

Valoración de Opciones por el método de Black Scholes en R-project

Mónica Viviana Arango

Ricardo Alfredo Rojas Medina

Daniel Tabares Peralta

Resumen

Este artículo, profundiza el marco teórico que referencia el manejo de los Derivados Financieros, con el fin de comprender el uso de las Opciones Financieras para Acciones y su proceso de valoración, mediante el método de Black Scholes, con el propósito de generar una serie de instrucciones que al ser aplicadas en el programa R-Project, se obtenga el valor y se generen resultados de una manera rápida y sencilla, requeridos para el análisis en la toma de decisiones.

Palabras clave: Derivados Financieros, Opciones financieras, Black Scholes, R-project.

Finances and Accounting. Valuation of options by the Black Scholes method in R-project.

Abstract

This paper discusses the theoretical framework to deal with financial derivatives, with the aim of understanding the use of financial options for stocks, and their valuation process, by the method of Black Scholes. It has the purpose of generating a series of instructions which, once applied in the program R-Project, yields the value and generates the results in a quick and easy way, as is needed for the analysis in the decision making process.

Key words: Financial Derivatives, Financial Options, Black Scholes, R-project.

Artículo de reflexión - Recepción: Agosto de 2015. Aprobación: 28 de Octubre de 2015

Para citar este artículo

Arango, Mónica Viviana; Rojas-Medina, Ricardo Alfredo y Tabares-Peralta, Daniel (2015). Valoración de Opciones por el método de Black Scholes en R-project. *Lumina*, 15. pp. 214-225.

Introducción

Al interior de la gestión empresarial está como uno de los objetivos principales, proteger el capital, optimizar su uso y obtener ganancias pero, el éxito, está influenciado por factores exógenos, incontrolables, producto del dinamismo de los mercados y su competitividad, que llevan a la empresa a trasegar por el camino de la incertidumbre al no tener un futuro cierto, enfrentando el riesgo (Hernández, 2003).

Según De Lara (2007) “El riesgo es la incertidumbre acerca de un evento futuro. Está asociado tanto a un resultado favorable como desfavorable. La correcta identificación, medición, monitoreo y control de riesgos, permite a las instituciones: optimizar el rendimiento sobre el capital ajustado por el nivel de riesgo, optimizar las decisiones relativas a su operación y prevenir pérdidas”. Una de las formas de cubrir los riesgos es sintética, traducida en instrumentos o activos financieros que se derivan de otros y, por lo tanto, se denominan Derivados Financieros, tema inicial que abordará este artículo. “La utilización moderna de los instrumentos derivados creció y penetró profundamente los mercados financieros desde mediados de los ochenta y, de manera generalizada, en los años noventa” (Esquivel, 2008, p. 21).

Inicialmente, se realiza una revisión de la literatura sobre los métodos de medición y valoración del riesgo, los Derivados Financieros, el manejo de las Opciones Financieras, el uso matemático del modelo de Valoración de Black Scholes y, finalmente, una breve descripción de la herramienta R- Project. Luego, se menciona la metodología utilizada, con el fin de presentar los resultados al desarrollar una serie de instrucciones que al ser aplicadas en el programa R-Project, permiten valorar la opciones para acciones y se obtienen resultados de una manera rápida y sencilla, necesarios para el análisis en la toma de decisiones. Finalmente, en las conclusiones se explican los cambios en el valor de la opción, ante variaciones en cada uno de sus parámetros.

Marco teórico

2.1 Riesgo y cobertura

Existen métodos cuantitativos y cualitativos para medir y valorar los riesgos a los que se expone la empresa en el mercado; los métodos cuantitativos, utilizan herramientas basadas en el cálculo de probabilidades, las simulaciones y los análisis de sensibilidad y permiten, de esta manera, optimizar sus utilidades corriendo los más mínimos riesgos posibles; las herramientas más utilizadas son: la simulación de Montecarlo, las matrices de decisión, el teorema bayesiano y de valores esperados y la medida VaR, que resumen el riesgo total de una cartera de activos financieros (Hull, 2009), permiten identificar la mejor forma de cubrir ese riesgo.

En los mecanismos de cobertura (Hedging), se debe cumplir con la regla de que los activos deben ser iguales a los pasivos: quien, en una operación obtiene un activo, debe adquirir un pasivo por igual valor y período de tiempo; esta es una operación de “suma cero”, donde las posibles pérdidas que se puedan generar por una de las partes sean compensadas exactamente por las ganancias generadas por la otra parte, renunciando, con ello, a las posibilidades de obtener ganancias adicionales producto de la especulación en los mercados. Siems (1996), afirma que: “los derivados financieros son instrumentos que los bancos y corporaciones deben usar para administrar mejor las exposiciones al riesgo” (p. 19).

2.2 Derivado Financiero

O’conor (1993), al igual que Lamothe (2003) y Mascareñas (2012) coinciden con la definición de Lara (2005): “*Estos instrumentos derivados son acuerdos financieros cuyo valor depende o se deriva del valor de otro bien denominado activo subyacente*” (p.11). Los derivados pueden realizarse sobre tasas de interés, tipos de cambio, precios de materias primas (commodities) y acciones, entre otros.

Los acuerdos financieros se hacen tangibles a través de obligaciones contractuales celebradas entre los agentes, (*hedgers*), que desean cubrirse del riesgo inherente a las variaciones del precio del activo subyacente determinados en el mercado, y otros agentes (*especuladores*) que desean asumir dicho riesgo con el fin de obtener una ganancia.

Los derivados se pueden desarrollar en los mercados denominados OTC -Over the Counter.- (Hull, 2009) o, no organizados, donde los contratos son hechos a la medida y de acuerdo con las necesidades de la partes contratantes en lo que tiene que ver con precios, cantidades y tiempo, los cuales, se realizan extrabursátilmente. Distinto de los mercados organizados o estandarizados, que se realizan en el mercado bursátil y obedecen a unas condiciones de precios, cantidades y tiempo, previamente determinadas y que son asumidas por las partes interesadas.

En el mercado de derivados se encuentran, principalmente, cuatro instrumentos que atienden las necesidades de cubrimiento específicas y de acuerdo con las particularidades que requieren las partes contratantes: Forwards, Futuros, Swaps y Opciones.

2.3 Opciones financieras

“Una opción la podemos definir como un contrato que da derecho a su poseedor a vender o comprar un activo a un precio determinado durante un período o en una fecha prefijada” (Fernández, 2003, p. 3).

Son contratos a plazos, que no son de obligatorio cumplimiento para una de las partes (el tomador), es decir, estos derivados conceden derechos, mas no obligaciones para el comprador. Las condiciones contractuales se establecen previamente, pero el comprador puede hacer uso o no, de la respectiva opción en cualquier momento de la negociación -opción Americana- (Hull, 2009) o, al cumplirse el plazo -opción europea-. En este tipo de instrumentos el tomador debe cancelar la prima o valor que le da el derecho de tomar la opción, esta no es reembolsable ni hace parte del valor de los activos transados. Las opciones de compra (*call*) o de venta (*put*), son productos estandarizados y se transan en los mercados organizados o bursátiles.

El contexto de las opciones financieras es extenso, mas no difícil de comprender, por ejemplo: el proceso de valoración de Opciones depende del subyacente que sea objeto de negociación (acción, divisa, bono, tasa de interés, tasa de cambio, bienes de consumo), y para cada una se utilizará el modelo de Valoración más apropiado, basta con reconocer las herramientas que se tienen a la mano para conseguir pronosticar los riesgos y la mejor forma de evadirlos. Para el caso de las Opciones Europeas “el Modelo de Black Scholes es importante, no sólo porque permite la valoración del arbitraje, sino por proporcionar una solución analítica” (Mascareñas, 2012, p. 46), lo cual, se ilustrara en este artículo con una aplicación para acciones.

2.4 Modelo de Black Scholes

El modelo de Black Scholes, es una herramienta para la valoración de opciones que surge en 1973, cuando Fisher Black, Myron Scholes y Robert Merton lograron uno de los mayores avances en la valuación de opciones. Su planteamiento ha tenido gran influencia en la forma en que los agentes valúan y cubren opciones ya que, de allí, se han desarrollado distintos modelos que aplican a opciones sobre diferentes activos, los que se pueden dividir en dos enfoques a saber: Modelos analíticos, que son planteados en tiempo continuo y que son prolongaciones del modelo proporcionado por Black Scholes; y los modelos desarrollados por el empleo de algoritmos de cálculo numérico: método binomial. (Fernández, 2003).

Según Mascareñas (2012) el modelo parte de los siguientes supuestos:

- El precio del activo sigue una distribución normal logarítmica, por lo que los rendimientos se distribuyen normalmente.
- El valor de los rendimientos es conocido y es directamente proporcional al paso del tiempo.
- No hay costos de transacción, así que se puede establecer una cobertura sin riesgos entre el activo y la opción sin ningún costo.
- Los tipos de interés son conocidos y constantes.

- Durante el período de ejercicio, la acción subyacente no pagará dividendos.
- Las opciones son de tipo europeo (p. 46)

La fórmula que permite su cálculo es la siguiente:

$$C = [N(d1) * S] - [N(d2) * Ke^{-rt}]$$

$$d1 = Ln \left[\frac{S / Ke^{-rt}}{\sigma \sqrt{t}} \right] + \frac{\sigma \sqrt{t}}{2}$$

$$d2 = d1 - \sigma \sqrt{t}$$

$$C = [N(d1) * S] - [N(d2) * Ke^{-rt}]$$

Donde:

t : Tiempo en el que se puede ejercer el derecho, medido en años.

r : Tasa libre de riesgo anual.

S: Precio del subyacente.

E: Precio del ejercicio.

N(d1): Valor de probabilidad en una distribución normal para el punto d1 obtenido.

N(d2): Valor de probabilidad en una distribución normal para el punto d2 obtenido.

σ : representa la volatilidad de la opción, que para Castillo (2012) no es más que una medida estadística que muestra la incertidumbre sobre los rendimientos que se esperan y es establecida por las variaciones que se han presentado en el precio de la opción durante determinado período de tiempo, que puede venir expresado en días, semanas o meses. Es necesario tener en cuenta, que la especulación en el mercado de opciones sustenta su importancia en la volatilidad, Castellanos (2005) considera que este "es el parámetro a estimar si queremos entender como valorar una opción" (p. 27). La "velocidad" con la que fluctúan los precios es la volatilidad (Fernández, 2003).

N(d1)*S: representa la cantidad de acciones o cantidad de activos subyacentes con lo que se obtiene la cartera que es réplica de la opción, de forma

que al multiplicar este valor con el precio del subyacente se determina el costo de la cartera que es réplica.

$N(d_2) \cdot Ke^{-rt}$: Establece el valor que debe ser financiado a la tasa libre de riesgo y para la opción que es réplica.

La diferencia obtenida entre el costo de la cartera réplica [$N(d_1) \cdot S$] con el valor que se debe financiar la misma, $N(d_2) \cdot Ke^{-rt}$, determina el costo de la cartera réplica.

Bajo las anteriores situaciones, el modelo de Black Scholes es una relación de arbitraje, en la que el valor de la opción se iguala al precio de mercado de una cartera réplica.

2.5 Programa R-Project

Suárez y Rojas (2013) sostienen lo siguiente, acerca del programa R-Project “...es un lenguaje de programación con el que se puede analizar un conjunto de información estadística referida a diferentes áreas del conocimiento como finanzas, mercados... además, permite el análisis de datos que van desde la estadística descriptiva, hasta llegar a estudios mucho más complejos como: análisis multivariado; series de tiempo, regresión múltiple, diseño de experimentos, estadística no paramétrica, estimación bayesiana, optimización, finanzas y muchos otros temas más” (p. 11).

Metodología

3.2 Metodología de Análisis y Síntesis

Se obtiene la información que permitió identificar el curso adecuado al momento de la construcción del marco teórico, con el fin de llegar a construir un script en el programa R-Project que hizo posible la aplicación a la valoración de opciones y se adecuó a las diversas situaciones que se podían presentar. El proceso desarrollado fue el siguiente (basado en Metodología de la investigación de la Universidad Autónoma de México):

- Descripción: Identificación de todos los elementos que hacen parte de la problemática, el mercado de las opciones, su funcionamiento y el manejo del programa R.
- Examen crítico: Se efectuó una revisión de la literatura que incluyó una exploración rigurosa de cada una de las partes que intervienen en la problemática, lo que permitió su descomposición y enumeración. Se utilizaron las bases de datos que facilita la Universidad Nacional de Colombia, trabajando en artículos con las siguientes características: texto completo, publicación académica, artículo menor de 20 páginas, en Inglés y Español. Adicionalmente, se realizaron algunas consultas

en textos impresos.

- Clasificación: Se estudiaron las opciones con el fin de clasificar e identificar los métodos de valoración, facilitando el seguimiento del fenómeno analizado, reconociendo características, detalles, comportamientos y así fue posible adecuarlo a las exigencias del programa R-Project.
- Conclusión: Se genera el script, se corre y se ilustra su manejo.

Resultados

A continuación, se ofrece y aclara el script hecho en R-Project, con el cual se obtiene el valor teórico de la Opción, utilizando un ejemplo hipotético, (la información en cursiva y en negrilla corresponde a instrucciones del programa):

Un contrato establece que se pueden comprar paquetes de 100 acciones de Ecopetrol a un precio fijo de \$4300, suponga que el derecho puede ser ejercido dentro de 3 meses, la tasa libre de riesgo anual es de 2% y las acciones en el mercado están a \$4135.

La información básica requerida para hacer la valoración y la manera como se denota en el programa, es la siguiente:

S	: Precio subyacente.
E	: Precio ejercicio.
t	: Tiempo en años.
r	:Tasa libre de riesgo.
Vp	: valor prima.
C	: Valor teórico de la opción.
sigma	: Volatilidad.
N	: Número de acciones.

Se toma el valor de cierre de las acciones de Ecopetrol durante el 11 noviembre de 2010 al 14 de Febrero de 2014, se calcula el rendimiento y la desviación estándar obteniendo el rendimiento diario. Para establecer el valor anual, se multiplica la volatilidad diaria por la raíz cuadrada de 252, asumiendo que las bolsas negocian 252 días en el año y el radical obedece a las propiedades que presenta la varianza. Se tiene lo siguiente:

“Datos básicos”

<i>Sigma</i> <- 0.2313479	# Valor de la volatilidad anual.
<i>t</i> <- 3/12	# Tiempo en el que puede ser ejercido el derecho, medido en años.

```

r <- 0.02           # Tasa libre de riesgo anual.
S <- 4135           # Precio del subyacente.
E <- 4300           # Precio del ejercicio.
N <- 100            # No de acciones negociadas
    
```

“Cálculos”

```

D1 <- log(S/(E*exp(-r*t)))/(sigma*(t^0.5)) + sigma*(t^0.5)/2
D2 <- D1 - sigma*(t^0.5)
ZD1 <- pnorm(c(D1), mean = 0, sd = 1)
ZD2 <- pnorm(c(D2), mean = 0, sd = 1)
C <- ZD1*S - ZD2*E*exp(-r*t)
C
    
```

El resultado que arroja R- Project es: 130.62

El valor teórico de una opción sobre la acción de Ecopetrol es de \$130,62, el lote de las 100 acciones será \$13.062. Con la ayuda de R-Project es posible efectuar cálculos para analizar la incidencia de los parámetros en el valor de la opción; en las conclusiones, se encuentra el análisis y, en el anexo, se ofrece el script con las instrucciones que permitieron obtener los resultados.

Conclusiones

Influencia de los parámetros en el valor de la opción

El cuadro No.1 presenta la información del valor de la opción ante variaciones en la tasa libre de riesgo y el precio del ejercicio si los demás componentes permanecen constantes. Es claro, como ante la disminución del precio del ejercicio, aumenta el valor de la opción. También es posible observar, que ante un precio de ejercicio constante, y un incremento en la tasa libre de riesgo, el valor de la opción aumenta lentamente.

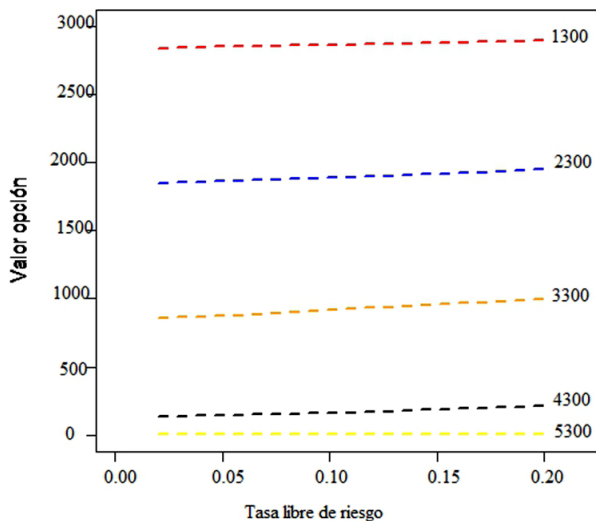
Tabla No1. Análisis de sensibilidad

Precio de ejercicio	Tasa libre de riesgo				
	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
2300	1846.47	1863.57	1891.79	1919.65	1947.17
3300	855.13	879.07	918.74	958.11	997.14
4300	130.58	142.55	164.04	187.48	212.84
5300	3.46	4.12	5.46	7.17	9.32
6300	0.02	0.03	0.05	0.07	0.1

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 1, representa la información del cuadro No1, evidenciando, cómo el valor de la opción alcanza su cifra más alta cuando el precio del ejercicio toma su menor valor y la disminución que sufre por aumentos en el valor del ejercicio. En lo que respecta a las variaciones de la tasa libre de riesgo, el valor de la opción aumenta lentamente cuando la tasa se incrementa.

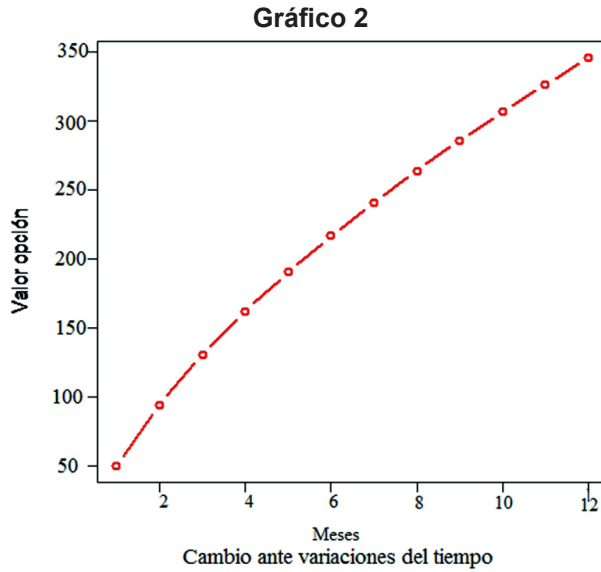
Gráfico 1. Análisis de Sensibilidad



Valor Opción por variaciones del precio ejercicio y tasa libre de riesgo

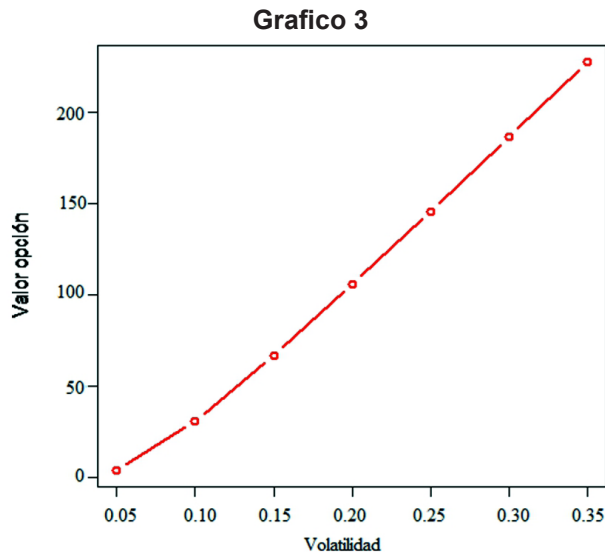
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 2, representa los incrementos en la unidad de tiempo cuando son constantes los demás parámetros; allí, se observa que la función es creciente de forma cóncava y cómo aumenta el valor de la opción, ante incrementos mensuales de la unidad de tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 3, representa las variaciones del valor de la opción ante cambios en la volatilidad, la función es creciente de forma convexa, notándose, como ante variaciones en la volatilidad, el valor de la opción aumenta en mayor proporción.



Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- Ávila, D. & Millán, C. (2004). *Modelo Black-Scholes-Merton, para la toma de decisiones financieras*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Castillo J. L. (2012). El modelo de Black Scholes de valoración de opciones financieras. Trabajo Final de Grado, Grado de matemáticas, Facultad de matemáticas, Universidad de Barcelona.
- De Lara, A. (2005) *Medición y Control de Riesgos Financieros*. México: Editorial Limusa, Tercera Edición.
- De Lara, A. (2005) *Productos Derivados Financieros, Instrumentos, valuación y cobertura de riesgos*. México: Editorial Limusa.
- Esquivel, R. Correa, E. (2008) Modelos de crisis y el uso de los instrumentos financieros derivados. *Revista latinoamericana de economía*, 39 (55), 11-27.
- Fernández, P. L. & Pérez, M. (2003). *Opciones Financiera y Productos Estructurados*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U. Faresco, S.A.
- Hernández, L. (2003) *Los Riesgos y su Cobertura en el Comercio Internacional*. Madrid: FC Editorial.
- Hull, J. (2009) *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones*. México: Editorial Pearson, sexta Edición.
- Jiménez, M. & Zabala, G. (2010) *Uso De Derivados Para El Cubrimiento De Riesgo Operativo Y Crediticio En Empresas Manufactureras En Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Kozikowski, Z. (2009) *Finanzas Internacionales*. México: Mc Graw Hill.
- Mascareñas J. (2012). *Mercado de derivados financieros: Futuros y Opciones*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- O'conor. S. (1992) Factores de desarrollo del mercado de derivados: la experiencia de Canadá. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos. *Revista monetaria*, 123- 175.
- Siems, F. (1996) Los derivados financieros: ¿se justifican nuevas regulaciones? Boletín del CEMLA, 18- 28.
- Suárez, J. F. & Rojas, R. (2013). *Fundamentos Básicos para manejo de R en estadística descriptiva*. Impreso en la Sección de Publicaciones e Imagen de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Ricardo Alfredo Rojas Medina

rarojasm@unal.edu.co

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Especialista en Evaluación Socio-económica de Proyectos, Universidad de Antioquia. Magíster en Investigación de Operaciones y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira

Daniel Tabares Peralta

daniel@umanizales.edu.co

Economista Universidad de Manizales. Docente investigador. Especialista en Política Económica, Universidad de Antioquia. Especialista en Evaluación Socio-Económica de Proyectos de Inversión, Universidad de Antioquia. Magíster en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Estudiante Doctorado en Desarrollo Sostenible, Universidad de Manizales. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Profesor Titular Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables. Docente en los programas de Economía, Administración de Empresas, Especialización en Gerencia Estratégica de Proyectos, Maestría en Administración, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

Mónica Viviana Arango

mvarangoo@unal.edu.co

Estudiante de Administración de Empresas en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Participante del Semillero de Investigación en Simulación Financiera. Estudiante becario en el Área de Finanzas, en Contabilidad y Costos.