZ ZAPATA

### **Asesor Metodológico:**

FABIAN HERNANDO RAMIREZ ATEHORTUA

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

ESPECIALIZACIÓN EN FINANZAS Y MERCADO DE CAPITALS

COHORTE 8

MEDELLIN

2008

## **RESUMEN**

En los últimos años los mercados de derivados han tenido un auge más allá de lo esperado, lo cual ha ampliado en gran medida las posibilidades de inversión. Ahora bien en este mercado de derivados se pretende diversificar el riesgo, con inversiones en ciertos bienes y/o servicios específicos, estos pueden ser de dos tipos: Activos Financieros y Commodities o bienes tangibles; que para el propósito de la investigación los Commodities tienen mayor importancia.

Por lo tanto, se entiende que los commodities son materias primas brutas que han sufrido procesos de transformación muy pequeños o insignificantes.

Lo que se pretende en esta investigación es buscar la forma de incorporar este tipo de opciones dentro de un portafolio de inversiones en el mercado colombiano, discriminando las diferentes alternativas de inversión y analizando los diversos factores que intervienen al momento de tomar decisiones de invertir.

Basados en métodos matemáticos y estadísticos se busca hallar una correcta valoración para las Opciones sobre Commodities, que posiblemente en un tiempo no lejano, serán negociados en un mercado estandarizado en Colombia, brindando con esto información real y oportuna a los inversionistas en la toma de decisiones.

Se observa la dificultad en cuanto a información y valoración actual de los diferentes derivados en el mercado colombiano, con respecto a mercados más desarrollados en este tema como lo son el americano, el londinense, el brasilero y el argentino; siendo estos dos últimos de mayor importancia por su similitud en las condiciones sociopolíticas y económicas.

El proyecto explora modelos de valoración para opciones como son el *Modelo de Black and Scholes* y el *Modelo de Árboles Binomiales*, analizando su aplicación en el mercado de derivados colombiano.

## **ABSTRACT**

In the last years the markets of derivatives have had a summit better than expected, which has extended enough the possibilities of investment. Now well on this market of derivatives is pretended to diversify the risk with investments in certain goods and / or specific services, these can be of two types: Financial Assets and Commodities or tangible goods; that for the purpose of the investigation the Commodities are more important.

For this, we have to understand the commodities are simply brute (gross) raw materials (commodities) that have suffered very small or insignificant processes of transformation.

What is wanted to find research is to look for the form to incorporate this type of options inside a investments portfolio on the Colombian Market, discriminating among the wide investment alternatives, and analyzing the factors must be had in consideration to the moment to take decisions of invest.

Based in mathematical and statistical methods we look for find a correct valuation to the Options over Commodities, which possibly in at not long time, will be deal in a standardized market in Colombia, giving with this real and useful information to the investors when they take the decisions.

It's hard to find information and actual valuation of the different derivatives in the Colombian market, compared with more developed market like the American, the British, the Brazilian and the Argentinean; been these two last of more

importance because they are so similar in the social, political and economic facts.

This project uses options valuating models like *Black and Scholes Model* and *Binomial Trees Model*, analyzing it's applicative in the derivative Colombian market.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mercado de capitales colombiano ha tenido un desarrollo importante en las últimas décadas, incrementando ostensiblemente las negociaciones con los diferentes títulos que lo componen, no obstante, se encuentra muy lejos de alcanzar puntos de negociación óptimos, donde los inversionistas tengan una gran gama de inversión tanto para cubrirse en riesgo como para tomar decisiones de especulación.

Uno de los instrumentos subutilizados por el mercado colombiano ha sido el manejo de derivados y sus subyacentes, para el caso concreto de esta investigación las Opciones sobre Commodities, las estrategias de inversión y cubrimiento utilizadas fuertemente en países con mercados de capitales desarrollados, es en este punto donde debemos indagar por la capacidad que tienen los inversionistas colombianos para llevar a cabo negocios de cubrimiento y especulación. La pregunta inmediata que nos surgiría es ¿Están los inversionistas colombianos preparados para realizar operaciones con Opciones sobre Commodities? O es acaso que el mercado colombiano no ha visto el gran potencial que tienen estos tipos de negocios al momento de cubrir al inversionista ante la posible volatilidad de algún sector.

Se puede analizar complementariamente la capacidad de inversión que se tiene en el país y concluir si esta es una de las causas por las cuales el mercado de Opciones con Commodities colombiano no ha sido fuertemente trabajado por los especialistas financieros. Por el contrario un resultado de exceso de liquidez en los inversionistas colombianos nos podría informar que los instrumentos financieros actualmente utilizados no están cubriendo las necesidades de inversión que se tienen.

Otro punto de investigación puede llevar a mostrar las restricciones gubernamentales sobre este tipo de inversión que existen en el país, ya que es

posible que el gobierno a través de sus entidades de regulación y control tenga establecido normas para el control de cierto tipo de inversiones o un gravamen especial impositivo para estas operaciones, lo que explicaría en cierto modo el poco nivel transaccional de esta clase de instrumentos.

En general, se pretende examinar las diversas dificultades que se tienen para la implementación de un mercado de Opciones con Commodities en el país, bajo un análisis del comportamiento general de los derivados y así lograr establecer las posibilidades reales que se tienen para implementar el mercado de Opciones sobre Commodities en Colombia.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La volatilidad a la cual se viene enfrentando Colombia en su tipo de cambio frente al dólar, los precios de las materias primas y la incertidumbre que esto genera, ha motivado el estudio de maneras eficaces de cubrirse frente a estos riesgos; en el mercado mundial las estrategias mas utilizadas son los derivados (centrando nuestro estudio en los derivados denominados *Opciones sobre Commodities*) pero a nivel nacional la implementación de estos es escasa, generando sobrecostos innecesarios y riesgos que de una o otra manera pudiesen ser cubiertos; es aquí donde se debe cuestionar y pensar ¿ Será que los inversionistas colombianos no tienen el suficiente conocimiento financiero para llevar a cabo este tipo de operaciones?, o es acaso que el mercado de capitales colombiano no esta lo suficientemente desarrollado para darle rienda suelta a la negociación con Opciones sobre Comomodities?

Pero la volatilidad en precios no es el único campo de negociación que tiene el mercado de opciones, en general este tipo de negociaciones puede realizarse frente a cualquier subyacente, inclusive es factible de negociación frente a índices, es por esto que inversionistas especuladores podrían llegar a obtener grandes rentabilidades si explorasen un poco mas los diferentes mercados que se ofrecen a nivel mundial y si ampliasen sus horizontes y conocimientos mas allá del ámbito nacional.

Tomando como punto de referencia las denominadas Opciones sobre Commodities y siendo Colombia un país netamente agroindustrial es necesario adelantar proyectos tanto de financiación como de inversión, facilitando con esto el crecimiento del sector y dando a los inversionistas una gama más amplia de inversiones donde puedan cubrirse ante posibles volatilidades en otros activos o donde puedan tomar posiciones con un nivel de riesgo un poco mayor; pero a su vez siendo estas mismas más rentables.

En el mercado de Opciones sobre Commodities se pretende que el agroindustria obtenga capital de trabajo en un corto plazo, pudiendo guiar estos recursos al fortalecimiento de sus cultivos, propiciando el crecimiento del sector agroindustrial en Colombia; de igual manera el inversionista podrá realizar inversiones de carácter especulativo siempre y cuando el marco legal se lo permita.

Haciendo un análisis más amplio se puede observar que al incorporar las opciones sobre tasas de cambio se obtendría unos grandes beneficios a nivel empresarial y de mercado, es por eso que a continuación se exponen dos de ellos, sin mencionar con esto que la investigación será basada en opciones sobre tasas de cambio; simplemente será un referente a nivel intelectual de la necesidad de dicho mercado.

- Empresas o Personas Naturales que tengan deuda en moneda extranjera o atada a índices del mercado. Esta estrategia le permite eliminar el riesgo de afrontar posibles variaciones significativas de la tasa de cambio o en los índices de referencia tomados en el crédito, dejando a un lado la incertidumbre del costo real que tendrá la deuda en un horizonte cercano.
- Empresas o Personas Naturales que posean negocios de exportación o importación, o aquellos en los cuales las materias primas y maquinarias provienen de países con monedas y tipos de cambio diferente al colombiano. Les permite asegurar un precio en el cambio que tendrá la moneda y así se establecerá niveles de ingresos y egresos continuos eliminando la dependencia de tipo cambiario.

Al observar el poco desarrollo que existe en Colombia del mercado de Opciones sobre Commodities se debe afrontar el tema con cautela y dimensionar realmente el potencial que podría tener este tipo de negocios en el país, es por eso que la investigación no solo esta dada para proporcionar datos de la situación actual del mercado de opciones, también pretende analizar la

verdadera viabilidad que tendría un mercado como este frente al tamaño de nuestra bolsas de valores como son la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) y la Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA) y los montos de negociaciones que se dan en ellas.

Esperando con esto realizar un análisis del por qué las Opciones sobre Commodities no son un mecanismo utilizado masivamente en Colombia y explorar las perspectivas reales que se tienen con respecto al mercado de Opciones en Colombia.

### 3. ANTECEDENTES

La negociación de *Opciones sobre Commodities* es un tema poco explorado en Colombia, son contados los que se han preocupado por la investigación referente a estas, ya que no se ha desarrollado un mercado de Derivados en Colombia que permita avanzar en el tema, las condiciones del mercado y la falta de mecanismo o instrumentos que los hagan mucho mas atractivos frenan el dinamismo que se puede realizar en sus estudios. Es posible que si se mostrara las bondades y debilidades del mercado, las rentabilidades que se pueden obtener o si hubiese un poco de más interés referente a estos instrumentos se pudiera llegar a consolidar un muy buen mercado estandarizado de derivados sobre commodities en Colombia.

En el caso de países como Argentina se operan contratos de futuros sobre commodities agrícolas y en el caso de Brasil se negocian contratos de commodities agropecuarios.

Los mercados de futuros que existen en la Argentina son dos:

-MATBA: es el Mercado a Término de Buenos Aires. En el mismo se negocian contratos de futuros sobre Soja, Maíz, Trigo y Girasol. Este mercado es el más grande de la Argentina y el más grande del mundo en cuanto a volúmenes operados en Girasol.

-ROFEX: es el Mercado a Término de Rosario. En el cual se negocian futuros de Soja, Trigo, Maíz y Girasol. También se negocian en este mercado dos importantes contratos como son el Índice de Soja Rosafé y el Índice de Novillo Argentino, los cuales tienen la particularidad de ser contratos sin entrega, es decir, que se ajustan al vencimiento por diferencias de efectivo o cash settlement.

En el caso de Brasil la negociación de contratos de futuros, opciones y commodities se realiza en la Bolsa Mercantil & de Futuros (BM&F) y la Bolsa Brasileña de Mercaderías.

-La Bolsa Mercantil & de Futuros (BM&F) dio lugar a los primeros mercados de futuros sobre instrumentos financieros, oro y productos agrícolas (pollos congelados, ganado en vivo y porcino en vivo), es uno de los cinco mayores pregones de contratos futuros de productos agropecuarios del mundo. Los productos negociados son futuros, opciones, y swaps referenciados en: tasas de interés, tasas de cambio, índices de acciones, índices de precios, commodities agropecuarias y de energía.

-La Bolsa Brasileña de Mercaderías es la encargada de los canales de comercialización de productos agropecuarios en el país, ofrece estructura de comercialización organizada, moderna, con tecnología avanzada, para negociación de mercaderías, servicios, títulos del agro-negocio, como las CPRs que son Cédulas de Producto Rural.

En cuanto a los mercados más importantes son el Chicago Board of Trade (CBOT), que es el mercado de futuros de commodities agrícolas más grande del mundo. Este mercado es el de referencia mundial para el precio de la Soja, el Trigo y el Maíz; y el mercado de Kansas City Board of Trade, este es un mercado importante en cuanto a los contratos de Trigo del tipo Hard Red Winter, por lo tanto es un mercado de referencia para cualquier país.

En el caso colombiano los mercados de commodities son una inversión en títulos de renta fija, que tienen un subyacente físico (agrícola o pecuario) pues en el país no se transan contratos de Opciones sobre Commodities.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Analizar la necesidad de la existencia de un mercado organizado de Opciones sobre Commodities en Colombia.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Investigar los avances que tiene el mercado de capitales colombiano frente a la utilización de Opciones sobre Commodities.
- Analizar los mercados de Opciones sobre Commodities en otros países, indagando por los mecanismos utilizados y la real aceptación que se tiene de estas.
- Denotar las mayores dificultades presentadas hasta el momento para la implementación de un mercado de Opciones sobre Commodities en Colombia.
- Describir las posibilidades reales que tienen los inversionistas Colombianos de acceder a las negociaciones con Opciones sobre Commodities.

## **5. MARCO TEORICO**

### **5.1 Derivados Financieros**

“Los instrumentos derivados son acuerdos financieros cuyo precio está determinado por el valor de otro activo denominado activo subyacente. En tal sentido, los derivados operan a través de contratos celebrados entre dos tipos de agentes: los que quieren cubrirse del riesgo inherente al precio del subyacente y los que buscan asumirlo. Los primeros tienen como finalidad asegurar el precio futuro del subyacente, mientras que los segundos buscan obtener ganancias económicas de las variaciones en el precio de dicho activo.”<sup>1</sup>

El objetivo de estos productos es reducir el riesgo asociado a las fluctuaciones inesperadas del precio del activo subyacente. Los activos subyacentes pueden ser financieros (divisas, tasas, bonos, acciones, índices, etc.) o no financieros (commodities, energéticos, o cualquier bien comerciable).

### **5.2 Características de los Productos Agropecuarios para poder establecer un Derivado Financiero**

No todos los productos agropecuarios son viables como subyacentes para establecer un derivado financiero. Considerando las funciones de los derivados financieros y las condiciones de los mercados podemos establecer como condiciones básicas que debe reunir el producto agropecuario las siguientes:

A. Volatilidad del precio: el subyacente debe presentar alguna volatilidad que implique negociar algún derivado financiero para cubrirse del riesgo de

---

<sup>1</sup> LARA, Alfonso de. Productos Derivados Financieros: Instrumentos, Valuación y Cobertura De Riesgos. México, 2005. p. 16.

precios desfavorables, dichos cambios en el precio pueden venir de la variabilidad en la producción, en el consumo o en el almacenaje.

B. Homogenidad del Subyacente: la estandarización en las condiciones de calidad y entrega es una condición de los mercados organizados y dichos mercados a nivel mundial establecen en términos generales las mismas condiciones. Cuando la negociación no se realiza en mercados organizados esta característica es acordada directamente por las partes.

C. Estructura de un Mercado Competitivo: se requiere un gran número de productores, consumidores y operadores que hagan el mercado competitivo.

### 5.3 Introducción a las Opciones

“Los contratos de opción son una de las piezas fundamentales de un mercado financiero moderno. La idea más generalizada entre los inversores y profesionales es que las opciones tienen un acorta vida y que constituyen uno de los elementos más representativos, quizá el más importante, del proceso de innovación financiera. Desde las décadas de los cincuenta y sesenta, las opciones se negociaban generalmente sobre las acciones cotizadas en la Bolsa de Nueva Cork y sobre lotes de cien acciones con vencimientos típicos de sesenta y noventa días. En cualquier caso, el mercado de opciones era el típico mercado *over-the-counter*, sin un sistema normalizado de contratación y con un riesgo de crédito elevado en al medida en que, en caso de incumplimiento del vendedor, el único recurso para el comprador era acudir a los tribunales.”<sup>2</sup>

“Una fecha importante den la historia de las opciones es el 26 de abril de 1973. En dicha fecha comienza a operar el CBOE 8Chicago Board Options

---

<sup>2</sup> LAMOTHE FERNANDEZ, Prosper y PEREZ SOMALO, Miguel. Opciones Financieras y Productos Estructurados. 3ra Edición. Madrid: McGraw-Hill, 2006. p. 2-3.

Exchange), el primer mercado organizado que se crea en el mundo. Los primeros contratos eran contratos de opción sobre lotes de cien acciones, eligiendo sólo dieciséis compañías al comienzo del mercado sobre las que se podían negociar opciones. Desde 1973 hasta hoy, se han creado mercados de opciones en las principales plazas financieras del planeta, se negocian opciones sobre una gama amplísima de activos financieros y no financieros y su uso se ha generalizado para todo tipo de agentes económicos.”<sup>3</sup>

#### **5.4 Concepto de Opción**

“Una opción es un título que brinda a su poseedor el derecho a comprar o vender un activo a un precio determinado durante un período o en una fecha prefijada.”<sup>4</sup>

“Hay dos tipos básicos de opciones; una opción de compra (CALL) da a su propietario el derecho a comprar un activo en una fecha determinado por un cierto precio; una opción de venta (PUT) da al propietario el derecho a vender un activo en una fecha dada a un precio determinado. El activo sobre el que se instrumenta la opción se denomina el activo subyacente. El precio de compra o de venta garantizado en la opción es el precio de ejercicio (strike). Por otro lado las opciones pueden ser americanas o europeas, las opciones americanas pueden ser ejercidas en cualquier momento hasta su fecha de vencimiento, mientras que las opciones europeas sólo pueden ejercerse en la fecha de vencimiento. Esta distinción no tiene nada que ver con la ubicación geográfica.”<sup>5</sup>

“En un contrato de opción, la posición ante el riesgo del comprador y vendedor son asimétricas. Así el comprador tiene el derecho, no la obligación, de comprar o vender, es decir, ejercer la opción en el plazo correspondiente de la

---

<sup>3</sup> Ibid., p. 3.

<sup>4</sup> Ibid., p. 3.

<sup>5</sup> Ibid., p. 3-4.

misma. Sin embargo el vendedor sólo tiene obligaciones en el sentido que tendrá que vender o comprar si el poseedor de la opción decide ejercerla y en caso contrario no hará nada. El vendedor de una opción Call o Put, asume la obligación de respetar la decisión o requerimiento del comprador, para tal efecto recibe un pago (prima) por el riesgo asumido en la venta de la opción.”<sup>6</sup>

## 5.5 Tipos de Opciones

“Las opciones negociadas pueden ser: opciones sobre acciones, opciones sobre índices bursátiles, opciones sobre divisas, opciones sobre contratos de futuros, opciones sobre tasas de interés y para nuestro caso nos referiremos a las *Opciones sobre Commodities*.”<sup>7</sup>

## 5.6 Los Fundamentos del Valor de una Opción

“El valor o la prima de una opción se puede dividir en dos componentes:

- 1) Valor intrínseco que depende de las propias características de la opción.
- 2) Valor tiempo, valor temporal o valor extrínseco que va a depender de factores externos al contrato.”<sup>8</sup>

$$\text{Valor Opción} = \text{Valor intrínseco} + \text{Valor extrínseco}$$

“El *Valor Intrínseco* se puede definir como el valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente. El *Valor Tiempo* o *Valor Extrínseco* de una opción es simplemente la valoración que hace el mercado de las mayores probabilidades de mayores beneficios con la opción si el movimiento del precio del activo subyacente es favorable.”<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> Ibid., p. 4.

<sup>7</sup> Ibid., p. 4.

<sup>8</sup> Ibid., p.56-57.

<sup>9</sup> Ibid., p. 58.

## 5.7 Modalidades de Mercado: Mercados OTC y Mercados Organizados

“Las opciones pueden ser negociadas en dos tipos diferentes de mercados: Los Mercados Organizados y los Mercados Over the Counter (OTC). Los mercados organizados son aquellos que negocian contratos estandarizados, es decir, que las cantidades, puntos de entrega y demás fundamentales se encuentran preestablecidos, por ejemplo en EEUU este tipo de contrato se puede negociar en la Chicago Board Opciones Exchange (CBOE) y los mercados Over the Counter (OTC), donde se realizan operaciones entre instituciones financieras o entre instituciones financieras y alguno de sus clientes corporativos. Es decir, mientras que en los mercados OTC, los contratos son a medida, en los mercados organizados, los contratos están plenamente estandarizados en términos de: vencimiento, precio de ejercicio y tipo de opción: CALL o PUT.”<sup>10</sup>

La mayor diferencia entre ambos mercados es la existencia de la Cámara de Compensación, la cual tiene como funciones:

1. Asegura a los operadores que sus derechos podrán ser ejercidos con independencia de la situación financiera de la contrapartida. Esto es, se elimina el riesgo de crédito de las operaciones.
2. Facilita la operativa del mercado al “compensar” constantemente las posiciones. Por ejemplo, si hemos vendido una opción CALL con vencimiento a 5 meses, podremos cerrar nuestra posición comprando una opción CALL idéntica.
3. Reduce el riesgo de contrapartida asumido exigiendo a los operadores depósito de garantía. Estos depósitos están remunerados a interés de mercado y se pueden realizar en metálico o en algunas bolsas de opciones,

---

<sup>10</sup> Ibid., p. 5-8.

consignando títulos de renta variable o renta fija. En general, sólo exigen depósitos a los vendedores. Por otra parte, los depósitos son revaluados diariamente para reflejar posibles pérdidas o beneficios de la posición de venta de opciones. Las garantías se gestionan a dos niveles: en primer lugar la cámara exige las garantías a los miembros del mercado o bolsa por las posiciones tomadas por cuenta de sus clientes o por cuenta propia y en segundo nivel los miembros de mercado exigen a sus clientes garantías por sus posiciones por un importe que debe ser como mínimo el depósito exigido por la cámara.

## **5.8 Qué son los Commodities**

“En los últimos años los mercados de derivados han tenido un "boom", un auge más allá del esperado, sin embargo, sus orígenes se remontan a mucho tiempo atrás. Ahora bien, en este mercado de derivados se pretende cubrir del riesgo a ciertos bienes y/o servicios, los activos que cubren los instrumentos financieros derivados (futuros, opciones, swaps, etc.), pueden ser de dos tipos: Activos Financieros y Commodities o bienes tangibles.”<sup>11</sup>

Los commodities son los bienes tangibles que se negocian en los mercados, entiéndase por bienes tangibles: oro, maíz, café, petróleo y en general cualquier bien tangible.

Entendemos por commodities simplemente materias primas brutas que han sufrido procesos de transformación muy pequeños o insignificantes. En los mercados financieros internacionales, estos se clasifican en los siguientes grupos básicos: Metales (oro, plata, cobre), Energía (petróleo, gas natural) Alimentos e insumos (azúcar, algodón, cacao, café), Granos (maíz, trigo, garbanzos) y Ganado.

---

<sup>11</sup> COSTA RAN, Luis y FONT VILALTA, Montserrat. Commodities: Mercados Financieros sobre Materias Primas. Madrid: ESIC, 1993. p. 15.

Dentro del ámbito financiero se encuentran los siguientes significados:

“a. Un bien básico, usado en el comercio, íter-canjeable con otros commodities de mismo tipo. Los commodities se usan la mayoría de las veces como materias primas para la producción de otros bienes y servicios. La calidad de un commodities dado puede diferir ligeramente, pero es esencialmente uniforme cuando se consideran diversos productores. Cuando se transan en una bolsa los commodities necesitan cumplir además con unos estándares mínimos, el grado básico.”<sup>12</sup>

b. Cualquier bien que se transa en una bolsa de commodities.

“c. La idea fundamental es que existe muy poca diferenciación entre un commodities producido por un productor dado A y otro producido por B. Un barril de petróleo es básicamente el mismo, sin importar quien lo produjo.”<sup>13</sup>

### **5.8.1 Cómo se manejan estos bienes en la práctica**

“En la mayoría de los casos emplean la modalidad de futuros. En cierta forma el modo de trabajar en el mercado de commodities es a futuro o en un mercado a término. Un mercado a futuro es uno en el que las partes que forman parte de la transacción se comprometen a consumirla en una determinada fecha a futuro a un precio que se fija y se pacta el día de la fecha, (o sea, hoy).”<sup>14</sup>

A su vez existen el mercado spot en que las transacciones se realizan y liquidan en el día o con un plazo máximo de 72 horas a un precio de contado o spot, esto como contraposición a la primer forma de transacción. Esto tiene mucho sentido más que nada en el mercado de acciones o financieros dado que la disponibilidad y entrega se realizan de forma más rápida y por medio de una cuenta de broker.

---

<sup>12</sup> Ibid., p. 16.

<sup>13</sup> Ibid., p. 16.

<sup>14</sup> Ibid., p.17

### **5.8.2 Formas de operar los commodities**

“En cuanto a los mercados más importantes, como en el caso de Argentina el ganado se opera en modalidad spot y los granos en modalidad a futuro. Cada contrato tendrá un precio distinto según se ubique el lugar en el que deba hacerse la entrega física del commodity.”<sup>15</sup>

También se puede operar electrónicamente en distintos mercados de Estados Unidos por medio de un broker de igual modo que como cuando se compra una acción. La diferencia está en que lo que se opera es un futuro de algún commodity. También existen ETFs (Instrumentos que permiten invertir en una o varias clases de elementos) como puede ser con el petróleo o el oro, donde replican el movimiento del commodity. Por último está el índice de referencia del mercado de commodities que es el CRB Index (CCI), calculado inicialmente por el Commodity Research Burea. Este índice a su vez, se tranza a modalidad futura.

### **5.9 Algunos Derivados Sobre Commodities en los Mercados OTC**

“Los mercados OTC son sistemas de negociación directa entre el comprador y el vendedor del instrumento, en el que se establecen de manera detallada las variables de negociación; activo, precio, cantidad y fecha de acuerdo a las necesidades de los contratantes. Los mercados OTC no establecen limitación alguna en los productos a negociar, los contratos se ajustan a cada operación en concreto y generalmente son operaciones de gran envergadura.”<sup>16</sup>

“Los instrumentos básicos a utilizar dentro de los mercados OTC son los siguientes:

---

<sup>15</sup> Ibid., p. 17.

<sup>16</sup> CARCAMO CARCARMO, Ulises y ARBELAEZ LÓPEZ, Javier. Derivados Financieros en el Sector Agropecuario en Colombia. Investigación. Medellín, Universidad Eafit, 2007. p.8.

A. Forwards: los forward tiene por objeto la compra de un bien determinado en una fecha futura, a un precio establecido y de unas calidades específicas, según las partes que intervienen en el contrato. Los contratos forward se diferencian de los futuros en que los futuros son contratos estandarizados y los forward obedecen a las necesidades de los pactantes.

Si bien los forward son contratos que se ajustan mejor a las partes, tienen el inconveniente de no existir una bolsa que garantice que una de las partes no incumplirá lo pactado en el contrato.

B. Swaps: los swaps o permutas sobre operaciones vinculadas con materias primas, responden a una clase muy especial de transacciones financieras que mejoran la gestión del riesgo del precio del commodities.

En los swaps en commodities el productor de la materia prima y el usuario de dicha materia deciden intercambiar flujos de caja de forma tal que el productor recibe un precio unitario por cierta cantidad del subyacente y a la vez paga al usuario un precio unitario determinado por un índice variable del precio, sobre la misma cantidad del subyacente.

Los swaps sobre commodities se pueden clasificar en dos tipos: *fixed-for floating commodity swap* y *commodity price-for-interest rate swap*.

“El *fixed-for floating commodity swap*: es un contrato por el que un usuario final(o un productor) fija el precio de compra (o de venta) de una mercancía, referida a un precio de mercado de referencia (*benchmark*) de dicha mercancía, y para un período de tiempo determinado.”<sup>17</sup>

“El *commodity price-for-interest rate swap*: un productor de una material prima y un usuario de la misma acuerdan intercambiar un montante fijo de una

---

<sup>17</sup> COSTA RAN, Luis y FONT VILALTA, Montserrat. Commodities: Mercados Financieros sobre Materias Primas. Madrid: ESIC, 1993. p. 378.

determinada *commodity* por pagos de un *swap* de tipo de interés, que generalmente se realizan con referencia a US \$ LIBOR.”<sup>18</sup>

C. Caps: es un contrato que ofrece al comprador de una opción la garantía de un precio máximo en el costo de la mercancía a cambio de prima anual. Dicha prima se valor en función del precio de ejercicio, del precio spot, del tiempo, la volatilidad y el tipo de interés.”<sup>19</sup>

“La ventaja del contrato permite que el poseedor tenga el derecho y no la obligación de adquirir el bien mediante el pago de la prima, lo cual se constituiría en el único riesgo económico del comprador.

El vendedor del *CAP* ingresa anualmente el valor de la prima y asume el riesgo de tener el producto al precio del mercado cuando el comprador lo exija, lo cual hace más riesgosa la posición del vendedor que la opción que la del comprador.

D. Floors: es un contrato opcional que ofrece al comprador el derecho a vender una determinada cantidad de un producto, a un precio mínimo determinado, en un periodo de tiempo determinado a cambio del pago de una prima anual. Dicha prima se valora en función del precio de ejercicio, del precio spot, del tiempo, la volatilidad y el tipo de interés.

Como en el caso anterior la posición del vendedor es más riesgosa que la posición del comprador ya que el primero tiene un riesgo ilimitado, mientras que la pérdida del segundo se limita al valor de la prima.

Los *commodity floor* es útil para la cobertura de posiciones vendedoras de materias primas, a fin de garantizar un precio mínimo para el producto.

---

<sup>18</sup> Ibid., p.382.

<sup>19</sup> CARCAMO CARCAMO, Ulises y ARBELAEZ LÓPEZ, Javier. Derivados Financieros en el Sector Agropecuario en Colombia. Investigación. Medellín, Universidad Eafit, 2007. p. 9.

E. Collars: puede reducirse el costo de la prima de un *cap* mediante la venta de un determinado nivel de *floor*, es decir, aplicando un *collar*. Lo cual se consigue renunciando a beneficios de una baja del precio del físico a un cierto nivel del precio, por lo que cobramos la prima del *floor*. Permite reducir el costo de la prima del *cap* y así garantiza a menor costo igual nivel de precio máximo para el commodity.

Cuando las primas de un *cap* y un *floor* en el *collar* son iguales, dan lugar a lo que se denomina como opción de prima cero.”<sup>20</sup>

## 5.10 Valoración de Forwards en los Commodities

“Una diferencia fundamental entre los activos financieros y los commodities es que los primeros no necesitan pagar costos de almacenamiento, mientras que los segundos, sean estos oro, plata, cobre, gasolina, plátano, algodón o maíz, si lo necesitan.”<sup>21</sup>

Sea  $G$  el valor presente del costo total de almacenamiento durante el periodo desde  $0$  hasta  $T$ .

Commodities con costos de almacenamiento pagados en una fecha dada:

La técnica *Cash and Carry* se puede aplicar a los forward sobre estos, si se hacen las siguientes suposiciones:

- Los costos de almacenamiento se conocen con certeza en la fecha  $T=0$
- Estos costos se pagan al comienzo del contrato ( $T=0$ ), usando un préstamo del banco.

Con estas dos suposiciones aplicamos la técnica:

---

<sup>20</sup> Ibid., p. 9.

<sup>21</sup> Ibid., p. 49.

| <b>Portafolio Inicial (<math>t=0</math>)</b>                  | <b>Flujo Neto</b> |
|---|-------------------|
| 1. Escribir un contrato forward con precio forward $F(0, T)$  | 0                 |
| 2. Comprar el subyacente y pagar los costos de almacenamiento | $S(0) + G$        |
| 3. Financiar el subyacente y el almacenamiento                | $-[S(0) + G]$     |
|   | -----             |
| Total:  | 0                 |

| <b>Portafolio Final (<math>t=T</math>)</b> | <b>Flujo Neto</b>            |
|--|------------------------------|
| 1. Valor del contrato forward              | $-[S(T) - F(0, T)]$          |
| 2. Valor del subyacente                    | $S(T)$                       |
| 3. pagar deuda del banco                   | $-[S(0) + G]e^{rT}$          |
|  | -----                        |
|  | $F(0, T) - [S(0) + G]e^{rT}$ |

“Este payoff en la fecha  $T$ , se puede conocer desde la fecha  $0$ , por lo tanto, con el fin de evitar arbitraje, este payoff debe ser cero.

Esto implica  $F(0, T) = [S(0) + G]e^{rT}$

Comparando esta expresión con la expresión  $F(0, T) = e^{T \cdot r} [S(0) - e^{-t \cdot r} d(t_1)]$  y considerando que los costos de almacenamiento se pagan al comienzo del contrato, vemos que  $G$  se puede considerar como un “*dividendo negativo*”<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Ibid., p. 50.

## 6. METODOLOGÍA

Los métodos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron de tipo cualitativo y cuantitativo.

Cualitativo: mediante el cual se realizó una revisión teórica en cuanto a la estructuración y aplicación del mercado de futuros y opciones sobre commodities en Colombia y en algunos países Latinoamericanos; dentro de los cuales se realizó la consulta de libros, artículos de revistas especializadas, documentos impresos, información tomada de Internet, bases de datos, tesis e investigaciones sobre los mercados de Opciones sobre Commodities.

Con lo cual se construyó el marco teórico para la estructuración y el desarrollo del mercado de Opciones sobre Commodities

Cuantitativo: se desarrollo un contexto que nos permitiera verificar el comportamiento y la relación que se presenta en los diferentes mercados de futuros y Opciones sobre Commodities y en lo posible desplegar un modelo para determinar el comportamiento del mercado de Opciones sobre Commodities, en este caso como estimación inicial y punto de partida el modelo clásico de *Black and Scholes* se tomó como una primera aproximación.

Se ha escogido este modelo para la valorar las Opciones sobre Commodities debido a la similitud que se tiene entre los activos denominados commodities y las acciones que no generan dividendo, ya que son un tipo de activo que se compra y vende según la demanda existente, sin implicar con esto que existe algún pago por intereses o que se debe tener en cuenta una tasa de cambio actual y con esto la tasa libre de riesgo en otros países.

Sin embargo, existen en los commodities un criterio no tenido en cuenta al momento de valorar la opciones sobre acciones, que es el “costo de

*almacenamiento*”, el cual se soluciona en esta investigación al trabajar este costo de almacenamiento como si fuese un dividendo negativo en la acción y calculado como un valor porcentual sobre el precio del commodity.

Es por esto que al final se termino trabajando con el modelo de *Black and Scholes* para acciones que generan dividendo, siendo esta una primera aproximación para trabajar *Opciones sobre Commodities* con costo de almacenamiento.

Con lo anterior y teniendo en cuenta que el modelo de *Black and Scholes* es uno de los más utilizados para la valoración de opciones, se ha optado por iniciar en este modelo para hacer una valoración aproximada de una opción sobre commodities en Colombia.

De igual manera se planteo la necesidad de hacer un comparativo en la valoración de estas opciones por el método de *Árboles Binomiales*, tratando con esto de llegar a un valor significativamente similar al obtenido con el modelo *Black and Scholes*, demostrando la correcta aproximación al precio objetivo de la opción.

## **7. POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MERCADO DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN COLOMBIA**

### **7.1 Los Commodities en Colombia**

“Aunque Colombia es un país de bienes básicos, muy poca gente sabe realmente qué son y cómo puede invertir en ellos. Cuando se observa la descomposición de las exportaciones del país, más de la mitad de ellas son correspondientes a bienes básicos o commodities, que equivalen a productos como petróleo, carbón, ferroníquel o productos agrícolas. En general, los bienes básicos son productos sin ningún valor agregado o puesto en otras palabras, sin procesar o sin ninguna característica diferenciadora dentro del mercado.”<sup>23</sup>

Así, por ejemplo, el cobre es similar si viene de Chile o si se produce en una mina en otro país; y su precio depende de la oferta y demanda global (factores que tienen en cuenta el consumo, pero también, entre otras cosas, el nivel de inventarios de cada bien). Aunque otros bienes tienen diferencia por sus características, como por ejemplo el café, que tiene diferentes calidades dependiendo de su lugar de cultivo y por ende diferentes precios en el mercado internacional, el bien básico se entiende como el producto sin procesar, es decir, café.

Para los analistas, los bienes básicos se pueden agrupar en varias categorías:

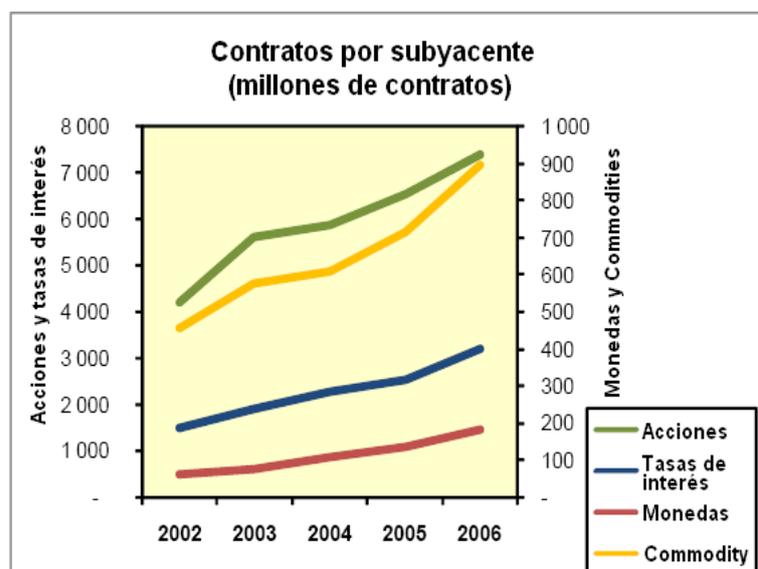
- Energéticos: este grupo incluye petróleo, carbón, gas natural, entre otros.

---

<sup>23</sup> GARCIA, Manuel Felipe. Commodities: Qué son y cómo se puede invertir. [on line]. Jul. 2008. [citado el 21 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.finanzaspersonales.com.co/wf\\_InfoArticulo292](http://www.finanzaspersonales.com.co/wf_InfoArticulo292).

- Metales industriales: estos son los utilizados en procesos industriales, como el cobre, níquel ó zinc.
- Metales preciosos: como el oro y la plata.
- Agrícolas: como trigo, maíz y soya; aunque esta categoría también incluye productos como ganado en pie.
- Otros: es la categoría que agrupa algunos bienes básicos que no son comerciales en los mercados internacionales, como el Rhodio.

“La inversión en bienes básicos viene incrementándose alrededor del mundo, como quiera que son activos que cada día ganan más participación dentro de los portafolios de los inversionistas globales. La inversión en bienes básicos puede hacerse por medio de futuros en algunas bolsas internacionales especializadas en estos temas, como la de Chicago o la Bolsa de Metales de Londres. En el país, se puede acceder a algunas inversiones en bienes básicos muy específicos, como los agrícolas, por medio de la Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA).”<sup>24</sup>



Fuente: WFE

Fuente Bolsa de Valores de Colombia

<sup>24</sup> GARCIA, Manuel Felipe. Commodities: Qué son y cómo se puede invertir. [on line]. Jul. 2008. [citado el 21 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.finanzaspersonales.com.co/wf\\_InfoArticulo292](http://www.finanzaspersonales.com.co/wf_InfoArticulo292)>

“Sin embargo, para otro tipo de bienes básicos, como los energéticos, las inversiones en el país no están lo suficientemente desarrolladas, por lo cual no es posible acceder directamente a estos mercados. La inversión podría venir dada de forma indirecta, que sería invertir en acciones de empresas cuyo principal negocio es la producción de bienes básicos. Ejemplo de esta forma de inversión, serían las acciones de Ecopetrol o de Mineros de Antioquia. Sin embargo, esta no es la mejor forma de invertir en bienes básicos, teniendo en cuenta que la relación entre el comportamiento del precio del bien básico y de la acción no es de 1 a 1.”<sup>25</sup>

Aunque en el mercado nacional se encuentran algunos instrumentos que tienen como subyacente los bienes básicos, los mismos no ofrecen acceso directo a estos bienes (es decir, no implican que una subida de un bien básico o una canasta de ellos implique un retorno similar del producto) si no que estos componen un subyacente que de su comportamiento, depende el cumplimiento financiero de estos productos de inversión.

“En un artículo publicado en la revista la Nota el 23 de mayo de 2008, La Bolsa de Valores de Colombia (BVC) informó que se suscribió un memorando de entendimiento con la sociedad XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS S.A. E.S.P., con el objeto de estudiar y buscar alternativas que conduzcan a la puesta en funcionamiento de un sistema de negociación de Derivados estandarizados con subyacentes en energía eléctrica, gas combustible y otros fundamentales energéticos “commodities” para Colombia y América Latina.”<sup>26</sup>

Con esto se demuestra el potencial que tienen nuestros mercados y que la globalización también está llegando al mercado de valores. Con nuevas plataformas y estándares internacionales, que facilitan la comunicación con

---

<sup>25</sup> GARCIA, Manuel Felipe. Commodities: Qué son y cómo se puede invertir. [on line]. Jul. 2008. [citado el 21 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.finanzaspersonales.com.co/wf\\_InfoArticulo292](http://www.finanzaspersonales.com.co/wf_InfoArticulo292).

<sup>26</sup> XM Y BVC negociarán ‘commodities’. En: Periódico la Nota. 23 de mayo 2008.

intermediarios de los principales mercados del mundo y posibilita desarrollos futuros se aumentaría la capacidad del mercado. Con esto, la Bolsa de Valores se consolidará como una de las más importantes en Latinoamérica (solamente México, Brasil y Argentina tienen un mercado de derivados organizado) y estaría preparada para que más empresas y colombianos busquen el mercado de valores como una alternativa de financiación e inversión.

La entrada de los derivados es mucho más que la negociación de unos nuevos productos o una nueva plataforma para negociar los mismos instrumentos financieros. Los derivados podrían cambiar la estructura del funcionamiento del mercado financiero y darle el impulso definitivo al mercado de capitales colombiano que se ha esperado por décadas.

Como se evidencia en ese sentido, se buscará diseñar, desarrollar e implementar un sistema para la negociación y registro de este tipo de derivados, así como promover su comercialización en el mercado Colombiano, con lo cual se espera brindar una mayor liquidez al mercado y permitir una eficiente administración del riesgo en la transacción de este tipo de productos.

## **7.2 La Bolsa Nacional Agropecuaria**

“La Bolsa Nacional Agropecuaria, es una empresa constituida por los gremios de la producción, la agroindustria, el comercio y el sector gubernamental. Brinda a la producción agropecuaria nacional un escenario público ágil, moderno para sus transacciones, que garantiza y asegura el cumplimiento de las obligaciones derivadas de las mismas, en cuanto a calidad, entregas, etc.”<sup>27</sup>

Los productos que se están negociando a través de la Bolsa Nacional Agropecuaria son: leche en polvo, arroz, granos (arveja, fríjol, lenteja,

---

<sup>27</sup> Bolsa Nacional Agropecuaria. [on line]. Jul. 2008. [citado el 14 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bna.com.co/>

garbanzo), azúcar, aceite vegetal, panela, atún, sardina, enlatados (salchichas, jamoneta), salsa de tomate, mayonesa, galletas en taco salada y dulce, avena saborizada, harina de maíz precocida y fresco en polvo.

“Las transacciones se hacen en operaciones de Rueda o de Mercado abierto, que se realizan públicamente por los comisionistas mediante posturas de oferta y demanda de viva voz, o mediante modernos sistemas de comunicación, en los lugares, fechas y horas previamente establecidas a nivel local para negocios nacionales o con conexión Internacional. Los esquemas de la negociación en la BNA son:”<sup>28</sup>

### **7.2.1 Operaciones de mercado abierto - OMA**

Son aquellas que realizan los miembros comisionistas autorizados, por cuenta de sus mandantes, en la rueda diaria de negocios de la BNA, mediante pregón electrónico o anuncio de las ofertas y demandas a viva voz. Dichas operaciones son compensadas por la Cámara de Riesgo Central de Contraparte CRCBNA:

Las Operaciones de Mercado Abierto (OMAS) se clasifican en el Mercado de Físicos y el Mercado Financiero, el Mercado de Físicos lo componen:

A. El Mercado de Físicos Disponibles: Son operaciones en donde existen físicamente los productos al momento de la comercialización o registro, cuyo cumplimiento en cuanto a la entrega y pago se efectúan antes de 30 días de celebrada la negociación en la BNA.

B. El Mercado de Físicos de Entrega Futura (Contratos Forwards): Son operaciones en donde el producto no necesariamente tiene que existir físicamente al momento de la negociación en Bolsa. Su cumplimiento en

---

<sup>28</sup> Bolsa Nacional Agropecuaria. [on line]. Jul. 2008. [citado el 14 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bna.com.co/>

cuanto a la entrega y pago se presentan después de 30 días de celebrada la negociación en la BNA.

“El Mercado Financiero (Operaciones Financieras) son operaciones de inversión y financiamiento en las cuales se utilizan los productos que ha desarrollado la BNA. Esta modalidad permite la actuación de productores y comercializadores interesados en obtener financiación e inversionistas interesados en obtener una rentabilidad sobre una inversión.”<sup>29</sup>

Los tipos de operaciones Financieras son:

A. Contratos a Término: Son contratos estandarizados en cuanto a cantidad de producto y plazo para la recompra del mismo, que fueron diseñados exclusivamente para el sector pecuario; y permiten a avicultores, porcicultores y ganaderos obtener recursos para el levante y engorde de: cerdos, aves y ganado, a costos competitivos del mercado. A través de un Contrato a Término se establece la venta de los cerdos, aves o ganado con pacto de recomprarlos y el compromiso de la custodia y engorde de los mismos. Entre los cuales están el Contrato Avícola a Término (CAT), Contrato Porcícola a Término (CPT), Contrato Ganadero a Término (CGT)

Las operaciones REPO que consisten en la venta inmediata y recompra a plazo de certificados de Depósito de Mercancías (CDM'S), repos sobre Facturas. Mercado secundario de Contratos a término y Mercado secundario de Repos.

### **7.2.2 Operaciones de pregón electrónico - OPES**

Consiste en el registro de los pagos o abonos en cuenta por concepto de compras de bienes o productos de origen agrícola o pecuario, sin

---

<sup>29</sup> Bolsa Nacional Agropecuaria. [on line]. Jul. 2008. [citado el 14 jul., 2008]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bna.com.co/>

procesamiento industrial o con transformación industrial primaria, que se realicen a través de la BNA, permitiendo el diferimiento en el pago de la retención en la fuente, consagrado en el Decreto 574 de 2002. Estas operaciones son también conocidas como Operaciones de Registro, y pueden versar de igual forma, sobre otras que contemplen fines diferentes a los establecidos en dicha normativa.

### **7.3 Dificultades del Mercado de Commodities en Colombia**

En gran parte el poco desarrollo que han tenido dichos instrumentos se debe a la falta de políticas del estado que estimulen el crecimiento de este sector, también podemos considerar como factor que ha influido negativamente, la falta de una legislación coherente que brinde seguridad a las partes que intervienen en el mercado y la actitud conservadora de los inversionistas que no se han podido salir del esquema de los instrumentos de renta fija y renta variable.

En los países desarrollados, el mercado de commodities es de especulación, en Colombia, es de renta fija. A diferencia de lo que ocurre en las bolsas mundiales, en Colombia no hay especulación. Los mercados de commodities son una inversión en títulos de renta fija, que tienen un subyacente físico (agrícola o pecuario), pues en el país no se transan contratos de futuros ni de opciones.

Hasta el momento la Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA) es una de las dos entidades con la posibilidad de negociar derivados financieros en el ámbito nacional (La Bolsa de Valores de Colombia es la otra). Existen bolsas mixtas en donde es posible transar tanto productos derivados, valores y commodities físicos ya sea a través de mecanismos de transacción electrónicos o de formación transparente de precios o a través de sistemas de información para la celebración de operaciones forward. En Colombia la Bolsa Nacional

Agropecuaria (BNA) es un ejemplo de bolsa mixta en la que puede transarse tanto valores como derivados y commodities.

La Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA) ofrece los certificados de depósito de mercancías (CDM) para productos agrícolas y los contratos avícola a término (CAT), porcícola a término (CPT) y ganadero a término (CGT). Los CDM corresponden a existencias físicas de granos y cereales como arroz y café, que están guardadas en bodegas en los almacenes generales de depósito, y son títulos con diferentes plazos de vencimiento, de acuerdo con las necesidades del agricultor y la durabilidad del producto. Los pecuarios tienen plazos estandarizados de 90 días para pollos, 135 días para porcinos y plazos máximos de 300 días para ganado.

Aunque hay cierta prevención a invertir en estos papeles por el riesgo de poner el dinero en productos perecederos, la Bolsa Nacional Agropecuaria (BNA) creó en 1997 una Cámara de Compensación que en el caso de los commodities nacionales responde por el total del capital y de los intereses invertidos, y para esto se nutre del Fondo Agropecuario de Garantías, que es de Finagro. En el caso de los importados, la cámara busca la mejor garantía. El riesgo es que se presenten conductas como la realización de operaciones por fuera de bolsa, por lo que la Cámara de Compensación no responde por ellas.

Según información consultada electrónicamente en la página de la Bolsa Nacional Agropecuaria ([www.bna.com.co/indicederentabilidadBNA](http://www.bna.com.co/indicederentabilidadBNA)) e informes mensuales dados por la misma, la rentabilidad alcanzada por esta bolsa en el año 2007 estuvo entre el 12,5% - 13% en promedio. A esto hay que descontarle los costos de corretaje, que son del orden de 0,7% anualizado en el caso de la bolsa y la cámara de compensación, y la comisión del corredor, que se mueve alrededor del 1% anualizado. La liquidez de los títulos entre abril y noviembre de 2007 tuvo un comportamiento alcista, pero en el primer semestre del 2008 a mostrado una tendencia a la baja con respecto a cifras anteriores.

Impositivamente, los títulos están exentos del pago de retención en la fuente. La inversión mínima para participar en el mercado de la BNA depende del comisionista. El título de menor cuantía puede estar alrededor de \$100 millones, y como la Bolsa solo permite fraccionarlo por el 10% de su valor, se estaría hablando de una inversión mínima de \$10 millones. Sin embargo, hay corredores que aceptan sumas menores, porque reúnen a varios inversionistas hasta completar esta suma y la BNA emite los papeles fraccionados entre los diferentes inversionistas. Sin embargo, no hay fondos de inversión como tal. El cliente simplemente pide un plazo y una rentabilidad, y de acuerdo con esas exigencias el corredor mira qué títulos hay en el mercado y hace la inversión, debido a que la cámara de compensación absorbe los riesgos inherentes en cualquier producto.

“Los mercados de commodities (bienes básicos) en el mundo son muy sofisticados. Su función es brindar instrumentos de protección a las empresas que los producen o a aquellas que los utilizan en sus procesos de producción. Por este motivo, estos mercados son escenarios en los que se transan complejos instrumentos de cobertura. También son un espacio para que otros jugadores, con una alta tolerancia al riesgo, hagan apuestas basadas en sus expectativas de comportamiento de los precios.”<sup>30</sup>

“El buen comportamiento de los commodities en los últimos años puede resultar tentador para un inversionista. Sin embargo, hay que tener en cuenta que son mercados muy volátiles y que, así como se pueden hacer grandes ganancias, también es posible incurrir en millonarias pérdidas. En Colombia, no estamos acostumbrados a estos niveles de volatilidad. El mercado cambiario en Colombia, por ejemplo, en los últimos 10 años ha tenido una variación anual del 7%, con un 68% de probabilidad. Esto presenta un gran contraste con la volatilidad del petróleo, que es del 37%. Para acceder a las bolsas mundiales de commodities es necesario tener un corredor en Estados Unidos, Londres o

---

<sup>30</sup> COMMODITIES, INVERSIÓN con garantía. En: Revista Dinero. No 269 (2007); p. 32

Hong Kong, o hacerlo directamente con un corredor electrónico. (Ver recuadro N° 1).<sup>31</sup>

Recuadro N° 1

| <b>LOS MERCADOS INTERNACIONALES SON VOLÁTILES</b> |                         |
|---|-------------------------|
| <b>PRODUCTO</b>                                   | <b>VOLATILIDAD (%)*</b> |
| Gas natural                                       | 59                      |
| Café  | 43                      |
| Petróleo  | 37                      |
| Azúcar  | 34                      |
| Níquel  | 34                      |
| Trigo   | 27                      |
| Maíz  | 25                      |
| Cobre   | 23                      |
| Aluminio  | 19                      |
| Oro   | 16                      |
| * Últimos diez años - Volatilidad anualizada      |                         |

Fuente Revista Dinero, edición 269 del 19/01/2007

En Colombia el Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario SIPSA, Recolecta, sistematiza y consolida información de precios mayoristas de productos agropecuarios en 64 mercados a nivel nacional, información de abastecimiento de las principales ciudades del país, precios del mercado minorista de los insumos agrícolas y pecuarios, y los costos de producción para una canasta de productos agropecuarios.

#### **7.4 Mercado Comparativo de Commodities en America Latina**

El mercado de capitales colombiano a venido evolucionando fuertemente en los últimos años, es por eso que se han buscado nuevas alternativas de financiación e inversión; siendo Colombia un país netamente agroindustrial los derivados sobre commodities juegan un papel de gran importancia en este sentido, es necesario poner como referente los mercados de materias primas

---

<sup>31</sup> Ibid., p. 33

de Argentina y Brasil los cuales a la fecha negocian todo tipo de derivados de una manera estandarizada siendo este modelo al cual se pretende llegar en el mercado colombiano. Es necesario analizar los métodos de valoración y “pricing” de estos mercados para tratar de llegar a plasmar estos en las valoraciones de los derivados colombianos.

## 7.5 Posibles Modelos de Valoración para Commodities en Colombia

En los mercados de futuros de commodities es importante distinguir entre los commodities de “inversión”, ejemplo el oro, la plata y el cobre; y los commodities de “consumo”, ejemplo el café, el trigo y el maíz. Los argumentos de arbitraje pueden ser utilizados para obtener el precio exacto en el caso de los commodities de inversión. En el caso de los commodities de consumo, estos argumentos pueden ser usados sólo para obtener el límite superior de los precios futuros.

Para los Commodities de Inversión la relación que debe existir entre el precio spot y el futuro de un commodity de inversión es (suponiendo que no existen costos de almacenaje):  $F_0 = S_0 e^{rt}$

Donde:  $F_0$  = Futuro en el momento 0 en la posición  $t$

$S_0$  = Precio Spot en el momento 0.

$i$  = Tasa de interés e.a

$t$  = Período.

Si existen costos de almacenaje:  $F_0 = (S_0 + CC)e^{rt}$

Donde:  $CC$  = costos de almacenaje

Si la igualdad anterior no se cumple, el mercado presenta desigualdades de arbitraje, es decir, el precio por el cual se negocia el commodity no concuerda con el precio teórico del mismo; por lo tanto se pueden tomar posiciones especulativas aprovechando el arbitraje existente.

La idea que subyace en la condición de arbitraje es que es idéntico comprar una onza de oro en el momento 0 mas el costo de oportunidad del capital y almacenarla hasta el momento  $t$ , que comprarla en el mercado de futuros, pues si esto no fuese así existiría una suerte de “máquina de hacer dinero”, es decir podrían realizarse ganancias sistemáticas.

Para los Commodities de Consumo, los argumentos arriba señalados deben ser revisados cuidadosamente. Supongamos la siguiente desigualdad:

$$F_{o,t} > (S_o + CC)e^{rT}$$

Una estrategia de arbitraje sería:

- 1- Endeudarse en el monto  $S_o + CC$  a la tasa libre de riesgo y almacenar la unidad comprada.
- 2- Comprar un futuro venta posición  $t$ , en la misma cantidad de commodity.

El beneficio será  $F_{o,t} - (S_o + CC)e^{rT}$  en el momento  $t$ . Esta desigualdad no se mantendrá por mucho tiempo (por causa del arbitraje).

Ahora supongamos la siguiente desigualdad:  $F_{o,t} < (S_o + CC)e^{rT}$ . Con esta desigualdad podríamos sacar ventaja usando una estrategia similar a la anterior. Sin embargo, esto implicaría que los costos de almacenaje son pagados por la persona que esta “long” en el commodity, esta situación no es normal.

En Commodities de Inversión la estrategia sería:

- 1- Vender una unidad del commodity, ahorrarse los costos de almacenaje e invertir el dinero a la tasa libre de riesgo (risk free).
- 2- Comprar un futuro compra posición  $t$ , en la misma unidad de commodity.

El beneficio será  $(S_o + CC)(e^{rT}) - F_{o,t}$  en el momento  $t$ . Esta desigualdad no se mantendrá por mucho tiempo si son Commodities de Inversión, pero para los

Commodities de Consumo esta desigualdad no puede ser utilizada. Los individuos y las empresas pueden guardar el commodity en stock porque posee un valor consumo y no porque el valor sea de inversión. Pueden ser reacios a vender el commodity y comprar a futuro, porque el contrato a futuro no puede ser consumido.

En consecuencia, nada impide que se cumpla la desigualdad:

$$F \leq (S_0 + CC)(e^{r.T})$$

Teniendo en cuenta las características descritas, se puede proponer estimar por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) un modelo empírico donde la variable dependiente sea el precio futuro y la independiente el precio spot más intereses y almacenamiento, en cuanto a precios agrícolas controlados por una tendencia lineal, con el cual se implementará para la paridad entre el precio spot y futuro de un commodity en un periodo determinado.

Otro objetivo se puede plantear en estimar un modelo que permita la proyección de los precios de los principales commodities agrícolas que se producen y que se exportan al mercado. La primera etapa comprendería un análisis econométrico de regresión múltiple para determinar las variables explicativas de los respectivos precios. La segunda, tomando como datos los parámetros correspondientes a variables explicativas significativas estadísticamente, con lo cual se recurre a la aplicación de un modelo de simulación en este caso Montecarlo para construir una distribución de frecuencias correspondiente a cada variable dependiente. Mediante inferencia estadística se construirían intervalos de confianza para los precios futuros.

Una de las principales dificultades que, en general, se encuentran cuando se quieren valorar opciones sobre commodities es el encontrar ciertos factores no aleatorios en la conducta de los precios *spot* de algunas de ellas.

Para los commodities agrícolas es común que los precios suban durante el periodo anterior a la cosecha y que bajen durante el periodo posterior a ella.

Para obtener una estimación inicial utilizaremos **el Modelo Clásico de Black-Scholes**, como una primera aproximación.

### **7.5.1 Por qué el modelo Black-Scholes**

Se ha escogido este modelo para la valorar las Opciones sobre Commodities debido a la similitud que se tiene entre los activos denominados commodities y las acciones que no generan dividendo, ya que son un tipo de activo que se compra y vende según la demanda existente, sin implicar con esto que existe algún pago por intereses o que se debe tener en cuenta una tasa de cambio actual y con esto la tasa libre de riesgo en otros países.

Sin embargo, existen en los commodities un criterio no tenido en cuenta al momento de valorar la opciones sobre acciones, que es el “*costo de almacenamiento*”, el cual se soluciona en esta investigación al trabajar este costo de almacenamiento como si fuese un dividendo negativo en la acción y calculado como un valor porcentual sobre el precio del commodity.

Es por esto que al final se termino trabajando con el modelo de *Black and Scholes* para acciones que generan dividendo, siendo esta una primera aproximación para trabajar *Opciones sobre Commodities* con costo de almacenamiento.

Con lo anterior y teniendo en cuenta que el modelo de *Black and Scholes* es uno de los más utilizados para la valoración de opciones, se ha optado por iniciar en este modelo para hacer una valoración aproximada de una opción sobre commodities en Colombia.

## 7.6 El Modelo de Black-Scholes-Merton

En 1973, Robert C. Merton publicó "Theory of Rational Option Pricing", en él hacia referencia a un modelo matemático que Fisher Black y Myron Scholes habían desarrollado.

“A este modelo lo denominó Black-Scholes y fue empleado para estimar el valor hoy de una opción europea para la compra (Call), o venta (Put), de acciones en una fecha futura, que posteriormente, o se desarrolló para opciones sobre acciones que producen dividendos, y luego se adoptó para opciones europeas, americanas, y de monedas.”<sup>32</sup>

Para el modelo de Black-Scholes-Merton, el Movimiento Browniano Geométrico es el modelo básico asociado a los movimientos de los precios. Pero además estos autores tuvieron en cuenta, y esto fue determinante, que el movimiento Browniano está asociado con la teoría matemática avanzada del cálculo estocástico o cálculo de Ito, desarrollado por el matemático japonés Kiyosi Ito desde 1940, que considera aspectos análogos a los del cálculo clásico de Newton y Leibtniz, pero en condiciones aleatorias.

### 7.6.1 Orígenes del modelo

Los orígenes de los modelos para la valoración de derivados financieros se encuentran en la ecuación de difusión, cuyo autor fue Joseph Fourier (1768-1830). Fourier publicó la *Théorie Analytique de la Chaleur* en 1822; pero desde 1807, aspirando al premio anual de la Academia de Ciencias, había presentado el primer trabajo relativo al tema de la conducción del calor. Ilustres matemáticos puros de la época, tales como Laplace, Lagrange y Legendre, que evaluaron la investigación, manifestaron sus reservas sobre el rigor lógico de algunas de sus deducciones, ya que por su condición de físico-matemático, los

---

<sup>32</sup> FRANCO ARBELAEZ, Luis Ceferino. El Modelo de Black-Scholes-Merton. Trabajo Investigación. Medellín, Universidad Medellín. 2004.

procedimientos de Fourier eran más empíricos que lógico-deductivos. Pero lo animaron a continuar su investigación, hasta que su persistencia y la relevancia de su teoría lo hicieron acreedor al Gran Premio de la Academia de Ciencias de París en 1812.

En 1827 el botánico inglés Robert Brown, analizó el movimiento de partículas de polen en el agua, y lo asoció a las teorías vitalistas de la vida, argumentando que ese movimiento era propio de la materia viviente, y relacionado con los mecanismos de la reproducción. Sin embargo, en sus trabajos finales, concluye que el movimiento errático observado era de naturaleza mecánica y no dependía del carácter orgánico ni inorgánico de los objetos considerados.

En 1905, casi un siglo después, Albert Einstein construyó un modelo matemático para explicar ese fenómeno, y lo denomina "Movimiento Browniano" en honor a su descubridor. Las hipótesis básicas de ese modelo de Einstein eran que el desplazamiento de la partícula entre dos instantes es independiente de las posiciones anteriores que haya tenido, y que la ley de probabilidad que rige el movimiento de la partícula sólo depende de distancia temporal. Con estas hipótesis, Einstein llegó a demostrar que la función de distribución  $f$  de la posición de la partícula tenía que verificar la siguiente ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$

Donde  $x$  es la variable espacial,  $t$  la variable temporal y  $D$  es una constante adecuada.

Esta ecuación, que ya era conocida como la ecuación de difusión, se ha constituido posteriormente en una de las vías a través de las cuales, haciendo algunos cambios de variables, se encuentran soluciones a la Ecuación de Black-Scholes-Merton.

Por otro lado, el 29 de marzo de 1900, Louis Bachelier defendió exitosamente en la Universidad de la Sorbona su tesis "Theorie de la Spéculation" para optar al Ph.D, bajo la supervisión de Henri Poincaré. En ella proponía un movimiento Browniano como modelo asociado a los precios de las acciones.

El objetivo del modelo de Bachelier era determinar el valor de opciones accionarias, y aunque fue un buen principio para esa valoración, la fórmula que dedujo estaba basada en supuestos no realistas, ya que asumía la inexistencia de tasas de interés y utilizaba un proceso estocástico(movimiento browniano) que permitía que los precios de las acciones tomaran valores negativos. Posiblemente ésta fue una razón para que ese modelo fuera olvidado durante mucho tiempo.

Posteriormente, autores como Paul Samuelson y James Boness, se ocuparon de superar algunas de los inconvenientes del modelo de Bachelier, asumiendo la existencia de tasas de interés y una distribución de probabilidad más realista para los precios de las acciones; además tuvieron en cuenta que los inversores son adversos al riesgo, y que posiblemente estén dispuestos a asumirlo, pero a cambio de algún premio.

En particular, en 1960, el economista norteamericano Samuelson (premio Nobel de economía en 1970) propuso el movimiento browniano geométrico como modelo para los precios que están sujetos a incertidumbre. En 1964, Boness sugirió una fórmula más cercana a la de Black-Scholes, pero que todavía contaba con una tasa de interés desconocida, que Boness incluía como compensación por el riesgo asociado con el valor de la acción.

Para el modelo de Black-Scholes-Merton, el movimiento Browniano geométrico es el modelo básico asociado a los movimientos de los precios.

Pero además estos autores tuvieron en cuenta, y esto fue determinante, que el movimiento Browniano está asociado con la teoría matemática avanzada del

cálculo estocástico o cálculo de Ito, desarrollado por el matemático japonés Kiyosi Ito desde 1940, que considera aspectos análogos a los del cálculo clásico de Newton y Leibniz, pero en condiciones aleatorias.

### 7.6.2 Desarrollo del modelo “Black-Scholes-Merton”

Supongamos que el valor de un commodity, que se toma como activo subyacente, es  $S$  y satisface la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dx$$

Donde  $\mu$  es la tasa promedio de rendimiento,  $t$  es el tiempo,  $\sigma$  es la volatilidad y  $dx$  es un proceso de Wiener, que satisface una distribución normal  $N(0, \sqrt{dt})$ . La igualdad planteada se conoce como Movimiento Browniano Geométrico. El valor de una opción sobre aquel activo subyacente, lo denotaremos por  $V = V(S, t)$ , y es una función del valor de ese activo  $S$ , y del tiempo  $t$ .

Usando el lema de Itô (que es una conocida fórmula del cálculo estocástico) se tiene que:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial S} dS + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} (dS)^2 = \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt + \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dX$$

En este caso, igual que en el caso discreto, se puede valorar el precio de la opción comparando con un portafolio apropiado, que elimine la aleatoriedad del movimiento browniano. Como  $S$  y  $V$  están correlacionados, esto puede hacerse construyendo un portafolio que consiste de una opción y un número  $-\frac{\partial V}{\partial S}$  de

acciones. El valor de este portafolio estará dado por:

$$\Pi = V - \frac{\partial V}{\partial S} S$$

Por lo tanto el cambio del valor del portafolio será:

$$d\Pi = dV - \frac{\partial V}{\partial S} dS$$

Que combinando con las expresiones dadas para  $dS$  y  $dV$  se convierte en:

$$d\Pi = \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt, \text{ a una tasa sin riesgo } \Pi.$$

Además la ganancia de invertir  $r$ , durante un intervalo de tiempo  $dt$ , sería  $r\Pi dt$ . Entonces asumiendo que no existe oportunidad de arbitraje y que no hay

costos de transacción, se tendría que,  $r\Pi dt = \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt$

Sustituyendo  $\Pi = V - \frac{\partial V}{\partial S} S$  en la expresión anterior y dividiendo por  $t$  se

obtiene la ecuación diferencial de *Black and Scholes*:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0$$

El valor de cualquier derivado financiero debe satisfacer esta ecuación básica.

Como la mayoría de las ecuaciones diferenciales, la ecuación de Black-Scholes-Merton tiene muchas soluciones, que dependen de las condiciones iniciales y de frontera, y que corresponden a la multitud de posibles instrumentos derivados financieros. En muchos casos prácticos, los procedimientos no permiten una solución analítica, y se hace necesario recurrir a métodos numéricos.

En el caso de una opción *call* Europea, con precio de ejercicio  $E$ , y término de expiración  $T$ , al final del período la opción debe valer exactamente  $\max(S-E, 0)$  cuando  $t=T$ . Para este derivado en particular y con la condición dada, el valor de esa opción, generado por el modelo está dado por:

$\Delta t = T - t$  delta de t

$$C(S, t) = SN(d_1) - Ee^{-r(T-t)}N(d_2)$$

Esta es la llamada fórmula de **Black-Scholes-Merton**. En ella  $N(x)$  es el valor de la función de probabilidad acumulada de una distribución normal estándar, es decir:

$$N_{(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-(1/2)y^2} dy$$

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad \text{Y} \quad d_2 = \frac{\log\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

De acuerdo con la fórmula, el valor de la opción de Call  $C$  puede ser explicada por la diferencia entre el precio esperado del commodity -el primer término del miembro derecho- y el costo esperado -el segundo término del segundo miembro- si la opción es ejercida.

Haciendo un análisis de sensibilidad de la opción, el valor de esta es mayor cuanto más alto sea el precio presente del commodity; cuanto más alta sea la volatilidad del precio del commodity -medida por la desviación estándar  $\sigma$ ; cuanto más alta sea la tasa de interés libre de riesgo  $r$ , cuanto más largo sea el tiempo hasta la madurez  $T$ , y cuanto más bajo sea el precio de ejercicio  $E$ , ya que entonces aumenta la probabilidad de que la opción sea ejercida. Esta probabilidad es, bajo la hipótesis de neutralidad del riesgo, evaluada por la función de distribución normal estandarizada  $N$ , en el segundo término del segundo miembro.

En la ecuación todos los parámetros son observables, excepto la volatilidad. Ésta debe estimarse a partir de datos históricos del mercado. Alternativamente, si se sabe el precio de la opción *call*, puede utilizarse para calcular la volatilidad estimada por el mercado, también llamada "*volatilidad implícita*".

Con frecuencia se confunden el modelo y la fórmula. Es importante aclarar que el modelo *Black-Scholes-Merton* es la ecuación diferencial en derivadas parciales; y la fórmula de *Black-Scholes-Merton*, aunque es muy aplicada, sólo es una solución particular, válida para condiciones iniciales o de frontera muy específicas.

Una de las principales dificultades que, en general, se encuentran cuando se quieren valorar opciones sobre commodities es encontrar ciertos factores no aleatorios en la conducta de los precios spot de algunas de ellas.

## 7.7 El Modelo de Black

Fischer Black (1976) buscó una solución a este problema y publicó sus resultados en el paper *The pricing of commodity contracts*.

“La solución que este autor encontró fue modelar los precios forward en vez de los precios spot.

Los precios forward no presentan las mismas características no aleatorias de los precios spot. Por ejemplo, los precios spot de productos agrícolas subirán durante el periodo anterior a la cosecha, reflejando la escasez del producto. Los precios *forward*, sin embargo, no subirán por que son precios para entrega después de la cosecha y deben ser más bajos anticipando la caída en los precios spot después de la cosecha.

Aunque no es razonable utilizar el MGB para modelar el precio *spot*, sí puede ser razonable hacerlo con el precio *forward*.

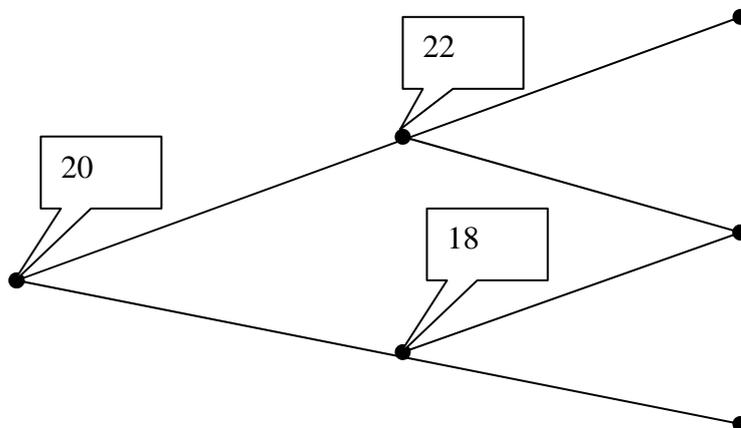
El modelo de Black se usa para modelar los precios de opciones europeas sobre *commodities* físicas, *forwards* y futuros. También se usa para modelar precios de *caps* y *floors* sobre tasas de interés.

El uso de este modelo y los siguientes a este para valorar derivados en el mercado colombiano necesitaran de la publicación diaria de los precios spot y forward de la commodities subyacentes.”<sup>33</sup>

## 7.8 Modelo de Árboles Binomiales

Se basan en hallar la probabilidad de que un precio suba o baje y con base a estos valores continuar calculando sus precios futuros a través del tiempo, es por esto que teniendo el comportamiento de los precios de los commodities y partiendo del valor inicial de este precio planteado para el subyacente, podremos hallar la prima la opción.

(Árbol Binomial)



Tomamos como supuestos para mejor comprensión del ejemplo, una probabilidad de incremento o disminución de precios de 50% por paso, y nodos con frecuencia mensual.

Lo que observamos es que precio fijado de 20um, tiene dos posibilidades para el próximo mes de análisis, es posible que esté ubicado en 22um o como

<sup>3333</sup> CARCAMO CARCAMO, Ulises y ARBELAEZ LOPEZ, Javier. Modelos de tiempo continuo para commodities agrícolas en Colombia. En: Revista AD-MINISTER, de la Universidad Eafit, Medellín. No 11 (jul-dic. 2007) p. 52.

segunda opción este también puede bajar a 18um, cada uno tiene un 50% de posibilidad de ocurrencia.

Luego de llevar de esta manera todos los valores hasta la fecha de maduración debemos comenzar a realizar un análisis de ejercicio o no. (En cada espacio de tiempo el emisor podrá analizar la posibilidad de ejercer la opción o no). Luego nos traemos los valores futuros calculados de las primas, nodo tras nodo, hasta llegar a valor presente.

Es muy importante tener en cuenta que como estamos hablando de precios en commodities, estos nunca pueden ser cero o negativos, por lo tanto en las ramificaciones bajas del árbol se debe realizar lo que llamamos un proceso de regresión a la media.

### **7.8.1 Cálculo de la prima con árboles binomiales**

Para realizar todo este proceso de cálculo de primas de opciones debemos tener en cuenta lo siguiente

$P$  = Probabilidad de que el precio suba

$(1-P)$  = Probabilidad de que el precio baje

$U$  = Coeficiente de incremento (cantidad que se incrementará)

$d$  = Coeficiente de descenso (cantidad que se disminuye)

$F$  = Valor de la prima

$r$  = Tasa Libre de Riesgo

$T$  = Tiempo al cual se pacta el negocio

$S_0$  = Precio de Mercado (Precio del bien Hoy)

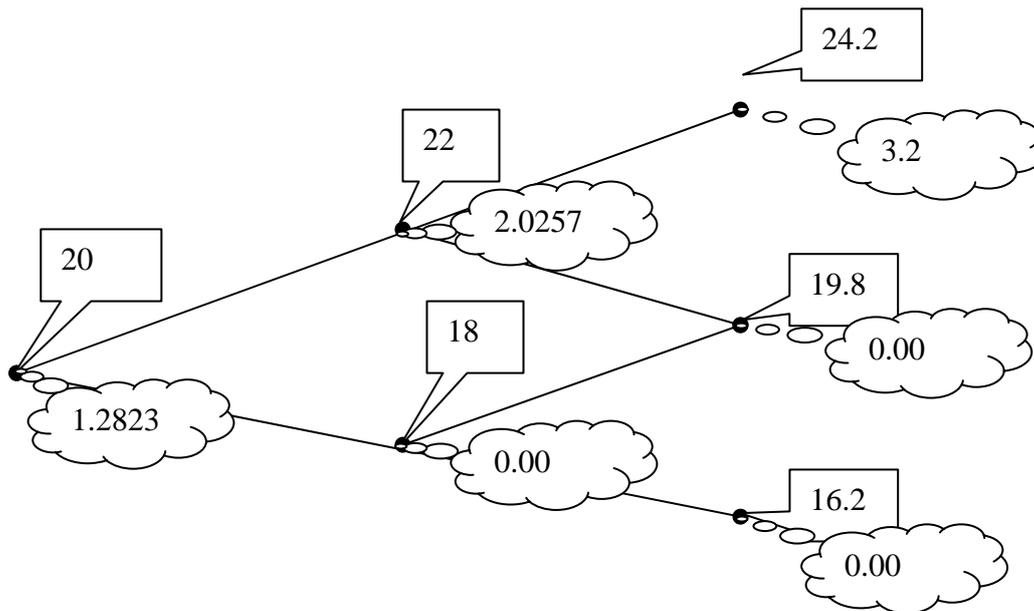
$X$  = Precio Strike (Precio de Negociación en un futuro)

Analizando el mismo ejemplo donde se tiene un commodity con un precio que hoy se cotiza en \$20um, se realiza una opción *call* con un precio pactado de

compra de \$21um, el tiempo durante el cual se pactó el negocio es de 6 meses, y la tasa Libre de riesgo es de 12%

$$U = 1.1$$

$$d = 0.9$$



Si es necesario entrar en detalles del cálculo de primas se recomienda visitar archivos anexos a la investigación y tomar parte en el simulador de primas en opciones sobre commodities que contiene este mismo trabajo.

Podemos decir entonces que la prima que se debe pagar por cada subyacente negociado es de \$1.2823

Este sería el valor que el emisor tendría que pagar como contraprestación a estar cubierto ante posibles cambios fuertes en los precios del commodity a través del tiempo y mirándolo desde el lado de la contraparte, este sería el valor adicional que recibiría el inversionista por asumir el riesgo de tener que vender el commodity por un precio inferior al normalmente negociado en el día de maduración de la opción.

## 8 SIMULADOR DE OPCIONES

Durante la investigación se ha desarrollado un aplicativo en Excel que permite encontrar el valor de una opción simplemente digitando los fundamentales de esta. Este simulador ofrece dos alternativas o métodos de valoración los cuales son: *Método de Árboles Binomiales* y *Método de Black-Scholes*.

### 8.1 Como Operar el Simulador de Opciones

**A.** Antes de Abrir el archivo debe cerciorarse que el nivel de seguridad para las Macros este en “Medio” (Recomendado). Este proceso se realiza de la siguiente manera: En un archivo cualquiera de Microsoft Excel, despliegue la Barra de Menú llamada “Herramientas”, la cual esta ubicada en el panel de control superior, en el menú desplegado aparece la opción llamada “Macro”, la cual a su vez le despliega un submenú con una serie de opciones, debe hacer clic en “Seguridad...” y en el menú abierto aparece un cuadro con cuatro Niveles de Seguridad, seleccione el nivel de seguridad “Medio” y después haga clic en “Aceptar”.

**B.** Luego haga clic en el Archivo del Simulador y se despliega un Menú del cual debe seleccionar la opción “Habilitar Macros” haga clic y le aparecerá la Pantalla Principal del Simulador

POSIBILIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
MERCADO DE OPCIONES SOBRE COMMODITIES EN  
COLOMBIA

HERIBERTO DE JESÚS HINCAPIÉ LÓPEZ

DAVID ESTEBAN GARCÍA GÓMEZ

SIMULADOR DE OPCIONES

Especialización en Finanzas y mercado de Capitales

Ingresar Fundamentales . . .

OPCIÓN CALL Arb.

OPCIÓN PUT Arb.

Cálculo Black n´ Scholes

C. Como primer paso se deben ingresar los datos con los cuales se planea hallar el valor de la opción, para lo cual haga clic en el botón llamado " Ingresar Fundamentales...". Le despliega un menú en cuadro en el cual debe llenar uno a uno los datos respectivos.

Aquí es muy importante que se tengan en cuenta las siguientes observaciones:

- El Tiempo de Negociación se debe ingresar en meses, es decir, para hallar la prima en un año y medio se ingresa 18 meses.
- La Tasa Libre de riesgo se ingresa en formato de Porcentaje (Ej. 10%)
- La Volatilidad Histórica del commodity se debe ingresar en formato de porcentaje (Ej. 8%). Esta volatilidad la puede encontrar con una serie histórica del precio del mismo.
- El Costo de Almacenaje se ingresa en formato de Porcentaje (Ej. 0.05%)

Luego haga clic en “Aceptar”

| Fundamentales en la Operación   |       |
|---------------------------------|-------|
| Precio Actual del Commodity     | 2550  |
| Precio de Negociación           | 2500  |
| Tiempo de Negociación - Meses   | 1     |
| Tasa Libre de Riesgo en %       | 10%   |
| Volatilidad Hist. Commodity     | 8%    |
| Costo Almacenaje - % del precio | 0.05% |

ACEPTAR

D. En este momento es cuando se debe escoger el método por el cual se quiere hallar el valor de la opción, en este simulador lo puede hallar por el Método de “Árboles Binomiales” o por el método de “Black and Scholes”. Claro que ambos muestran resultados muy similares.

**OPCIÓN CALL Arb.**

**OPCIÓN PUT Arb.**

**Cálculo Black n´ Scholes**

E. Iniciamos explorando el método de Árboles Binomiales. Aquí solo es necesario que escoja bien sea el botón “Opción call Arb.” o el botón “Opción put Arb.” Según la necesidad. Para el ejemplo lo realizaremos con un tipo de opción Call.

F. Aparece un cuadro donde debe escoger el número de nodos con el que se quiere trabajar, esto quiere decir el número de ramas que tendrá el árbol.

NUMERO DE NODOS

**SELECCIONE EL NÚMERO DE NODOS EN EL ARBOL BINOMIAL**

17 NODOS

20 NODOS

22 NODOS

Es de aclarar que entre mas nodos este tenga, mayor será la precisión del cálculo. Escogemos en este caso “22 Nodos”

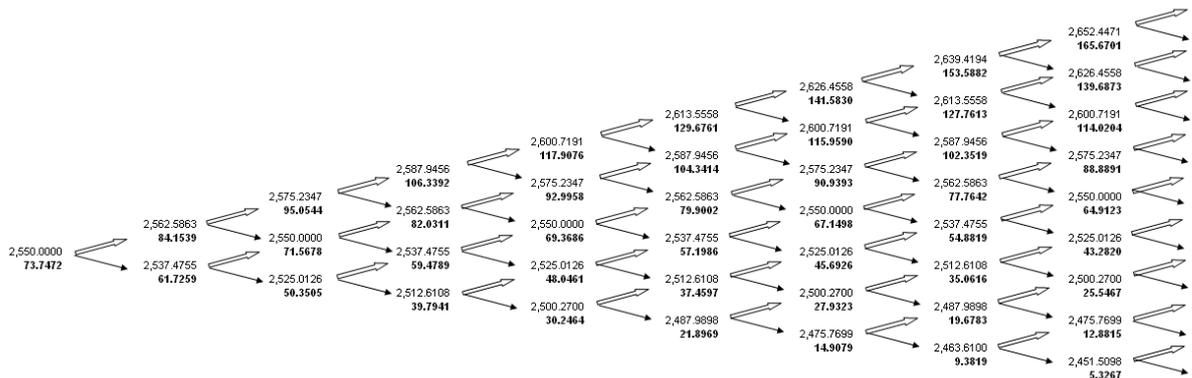
G. Finalmente se despliega el valor de la opción con las diferentes explicaciones de cómo se llegó a este resultado.

| Fundamentales de la Operación       |             |       |                            |   |                                       |
|-------------------------------------|-------------|-------|----------------------------|---|---------------------------------------|
| Precio Actual del Commodity         | \$ 2,550.00 | Pesos | <b>So</b>                  | ➡ | Precio Spot                           |
| Precio de Negociación del Commodity | \$ 2,500.00 | Pesos | <b>X</b>                   | ➡ | Precio Strike o de Ejercicio          |
| Tiempo en Meses                     | 1           | Meses | <b>T</b>                   |   |                                       |
| Número de Nodos                     | 22          |       | <b>dt</b>                  |   |                                       |
| Volatilidad                         | 8%          |       | <b><math>\sigma</math></b> |   |                                       |
| Tasa Libre de Riesgo                | 10%         |       | <b><math>r</math></b>      |   |                                       |
| $\mu$                               | 1.0049      |       | ➡                          |   | Incremento Paso a Paso                |
| $d$                                 | 0.9951      |       | ➡                          |   | Disminución Paso a Paso               |
| $\alpha$                            | 1.0004      |       | ➡                          |   | Elemento para la Probabilidad         |
| $p$                                 | 0.5372      |       | ➡                          |   | Probabilidad de Incremento del Precio |
| $q$                                 | 0.4628      |       | ➡                          |   | Probabilidad de descenso en el Precio |

**VALOR DE LA PRIMA**

**\$ 73.747**

Regresar a Inicio



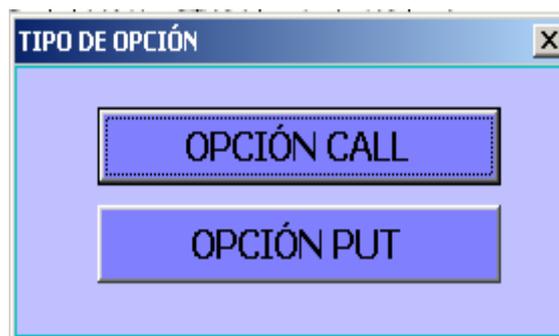
H. Si desea Regresar al Inicio solo es necesario que haga clic en el botón que contiene este texto.

I. Si desea hallar este mismo valor para una opción put, solo es necesario que realice el mismo proceso pero en la hoja inicial (paso 4) escoge el botón llamado “Opción put Arb.”

J. Para hallar el valor de una opción bajo el método de Black and Scholes debe realizar los pasos 1, 2 y 3 de este instructivo, Luego en la hoja inicial escoge el botón llamado “Cálculo Black n´ Scholes”



K. Aparecerá un cuadro que le indaga si desea calcular el valor de una opción Call o una Put. Para el ejemplo utilizaremos el de la opción Put.



L. Finalmente se despliega el valor de la opción con las diferentes explicaciones de cómo se llegó a este resultado.

## OPCIÓN DE COMPRA "PUT" ANÁLISIS MET. BLACK AND SCHOLES

| Fundamentales de la Operación       |             |       |          |   |                              |
|-------------------------------------|-------------|-------|----------|---|------------------------------|
| Precio Actual del Commodity         | \$ 2,550.00 | Pesos | So       | ➔ | Precio Spot                  |
| Precio de Negociación del Commodity | \$ 2,500.00 | Pesos | X        | ➔ | Precio Strike o de Ejercicio |
| Tiempo en Meses                     | 1           | Meses | T        |   |                              |
| Volatilidad                         | 8%          |       | $\sigma$ |   |                              |
| Tasa Libre de Riesgo                | 10%         |       | $r$      |   |                              |

$$d_1 \rightarrow 1.2299 \quad N(d_1) \rightarrow 0.1094$$

$$d_2 \rightarrow 1.2068 \quad N(d_2) \rightarrow 0.1138$$

**VALOR DE LA PRIMA**

\$ 3.14

Regresar a Inicio

**M.** Si desea Regresar al Inicio, solo es necesario que haga clic en el botón que contiene este texto.

## **8.2 Códigos Internos Utilizados en las Macros**

Para la realización de las macros se debe tener un lenguaje de programación y plasmarlo en estas. Los siguientes son los códigos utilizados para que el simulador corra correctamente las macros utilizadas.

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
UserForm1.Show  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(4, 4) = "" Then  
        MsgBox "Debes ingresar el precio de Hoy del Commodity - Precio Spot"  
    Else  
        If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(5, 4) = "" Then  
            MsgBox "Debes ingresar el precio de Negociación - Precio Strike"  
        Else  
            If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(6, 4) = "" Then  
                MsgBox "Debes ingresar el TIEMPO de Negociación - T"  
            Else  
                If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(9, 4) = "" Then  
                    MsgBox "Debes ingresar La tasa Libre de Riesgo"  
                Else  
                    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(8, 4) = "" Then  
                        MsgBox "Debes ingresar la volatilidad Histórica del Commodity"  
                    Else  
                        Sheets("Opcion CALL 17").Visible = True  
                        Sheets("Opcion CALL 20").Visible = True
```

```

        Sheets("Opcion CALL 22").Visible = True
        UserForm2.Show
    End If
End If
End If
End If
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(4, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar el precio de Hoy del Commodity - Precio Spot"
Else
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(5, 4) = "" Then
        MsgBox "Debes ingresar el precio de Negociación - Precio Strike"
    Else
        If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(6, 4) = "" Then
            MsgBox "Debes ingresar el TIEMPO de Negociación - T"
        Else
            If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(9, 4) = "" Then
                MsgBox "Debes ingresar La tasa Libre de Riesgo"
            Else
                If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(8, 4) = "" Then
                    MsgBox "Debes ingresar la volatilidad Histórica del Commodity"
                Else
                    Sheets("Opcion PUT 17").Visible = True
                    Sheets("Opcion PUT 20").Visible = True
                    Sheets("Opcion PUT 22").Visible = True
                    UserForm3.Show
                End If
            End If
        End If
    End If
End If
End If

```

```

    End If
End If
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(4, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar el precio de Hoy del Commodity - Precio Spot"
Else
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(5, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar el precio de Negociación - Precio Strike"
Else
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(6, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar el TIEMPO de Negociación - T"
Else
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(9, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar La tasa Libre de Riesgo"
Else
    If Sheets("Opcion CALL 17").Cells(8, 4) = "" Then
MsgBox "Debes ingresar la volatilidad Histórica del Commodity"
Else
    UserForm4.Show
    End If
    End If
    End If
    End If
End If
End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("INICIAL").Visible = True
Sheets("Opcion CALL 17").Visible = False
End Sub

```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"  
Sheets("Opcion CALL 17").Cells(3, 1).Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
MsgBox " El U se halla con la Formula  $U = \exp(\text{Volat} * \text{raiz}((T/12)/dt))$ "  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()  
MsgBox " El d se halla con la Formula  $d = 1/U$ "  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton5_Click()  
MsgBox " El a se halla con la Formula  $a = \exp(\text{Tasa LR} * ((T/12)/dt))$ "  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton6_Click()  
MsgBox " El p se halla con la Formula  $p = (a-d)/(U-d)$ "  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton7_Click()  
MsgBox " El q se halla con la Formula  $q = 1-p$ "  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = True  
Sheets("Opcion CALL 20").Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"  
Sheets("Opcion CALL 20").Cells(3, 1).Select
```

End Sub

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = True  
Sheets("Opcion CALL 22").Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"  
Sheets("Opcion CALL 22").Cells(3, 1).Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = True  
Sheets("Opcion PUT 17").Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"  
Sheets("Opcion PUT 17").Cells(3, 1).Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = True  
Sheets("Opcion PUT 20").Visible = False  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"  
Sheets("Opcion PUT 20").Cells(3, 1).Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
Sheets("INICIAL").Visible = True
Sheets("Opcion PUT 22").Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
MsgBox " Por Favor Realizar las Modificaciones en la Hoja Inicial"
Sheets("Opcion PUT 22").Cells(3, 1).Select
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("INICIAL").Visible = True
Sheets("BLACK N´SCHOLES call").Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("INICIAL").Visible = True
Sheets("BLACK N´SCHOLES Put").Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("opcion CALL 17").Cells(4, 4) = TextBox1.Value
Sheets("opcion CALL 17").Cells(5, 4) = TextBox2.Value
Sheets("opcion CALL 17").Cells(6, 4) = TextBox3.Value
Sheets("opcion CALL 17").Cells(9, 4) = TextBox4.Value
Sheets("opcion CALL 17").Cells(8, 4) = TextBox5.Value
Sheets("opcion CALL 17").Cells(6, 7) = TextBox6.Value
UserForm1.Hide
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Sheets("INICIAL").Visible = False
Sheets("Opcion CALL 20").Visible = False
Sheets("Opcion CALL 22").Visible = False
```

```
UserForm2.Hide
```

```
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
Sheets("INICIAL").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion CALL 17").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion CALL 22").Visible = False
```

```
UserForm2.Hide
```

```
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()
```

```
Sheets("INICIAL").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion CALL 20").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion CALL 17").Visible = False
```

```
UserForm2.Hide
```

```
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
Sheets("INICIAL").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion PUT 20").Visible = False
```

```
Sheets("Opcion PUT 22").Visible = False
```

```
UserForm3.Hide
```

```
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = False  
Sheets("Opcion PUT 17").Visible = False  
Sheets("Opcion PUT 22").Visible = False  
UserForm3.Hide  
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
Sheets("INICIAL").Visible = False  
Sheets("Opcion PUT 20").Visible = False  
Sheets("Opcion PUT 17").Visible = False  
UserForm3.Hide  
MsgBox " Mientras mayor sea el Número de Nodos, más preciso será el cálculo  
de la prima"  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Sheets("BLACK N´SCHOLES Call").Visible = True  
Sheets("INICIAL").Visible = False  
UserForm4.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Sheets("BLACK N´SCHOLES Put").Visible = True  
Sheets("INICIAL").Visible = False  
UserForm4.Hide  
End Sub
```

### **8.3 Modelo Alternativo Planteado**

En el desarrollo de la investigación nos encontramos con un proyecto de “Valoración de Opciones para el Mercado Agropecuario Colombiano, basado en el Modelo de Heston-Nandi como alternativa”, el cual fue desarrollado como tesis para la Maestría en Finanzas por Catalina Causil García y Ulises Carcamo Carcamo de la Universidad Eafit; el estudio busca proponer algunos modelos alternativos al modelo clásico de Black-Scholes para la valoración de opciones, usando series de precios diarios, de algunos productos básicos del mercado Agropecuario Colombiano. Lo anterior, teniendo en cuenta que existen factores aleatorios que modifican los precios y que se ven reflejados en el comportamiento de la volatilidad, por lo cual las Opciones sobre Commodities son un instrumento que se puede utilizar para mitigar el riesgo causado por dicha volatilidad.

El proyecto explora las propiedades del modelo e implementan un algoritmo para estimar los parámetros asociados. También informan que al final de la investigación se enteran de un paper por Dotsis y Markellos (2006) donde aseveran que la estimación máximo-verosímil del modelo de Heston-Nandi arroja estimadores que tiene sesgos substanciales y que estimadores mejorados se pueden obtener cuando se tiene valores de los derivados en el mercado.

## 9. RESULTADOS OBTENIDOS

En el desarrollo de la investigación se analizaron las diferentes estrategias de inversión y cubrimiento, utilizadas fuertemente en países con mercados de capitales desarrollados, dado que uno de los instrumentos subutilizados por el mercado colombiano ha sido el manejo de derivados y sus subyacentes, como es el de las Opciones con Commodities y así entregar a la comunidad universitaria un documento que contiene en el marco teórico la descripción de mercado de derivados sobre opciones, las estrategias elementales, qué son los Commodities, como operan y las principales dificultades en Colombia. Además, de la conformación y posible posicionamiento de las Opciones sobre Commodities en el sistema financiero colombiano.

También se elaboro un modelo en Excel que permite valorar las opciones, para lo cual simplemente se deben digitar los fundamentales de esta. Este simulador ofrece dos alternativas o métodos de valoración los cuales son: *El Método de Árboles Binomiales* y *El Método de Black-Scholes*.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El principal objetivo que pretende este trabajo es evaluar la posibilidad de la existencia de un mercado organizado de Opciones sobre Commodities, para lograr esto, el mercado colombiano debe cambiar una estructura de funcionamiento del mercado financiero y brindar mas impulso a la comercialización del mercado de capitales en Colombia, además de diseñar, desarrollar en implementar un sistema de negociación y registro de este tipo de Derivados.

En Colombia es necesario un mayor acceso a la información, que sea más amplia, que este al alcance de todos, en el tema de derivados sobre commodities. Dado que uno de los grandes inconvenientes fue la falta de datos diarios actualizados y completos que permitirán desarrollar un modelo mas completo de valoración de opciones.

Uno de los grandes inconvenientes con la aplicación de los modelos es que se requieren bases de datos actualizadas diariamente, dado que se encuentran vacíos, no se sabe si por defecto o por que no se consiguen los productos en los mercados y tampoco existe información sobre la metodología que se utiliza en la valoración de los contratos existentes.

En el mercado de Opciones sobre Commodities lo que se pretende que la agroindustria obtenga capital de trabajo en un corto plazo, propiciando el crecimiento del sector agroindustrial en Colombia; de igual manera que el inversionista pueda realizar inversiones de carácter especulativo siempre y cuando el marco legal se lo permita.

Dado la falta de ejemplos claros en el mercado colombiano o formulas que permitan calcular precios de ciertos commodities, se desarrollo el Modelo en Excel (Simulador de Opciones) que radica en que nos suministra una

herramienta que en la práctica es una primera aproximación a un supuesto en el mercado de derivados, en este caso las opciones, para tener un conocimiento claro de cómo modelar o analizar los derivados en el mercado Colombiano.

## GLOSARIO

**Cámara de Compensación:** es una organización esencial del mercado organizado que actúa como intermediario en las transacciones de futuros y opciones, garantizando el cumplimiento de la transacción para todas las partes.

**Cash Settlement:** (Liquidación por diferencias), procedimiento de liquidación en el mercado de futuros, pagando en efectivo la diferencia entre el precio de mercado y el futuro en lugar de la entrega física.

**Commodities:** son los bienes tangibles que se pretenden cubrir, son los bienes tangibles que se negocian en los mercados, entiéndase por bienes tangibles: oro, maíz, petróleo y en general cualquier bien tangible.

**Contratos FRA's (Forward Rate Agreement):** se trata de un contrato de futuros utilizado para conseguir coberturas de tipo de interés.

**Derivados:** son aquellas operaciones financieras que permiten comprar o vender activos en una fecha futura. Estas transacciones se pueden pactar sobre diversos activos (activo subyacente) como la tasa de cambio entre dos monedas, el valor de un índice, una tasa de interés, commodities, etc.

**Futuros:** son contratos a plazo estandarizados negociados en un mercado organizado en donde las partes se obligan a comprar o vender un activo en una fecha futura.

**Mercado OTC (Over de Counter):** hace referencia a un sistema de negociación bilateral por fuera de mercados organizados como las bolsas de valores o los sistemas transaccionales.

**Modalidad Spot:** significa que los derivados se intercambian para entrega inmediata al precio vigente (el precio spot).

**Opción Call:** es una opción de venta.

**Opción Put:** es una opción de compra.

**Opciones:** un contrato de opciones confiere el derecho, más no la obligación, de comprar (call) o vender (put) un activo a un precio específico hasta o en una fecha futura. Por este derecho se paga una prima.

**Precio de Ejercicio (strike price):** también llamado precio de ejecución. Es el precio al cual el tenedor de una opción puede comprar o vender el activo subyacente.

**Valor Intrínseco:** se puede definir como el valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente.

**Valor Extrínseco:** es simplemente la valoración que hace el mercado de las mayores probabilidades de mayores beneficios con la opción si el movimiento del precio del activo subyacente es favorable.

**Volatilidad:** es la desviación estándar del cambio en el valor de un instrumento financiero con un horizonte temporal específico. Se usa con frecuencia para cuantificar el riesgo del instrumento a lo largo de dicho período temporal.

## BIBLIOGRAFIA

COSTA RAN, Luis y FONT VILALTA, Montserrat. Commodities: Mercados Financieros sobre Materias Primas. Madrid: ESIC, 1993. 514 p. ISBN 8473560833

DIAZ, Carmen. Futuros y Opciones Sobre Futuros Financieros: Teoría y Práctica. México: Prentice Hall, 1998. 187p. ISBN 9701701275

LARA, Alfonso de. Productos Derivados Financieros: Instrumentos, Valuación y Cobertura De Riesgos. México, 2005. 185 p. ISBN 9681866339

HELYETTE, German. Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing For Agriculturals, Metals and Energy. Edición 2005. 396 p. ISBN 0470012188

HULL, John C. Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones. 4ª edición. Pearson Educación / Prentice Hall 2002. 560 p. ISBN 8420533866

Hull, J. C., Options, Futures, and Other Derivative. Fifth Edition 2000, Prentice-Hall. 585 p.

LAMOTHE FERNANDEZ, Prosper. Opciones Financieras: Enfoque Fundamental. Madrid: Mcgraw-Hill 1993. 322 p. ISBN 8448100689

LAMOTHE FERNANDEZ, Prosper y PEREZ SOMALO, Miguel. Opciones Financieras y Productos Estructurados. 3ª edición. Madrid: McGraw-Hill 2006. 598 p. ISBN 8448198301

LARA, Alfonso de. Productos Derivados Financieros: Instrumentos, Valuación y Cobertura De Riesgos. México, 2005. 185 p. ISBN 9681866339

Commodities, Inversión con Garantía. Revista Dinero. Año 2007; No 269: p. 32.

CARCAMO CARCAMO, Ulises y ARBELAEZ LOPEZ, Javier. Derivados Financieros en el Sector Agropecuario en Colombia. [Trabajo de Investigación]. Medellín: Universidad Eafit. Facultad de Ingenierías; 2007. 122 p.

CARCAMO CARCAMO, Ulises y CAUSIL GARCIA, Catalina. Valoración de Opciones para el Mercado Agropecuario Colombiano, El Modelo de Heston-Nandi como Alternativa. [Tesis de Maestría]. Medellín: Universidad Eafit. Facultad de Ingenierías; 2007. 44 p.

FRANCO ARBELAEZ, Luis Ceferino. El Modelo de Black-Scholes-Merton. [Trabajo de Investigación]. Medellín: Universidad Medellín. Facultad de Ingenierías; 2004. 25 p.

RODRIGUEZ, Alejandro. Análisis de Riesgo Cambiario en una Empresa Industrial y Comercial del Sector Tabacalero en el Período 2003-2005. [Tesis de grado]. Medellín. 2006. 110 p.

CASANA SANCHI, Carlos Alberto. Opciones Financieras. [artículo de Internet]. <<http://www.elprisma.com/apuntes/economia/opcionesfinancieras.htm>> [Consulta: 11 agosto 2007]

FRANCO CUARTAS, Fernando. Análisis de las Opciones y otros Derivados. [artículo de Internet]. <<http://www.gacetafinanciera.com/opciones.htm>> [Consulta: 10 agosto de 2007]

Inversor Global. Sepa qué son los commodities y cómo invertir en ellos. [artículo Internet]. < [http://www.inversorglobal.com.ar/revista/Nro\\_40/718](http://www.inversorglobal.com.ar/revista/Nro_40/718)> [Consulta: 11 agosto 2007]

Los derivados y sus Componentes. [artículo de Internet]. <<http://www.mailxmail.com/curso/empresa/derivados/capitulo4.htm>> [Consulta: 10 agosto 2007]

GARCIA, Manuel Felipe. Commodities: Qué son y cómo se puede invertir. [publicación periódica en línea]. 2008 [citada 2008 jul 21]. Se encuentra en URL: [http://www.finanzaspersonales.com.co/wf\\_InfoArticulo292](http://www.finanzaspersonales.com.co/wf_InfoArticulo292)

Bolsa Nacional Agropecuaria. [Sitio en Internet]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bna.com.co/> Acceso el 14 julio 2008.