

Valoración de opciones de compra y venta del quintal de café en el mercado ecuatoriano

Adrián Morocho Pérez¹, Fernando Sandoya Sanchez²

¹Ingeniero en Estadística Informática 2003

²Director de Tesis, Matemático, Escuela Politécnica Nacional, 1994, Profesor de ESPOL desde 1996.

Resumen

El presente trabajo realizado se considera como una guía para las próximas generaciones con el marco teórico y ejercicios prácticos para los diferentes métodos de valoración de las opciones, así como también las diferencias entre los tipos de opciones que hoy por hoy existen en el mercado y cómo interpretar los resultados obtenidos mediante el software utilizado para el cálculo del valor de las opciones de compra y venta mediante la fórmula de Black-Scholes.

Con todo lo aplicado en la presente tesis se pretende dar a conocer los beneficios que se obtienen al coordinar las diferentes ramas de la estadística y las finanzas para desenvolver un tema tan complejo en los actuales momentos como es la manipulación del precio del precio del quintal de café en el Ecuador.

Introducción

El café en los últimos años ha sido uno de los productos más exportados en nuestro país, por lo cual se pretende buscar una solución a este problema que ha hecho que se especule con la compraventa del quintal en nuestro país.

La comercialización del café es uno de los más serios problemas del grano en el Ecuador, por esta razón, esta debería ser estimada como un factor crítico, desde que el presente esquema presiona incluso a los caficultores. Una gran parte de las ganancias va a manos de los intermediarios, lo que genera gran malestar en los caficultores. El hecho es que entre el caficultor y el exportador de café hay un número de intermediarios, los cuales en el mejor de los casos se encuentran desde dos hasta cuatro.

En la presente tesis se pretende fijar un precio para las opciones de compra y venta del quintal de café en el mercado ecuatoriano, ya que este producto (como lo llamaremos más adelante como un activo subyacente) tiene periodos durante los cuales el precio se dispara de acuerdo a una mayor demanda y poca oferta, y baja extremadamente cuando la oferta es mayor.

Los instrumentos derivados son uno de los grandes éxitos de la economía financiera moderna. Entre su contribución financiera se puede señalar algunos elementos de sus funciones, como son: asegurar precios futuros en aquellos mercados con precios altamente variables; neutralizar los riesgos de variaciones en la tasa de interés, con costos menores a los que se obtendrían por medio de cambios en la cartera de activos y con procesos tradicionales de inmunización de portafolios; la compraventa de riesgos asociados con la tenencia, producción o uso de activos y productos.

La incertidumbre sobre el comportamiento de los precios en un mercado constituye el principal elemento determinante de la existencia de los mercados de opciones, mediante los contratos de opciones, las partes contratantes compran o venden activos reales y / o financieros, en una fecha futura especificada de antemano, a un precio acordado en el momento de la firma del contrato.

De esta forma cabe recalcar que existen dos tipos de opciones; opciones de compra (call) y opciones de venta (put). No obstante una opción es un activo en si misma, y puede comprarse y venderse en el mercado en cualquier momento de su vida, además a medida que se acerca su fecha de caducidad, el valor temporal de una opción disminuye.

Contenido

1. Principales problemas de comercialización del café.

La comercialización del café es uno de los más serios problemas de la producción del grano en el Ecuador. Por esta razón, la comercialización debería ser estimada como un factor crítico, desde que el presente esquema presiona incluso a los caficultores. Una gran parte de las ganancias va a manos de los intermediarios, lo que genera gran malestar en los caficultores.

1.1 Los intermediarios.

Existe evidencia que se comprobó que entre el caficultor y el exportador de café hay un número de intermediarios, los cuales en el mejor de los casos encontramos desde dos y hasta cuatro. Tenemos un ejemplo para visualizar el porcentaje de ganancia de los intermediarios. Para el caso del café arábigo, el cual se presume tiene un precio internacional de 103 centavos de dólar por libra en New York.

Tomando este precio como una referencia es posible observar como el precio va afectándose hasta que llega a nivel de finca.

Tabla I
Costo de la cadena

	ETAPAS DE COMERCIALIZACION	US \$ CENTAVOS/LIBRA
1	PRECIO INTERNACIONAL	103
2	CASTIGO POR CALIDAD	16
3	SUBTOTAL	87
	(-) COSTOS FIJOS EXPORTADOS	12
4	SUBTOTAL	75
	UTILIDAD EXPORTADOR	3
5	SUBTOTAL	72
	(-) 1 INTERMEDIARIO	8
	(-) 2 INTERMEDIARIO	8
	(-) 3 INTERMEIDARIO	8
6	PRECIO A NIVEL DE FINCA	48
FUENTE: BOLETIN ANUAL DE LA OIC 1999		

3. Análisis univariado de los precios del quintal de café en el Ecuador.

Antes de conocer las distintas herramientas que se necesitan manejar para la valorización de opciones, se debe tener claro el comportamiento del precio del quintal de café a lo largo del tiempo, para de esta manera saber su tendencia, su época de quiebre, su estacionalidad, en fin, todas las posibles conclusiones para así realizar un estudio exhaustivo, ya que el precio del café ecuatoriano está sujeto a variaciones por cambios en la oferta y demanda en el ámbito mundial.

Por cuanto el objetivo de esta sección es presentar e interpretar los precios del quintal de café a través del tiempo, para la cual se requiere la manipulación de los datos históricos que a nuestro juicio son relevantes para un estudio acerca de la valorización de opciones del producto ya mencionado en el Ecuador. Para el análisis descriptivo del precio del café lo vamos a analizar para la variedad *arábiga* debido a que estos datos son de referencia en la Bolsa de Valores de Productos Agrícolas a nivel nacional.

3.1 Precio internacional.

Se define como precio internacional, al valor mínimo referencial mensual en dólares por quintal de café en grano asignado a los países productores por la organización internacional de café, que actúa como agente regulador de los precios en el ámbito mundial.

3.1.1 Precio mensual del quintal de café arábica en el Ecuador. (2001)

Para el año 2001 el precio del quintal de café cae a niveles que nadie se lo esperaba, registrándose así en enero el precio del grano en \$47.64, el precio fluctuará entre estos valores, para mayo el precio sube ligeramente a \$49.10 siendo este el máximo en todo el año, y de esta manera el precio del quintal se mantuviera en estos bajos valores, llegando así al mes de octubre donde el precio llega a su mínimo con \$33.81. Y para culminar el año, el quintal en el mes de diciembre registra un precio de \$35.17. El promedio para el 2001 fue de \$41.72, casi la mitad de lo que se había registrado en el año anterior. La desviación estándar fue de \$5.70.

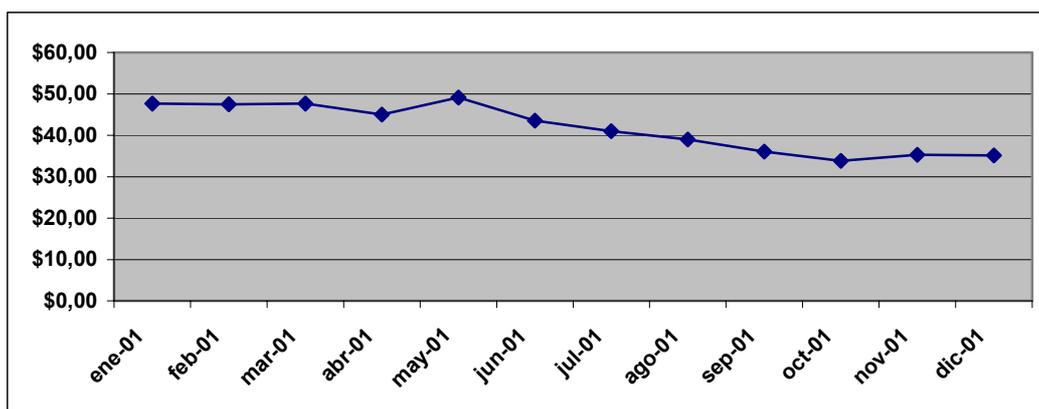


Figura 1: Comportamiento mensual del precio del quintal de café año 2001

3.1.2 Precio mensual del quintal de café arábica en el Ecuador. (2002)

Los datos del 2002 se obtuvieron hasta agosto, empezando al año con un precio de \$36.14 el quintal, de manera sorpresiva para febrero el precio cae a su mínimo en el año con \$34.31, luego de dos meses para abril se registra el máximo hasta ese entonces con un precio de \$41.78. La media anual para el 2002 fue de \$37.17 el quintal, siendo este el peor año hablando de precios de todos los seis años analizados anteriormente. La desviación estándar fue de \$2.66.

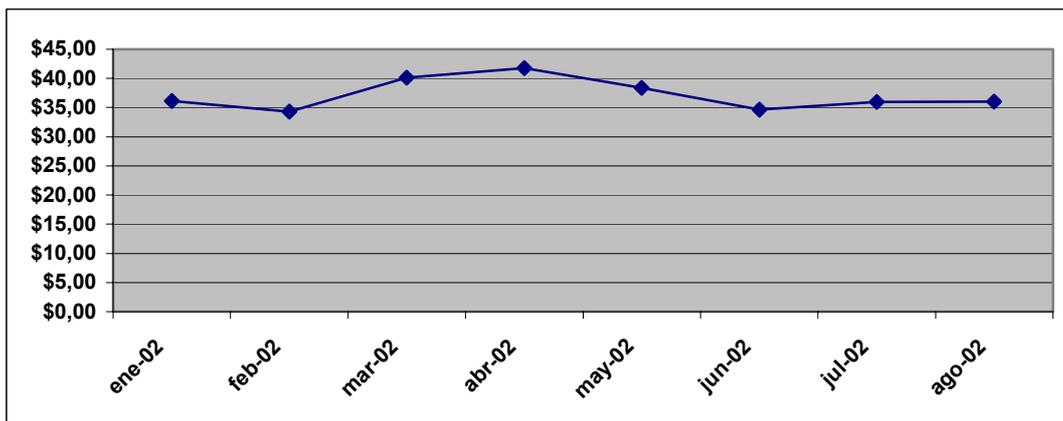


Figura 2: Comportamiento mensual del precio del quintal de café año 2002

3.1.3 Precios semanales del quintal de café arábica en el Ecuador. (2002)

Ahora vamos a realizar un análisis para el precio del quintal de café registrado de manera semanal para así poder tener una perspectiva mas profunda acerca del comportamiento del precio del quintal del grano en los últimos dos años. Esto nos permitirá analizar con más detalle la evolución de la volatilidad de esta variable.

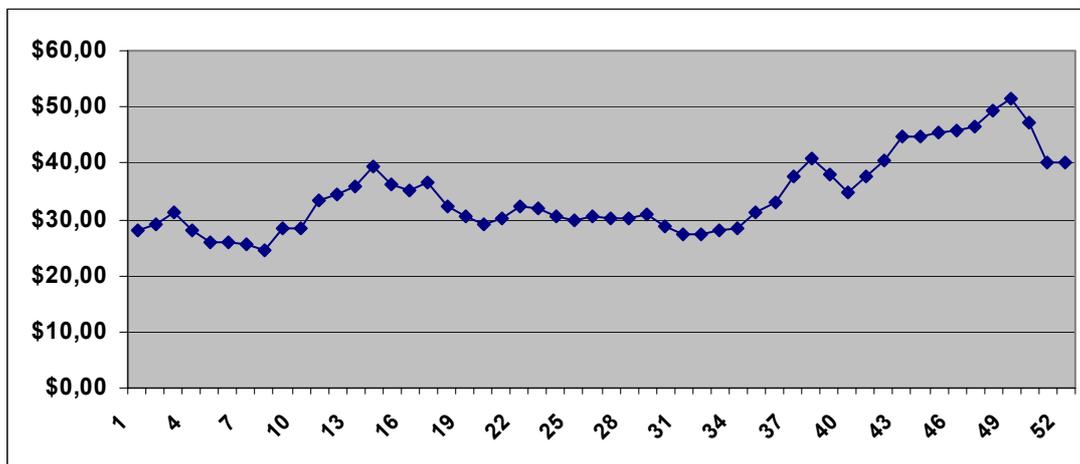


Figura 3: Comportamiento semanal del precio del quintal de café año 2002

En el año 2002 empezamos enero con un precio de \$28.22 el quintal, así como también se puede observar que el precio se va incrementando a manera que se aumentan los meses del año. Hasta llegar al máximo precio del año que fue en la semana 49, es decir en el mes de noviembre con \$51.55. En el gráfico se puede ver claramente el pico más alto de la tendencia en la semana 49. El precio mínimo para el grano en el año 2002 fue en el mes de febrero con \$24.64 el quintal de café. El año cerró con un precio de \$40.25 el quintal. Con respecto al año anterior el precio subió alrededor de \$12 más. La media del precio para el año 2002 fue de \$34.33, es decir bajo \$1.47 con respecto a la media del año anterior.

4. Evolución de los mercados de las opciones.

Existen básicamente dos tipos de opciones: de compra y de venta (call y put).

Una opción es un acuerdo entre comprador (propietario o tenedor) y un vendedor (emisor) que, tras el pago de una retribución, da al comprador el derecho mas no la obligación de comprar (call) o vender (put) un activo en una fecha determinada o antes de ella.

El precio contractual se llama precio de ejercicio (strike price), y la fecha de finalización o vencimiento del contrato se denomina (expiration date, exercise date o maturity). La manera más fácil de entender esta definición es desglosarla en sus componentes y observar cada uno de ellos por separados. Hay que señalar que las opciones europeas solo pueden ser ejercitadas en la fecha de vencimiento, mientras que una opción americana, puede ser ejercitada en cualquier momento hasta su fecha de vencimiento incluida.

5. Factores determinantes de los precios de las opciones.

Existen seis factores que determinan el precio de una opción sobre acciones:

1. Precio de las acciones (**S**).
2. Precio de ejercicio (**K**).
3. Tiempo hasta el vencimiento (**t**).
4. Volatilidad (**σ**).
5. Dividendos (**d**).
6. Tipos de interés (**r**).

5.1 Precio de las acciones y precio de ejercicio.

Si se ejerce en algún momento en el futuro, el resultado de una opción de compra será la cantidad por la cual el precio de las acciones excede del precio de ejercicio. Las opciones de compra, por lo tanto, tienen más valor cuando el precio de las acciones aumenta, y menos valor cuando el precio de ejercicio aumenta.

5.2 Tiempo hasta el vencimiento.

A medida que se acerca la fecha de vencimiento, el valor temporal de una opción disminuye.

Por lo que las opciones de compra y venta tienen más valor cuando mayor es el tiempo que falta para el vencimiento

5.3 Volatilidad.

La volatilidad es una medida del movimiento del precio de una opción de una acción durante un tiempo dado. Si un activo subyacente tiene una gran volatilidad, el comprador de una opción puede tener que pagar más por ella que por una opción sobre unas acciones con baja volatilidad.

5.4 Tipos de interés.

El tipo de interés libre de riesgo afecta directamente al precio de una opción, cuando los tipos de interés aumentan y la tasa del crecimiento esperada de los precios de las acciones aumenta, estos dos efectos tienden a disminuir el valor de una opción de venta.

6. Estimación de la volatilidad mediante datos históricos.

Para el cálculo de la volatilidad se recomienda usar un registro donde se establezcan los movimientos del precio de las acciones durante cierto lapso de tiempo. Es usual observar los precios de las acciones en un intervalo fijo, ya sea diario, semanal o mensual.

A continuación se definen los siguientes parámetros:

n: número de observaciones.

S_t: precio de la acción al final del periodo i , ($i = 0, 1, 2, \dots, n$).

T: duración del intervalo de tiempo en años.

Para el cálculo de una estimación S de la volatilidad σ utilizamos las siguientes notaciones:

$$\mu_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right) \quad S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\mu_i - \bar{\mu})^2}$$

Que se puede expresar también como:
$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \mu_i^2 - \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n \mu_i\right)^2}$$

Ahora para calcular una estimación de la volatilidad del precio del quintal de café para el año 2002 mediante datos históricos se va a tomar el valor de $n = 52$, ya que los precios proporcionados por el Ministerio de Agricultura y ganadería (MAG) son semanales, es decir tenemos 52 datos para este año.

A continuación la volatilidad para los precios del quintal de café variedad arábica en el año 2002.

Los resultados para el año 2002 fueron los siguientes:

$$\sum_{i=1}^{52} u_i = 0.3550 \quad ; \quad \sum_{i=1}^{52} u_i^2 = 0.2392$$

La estimación de la desviación estándar de la rentabilidad diaria es:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^2}{n-1} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n u_i\right)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{52} u_i^2}{(52-1)} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{52} u_i\right)^2}{(52*51)}} = 0.0681$$

Como los precios estaban medidos por semanas, asumiendo que 52 semanas tiene un año, entonces la volatilidad estimada por año es de: $0.0681\sqrt{52} = 0.4914 = 49.14\%$
Es decir el **49.14%** anual.

El error estándar de esta estimación es $\frac{S}{\sqrt{2n}} = \frac{0.0681}{\sqrt{2 * 52}} = 0.0481$, el **4.81%** anual.

7. El Modelo GARCH (1,1).

El modelo GARCH (Generalized Autoregressive Conditionally Heteroscedastic) está basado en la representación auto regresiva de la varianza condicional, dicho de otra manera este modelo presenta una manera de modelar el comportamiento de la volatilidad en los cambios de precios del quintal de café.

El modelo está definido de la siguiente manera: $\sigma_n^2 = \gamma v + \alpha \mu_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2$

Donde v representa la tasa de varianza a lo largo del periodo, σ_{n-1}^2 representa la varianza del periodo $n-1$ y μ_{n-1} representa el cambio porcentual del precio de la acción del periodo anterior. El termino γ es una tasa asignada para v , así como α que es una tasa asignada para μ_{n-1}^2 y β es la tasa asignada para σ_{n-1}^2 , donde deben cumplir la siguiente condición: $\gamma + \alpha + \beta = 1$ Ahora haremos uso de un cambio de variable de manera que: $\omega = \gamma v$. Entonces el modelo GARCH queda expresado de la siguiente

manera: $\sigma_n^2 = \omega + \alpha \mu_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2$

7.1 Estimación de los parámetros.

Se procede al cálculo de los parámetros con los siguientes resultado para el caso del precio del quintal de café en el Ecuador:

Tabla II
Parámetros del modelo

ω	0,201417	α	0,323227	β	0,227977
----------	----------	----------	----------	---------	----------

Por lo que el modelo queda de la siguiente manera:

$$\sigma_n^2 = 0.201417 + 0.323227 \mu_{n-1}^2 + 0.227977 \sigma_{n-1}^2$$

Ahora para realizar las predicciones referentes al próximo periodo, reemplazamos los valores correspondientes al periodo anterior, en este caso para el precio del quintal de café en el año 2002 tenemos $n=52$, por lo que tenemos que reemplazar la ecuación anterior correspondientes al término $n-1 = 51$.

$$\sigma_n^2 = 0.201417 + 0.323227(0.140685)^2 + 0.227977(0.007511)$$

$$\sigma_n^2 = 0.2095$$

8. Aplicación del modelo de Black-Scholes al caso del quintal de café ecuatoriano

En esta sección se realizará el cálculo de la valorización de opciones mediante el modelo de Black-Scholes, para ello se necesitará la ayuda de un software estadístico financiero diseñado en Microsoft Excel llamado DerivaGem.

8.1 Explicación de los parámetros.

Utilizando el software ya mencionado, hallamos el valor presente de una opción de compra y de venta con el respectivo valor de delta, sus parámetros son los siguientes:

Ex: Precio de ejercicio de la opción

T: Fecha de vencimiento de la opción

P: Precio del quintal del café

S: Desviación estándar por año (Volatilidad)

rf: Tasa de Interés libre de riesgo del mercado

La *desviación estándar* fue estimada mediante los datos históricos de los precios del quintal de café, el mismo que fue estimado en 49.14% anual. La *tasa de interés libre de riesgo* en el mercado al cierre de la semana 17 del presente año fue del 5.16%.

8.2 Ejemplo:

Si queremos saber cual es el precio para las opciones de compra europeas con el precio del activo subyacente fijado en \$41.68, la volatilidad de 49.14%, la tasa libre de riesgo del mercado es del 5.16%, con fecha de vencimiento en una semana, el cual se comprende como 1 dividido para 52, ya que 52 semanas tiene un año, y el precio del ejercicio que se lo fijó en \$40. Entonces tuvimos los siguientes resultados:

Tabla III

Resultados obtenidos por el software

Price:	2,17481475
Delta (per \$):	0,74292076
Gamma (per \$ per \$):	0,11353563
Vega (per %):	0,01863886
Theta (per day):	-0,0693132
Rho (per %):	0,00553656

8.3 Aplicación del modelo a las opciones de compra (call).

Para el precio del ejercicio y el precio del quintal actual se generó seis variables aleatorias con media \$42.65 y desviación estándar 49.14%, con estos precios generados se puede tener mayor apreciación en el análisis de las opciones ya que vamos a tener distintos pares ordenados en los precios y diversos tiempos de ejercicios.

TABLA IV
RESULTADOS NUMERICOS PARA EL PRECIO DE LAS OPCIONES DE COMPRA MEDIANTE EL METODO DE BLACK-SCHOLES

<i>Tiempo</i>	<i>Ex</i>	<i>P</i>	<i>Precio de la Opción</i>	<i>Delta</i>	<i>Gama</i>	<i>Theta</i>	<i>Vega</i>	<i>Rho</i>
1 mes	43,04	43,10	2,5544	0,5442	0,0648	0,0493	-0,043	0,0174
2 meses	43,15	43,14	3,6152	0,5565	0,0456	0,0696	-0,031	0,0340
1 trimestre	42,72	43,48	4,8732	0,5976	0,0362	0,0841	-0,026	0,0528
4 meses	42,94	42,94	5,1775	0,5802	0,0321	0,0969	-0,022	0,0658
5 meses	43,69	44,80	6,5955	0,6200	0,0268	0,1101	-0,021	0,0883
1 semana	43,20	44,03	1,6721	0,6285	0,1260	0,0231	-0,085	0,0050

8.4 Aplicación del modelo a las opciones de venta (put).

Ahora vamos a presentar algunos resultados numéricos de las opciones y el valor de delta de la opción de venta del quintal de café en el mercado ecuatoriano, tomando en cuenta los mismos datos que se enunciaron en el modelo de las opciones de compra.

TABLA V
RESULTADOS NUMERICOS PARA EL PRECIO DE LAS OPCIONES DE VENTA MEDIANTE EL METODO DE BLACK-SCHOLES

<i>Tiempo</i>	<i>Ex</i>	<i>P</i>	<i>Precio de la Opción</i>	<i>Delta</i>	<i>Gama</i>	<i>Theta</i>	<i>Vega</i>	<i>Rho</i>
1 mes	43,04	43,10	2,3098	-0,456	0,0648	0,0493	-0,037	-0,018
2 meses	43,15	43,14	3,2557	-0,444	0,0456	0,0696	-0,025	-0,037
1 trimestre	42,72	43,48	3,1300	-0,406	0,0411	0,0841	-0,017	-0,052
4 meses	42,94	42,94	3,8963	-0,423	0,0363	0,0971	-0,014	-0,074
5 meses	43,69	44,80	3,9330	-0,380	0,0303	0,1101	-0,013	-0,087
1 semana	43,20	44,03	0,6693	-0,359	0,1407	0,0228	-0,068	-0,003

8.5 Análisis gráfico del comportamiento de las opciones.

La fecha de vencimiento va ser de un mes, el precio del ejercicio de \$43.04, el precio de activo subyacente de \$43.10, a una tasa del 5.16% libre de riesgo en el mercado, con una volatilidad del 49.14% anual.

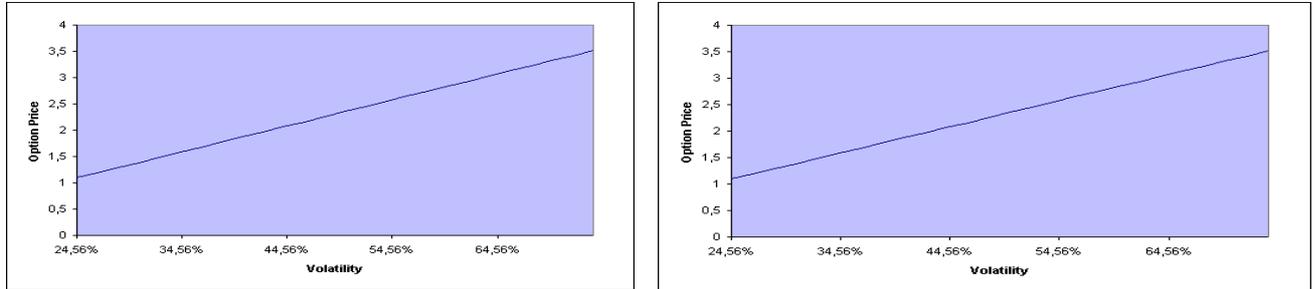


Figura 4: Comportamiento del precio de la opción (compra y venta) vs la volatilidad

Apreciando los gráficos en la figura 4 podemos decir que a medida que la volatilidad se incrementa también se incrementará el precio de la opción.

Aquí la relación es positiva en ambos escenarios el de la compra como en el de la venta. A mayor volatilidad, mayor incertidumbre y mayor es el precio de la opción.

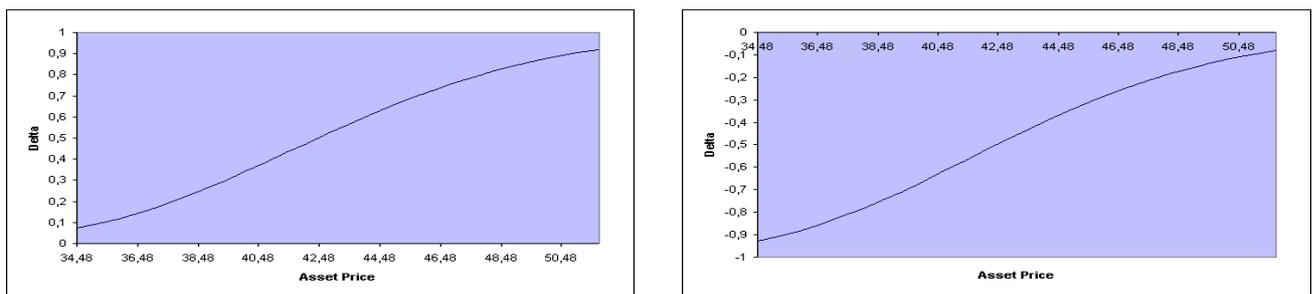


Figura 5: Comportamiento del Delta (compra y venta) vs la volatilidad

En la figura 5 se puede apreciar el comportamiento del delta de la opción versus el precio del activo subyacente, el valor del delta para caso de las opciones de compra fue de \$0.544, esto significa cuando el precio del subyacente cambia uno por ciento, el precio de la opción cambiará en 0.6 por ciento. Por lo tanto la serie está *at-the-money* ya que tiene un delta alrededor de 0.5, es decir por cada centavo que varíe el activo subyacente la prima de una opción *at-the-money* cambiará la mitad, es decir \$0.544 Para la opción de venta, el valor del delta fue de \$-0.455, es decir, se encuentra *at-the-money*, ya que su delta se encuentra alrededor de 0.5.

En la apreciación ambos gráficos se pueden ver claramente que las opciones call suben de precio al subir el subyacente, por su delta positivo, mientras que las opciones put suben de precio al bajar el activo subyacente, por lo que su delta es negativo.

Conclusiones

1. La comercialización del café es uno de los más serios problemas de la producción del grano en el Ecuador. Por esta razón, la comercialización debería ser estimada como un factor crítico, desde que el presente esquema presiona incluso a los caficultores. Una gran parte de las ganancias va a manos de los intermediarios, lo que genera gran malestar en los caficultores.
2. Hay que señalar que las opciones europeas solo pueden ser ejercitadas en la fecha de vencimiento, mientras que una opción americana, puede ser ejercitada en cualquier momento hasta su fecha de vencimiento incluida.
3. Una opción de compra tiene más importancia cuando el precio de las acciones sube en el mercado y menos valor cuando el precio del ejercicio aumenta, y una opción de venta tiene mayor importancia para su poseedor cuando el precio de las acciones baja, mientras que su importancia desciende cuando el precio de las acciones suba
4. El comportamiento del precio de las opciones de compra y de venta con respecto al precio de las acciones están correlacionadas negativamente, esto quiere decir que mientras la una se avalúa a mayor precio la otra tiende a disminuir su precio.
5. El modelo Garch (1,1) si nos proporciona predicciones confiables con respecto a las volatilidades del cambio porcentual de los precios del quintal del café.
6. Debido a que la volatilidad es una media de incertidumbre si un activo subyacente tiene una gran volatilidad, el comprador de una opción puede tener que pagar más por ella que por una opción sobre unas acciones con baja volatilidad.
7. Las opciones de compra tienen una delta positiva de entre cero y uno, siendo cero la de las opciones muy <<out-of-the-money>> y 1 para las series que están muy <<in-the-money>>. Las opciones de venta tienen deltas negativas y están entre -1 y 0.
8. Las opciones de compra (call) suben de precio al subir el precio del activo subyacente, por lo que tienen delta positivo, mientras que las opciones de venta (put) suben de precio cuando el precio del activo subyacente baja, es decir tiene delta negativa.
9. Si el precio del activo subyacente está por encima del precio del ejercicio, es casi 100% seguro ejercer la opción, mientras que si el precio de los activos subyacentes están por debajo del precio del ejercicio es casi nulo el hecho de ejercer la opción

Referencias

1. A. Morocho, "Valoración de opciones de compra y venta del quintal de café en el mercado ecuatoriano".(Tesis, Facultad de Ingeniería en Estadística Informática, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003)
2. JHON c. Hull. "Options, Futures & other Derivates", Prentice Hall 4th Edition.
3. David Ford "Invertir en el Mercado de Opciones", Financial Times 1994.
4. James Rodríguez de Castro "El Riesgo Flexible" Ciencia de CDN La Dirección.
5. Jaime Díaz Tinoco y Fausto Hernández Trillo "Futuros y Opciones Financieras, Una Introducción"
6. Banco Central del Ecuador "El Café, Nuestro Frente al Nuevo Milenio"
7. Juan Bermúdez, febrero 2003, Proyecto SICA, <http://www.sica.gov.org>
8. Edward Carvajal, febrero 2003, <http://www.corpei.gov.org>