Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar
Noviembre-Diciembre, 2023, Volumen 7, Número 6
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9150

Opciones en Acciones Americanas Call con Dividendos: Aproximación Según Volatilidad Histórica e Implícita de los Modelos de Barone-Adesi y Whaley, Black-Scholes y Binomial

Jose Antonio Arnez Gutierrez [1]
Jarnez.g@ucb.edu.bo
https://orcid.org/0009-0004-3198-7765
Universidad Católica Boliviana San Pablo
Estado Plurinacional de Bolivia
Bolivia

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados comparados de modelos de valoración de compra de opciones en acciones que pagan dividendos a una tasa constante, por aproximación de Barone-Adesi y Whaley, binomial americano y Black-Scholes, tomando como parámetro a la volatilidad histórica e implica. El objeto de estudio es una empresa de categoría: “Aristócratas del dividendo” para opciones, que forman parte del S&P 500 y que pagan e incrementan anualmente su dividendo por acción sin interrupciones por más de 25 años. Los modelos propuestos gozan de amplia difusión y aplicabilidad tanto en el ámbito académico como para inversionistas entendidos con las ventajas de comprar o vender opciones sean de tipo europeo o americano. Los resultados obtenidos aplicando la constante de volatilidad histórica, y tasa libre de riesgo a un mismo periodo de vencimiento, pero con más de 29 strikes diferentes de la misma opción, fueron cotejados con el valor teórico propuesto y calculado por el bróker, que incluyen su volatilidad implica a cada contrato de opciones del mismo periodo de vencimiento; las diferencias son mínimas casi nulas otorgando validez sobre la aplicación comparativa de los modelos propuestos.

Palabras Clave: volatilidad; dividendo; opciones americanas

[1] Autor principal
Correspondencia: Jarnez.g@ucb.edu.bo

Options on American Stock Dividend Calls: Historical and Implied Volatility Approximation of the Barone-Adesi and Whaley, Black-Scholes and Binomial Models

ABSTRACT

This paper presents the comparative results of valuation models for the purchase of options in stocks that pay constant dividends, Barone-Adesi and Whaley approximation, American binomial and Black-Scholes, taking historical volatility and implies as a parameter. The object of study is a company in the category: "Dividend Aristocrats" for options, which are part of the S&P 500 and that pay and increase their dividend per share annually without interruption for more than 25 years. The proposed models are widely disseminated and applicable both in the academic field and for investors who understand the advantages of buying or selling options, whether European or American. The results obtained by applying the historical volatility constant, and risk-free rate to the same expiration period, but with more than 29 different strikes of the same option, were compared with the theoretical value proposed by the broker, which include its implied volatility to each options contract of the same expiration period; The differences are minimal, almost non-existent, giving validity on the comparative application of the proposed models.

***Keywords*:** volatility; dividend; american options

Artículo recibido 20 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 30 diciembre 2023

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigacion pretende determinar la aproximacion de valores de compra (call) de las acciones con opciones de tipo americano que pagan dividendos, considerando como objeto de estudio una de las empresas llamadas "aristocratas" para asi asegurar sus retornos con un riesgo aceptable, medible y conocido según su volatilidad a traves de tres modelos. La importancia de conocer la aproximacion comparada de Barone-Adesi-Wahley, con las bases fundamentales de Black-Scholes y corroboradas con el modelo de arbol binomial otorgan una relevancia comparativa en sus resultados. En la valuación de opciones que se cotizan en las Bolsa de Valores reconocidas como la Chicago Board Options Exchange (CBOE) y otras como la American Options Exchange (AOE), además de las que se encuentran en los mercados Over The Counter (OTC) son las de tipo americanas, mismas que tienen la particularidad de poder ejercer en cualquier momento de la vigencia del contrato de compra/venta, a diferencia de tipo europeas, lo que significa que el valor adicional que tienen estas acciones por la flexibilidad hacia el inversor.

Las opciones americanas, subraya (Venegas F, 2015) así como las exóticas (llamadas así por su mayor nivel de complejidad en relación a opciones americanas simples) están orientadas a los subyacentes como divisas y tasas de interés para este último (Venegas F, 2015) resalta la participación del modelo de Vasiseck de tasa corta, mientras que las exóticas incluyen índices bursátiles, futuros y títulos de capital, se considera que las opciones exóticas con mayor preferencia de los inversionistas son las opciones sobre opciones o compuestas. Por otro lado, las opciones de barreras en índices bursátiles son menos costosas y también gozan de la preferencia, en divisas, tasas de interés y commodities.

En la literatura moderna existen soluciones aproximadas de cálculo de opciones americanas, pero no hay una formulación exacta sobre la misma según (Lamothe, 2003) estas presentan limitaciones en la volatilidad como una constante, y las tasas libres de interés a distintos plazos.

Para comprender a la volatilidad como una medida de análisis cuyo énfasis en la incertidumbre hacia el futuro valor del activo subyacente, mismas que pueden ser históricas, implícita y estocástica, siendo que la inversión en acciones que pagan dividendos es una manera de obtener una rentabilidad extra, lo que amerita un cálculo y elección cuidadosa del modelo a seguir para determinar el call según fecha de vencimiento, queda intrínsecamente notorio que además de ciertos costos adicionales también los riesgos potenciales que surgen son evidentes.

El modelo Cox, Ross y Rubinsteins (CRR) (Acosta Rueda, 2020) expone su aplicación tanto a opciones de tipo europeo o americano aun con aquellas de distribución long-normal, normal y con asimetrías - curtosis, otorgan un nivel de confianza debido a su posición neutral al riesgo traducida como la medida de probabilidad a la cual el valor esperado del activo en t=1 sea descontado a t=0.

En la construcción de árboles de decisión de tipo binomial, los coeficientes de ascenso (u) y descenso (d) se estiman considerando la volatilidad como una constante, así expone (Milanesi G. , 2013) considerando a la vez a la tasa libre de riesgo de la misma manera.

El modelo de Barone Adesi y Whaley (BAW) propuesto consiste en descomponer el precio de la opción (call o put) en el precio de una de tipo europeo y el premio o prima ejercerlo por anticipado, para recién aplicar el modelo de BS con el uso de ecuaciones diferenciales parciales de segundo orden, partiendo de q como una tasa instantánea de pago de dividendos según (Whaley, 1987) se incluye dos parámetros previos de análisis con una volatilidad determinada previamente, esta variable para (Gonzales, 2015) es crucial y su determinación o calculo requiere de un análisis matemático estadístico pertinente al caso.

METODOLOGIA

Esta investigación ha sido realizada con el método Experimental descriptiva y explicativa, cuya valoración comprende los resultados comparados entre modelos de un contrato de opción en acciones de compra que pagan dividendos. El objeto de estudio es una de las 64 empresas llamadas Aristócratas que forman parte del S&P 500.

En el ámbito de la valoración de opciones sobre acciones de tipo americanas se basa en el modelo de Black-Scholes, que tiene en cuenta varios factores como el precio actual de la acción, el precio de ejercicio de la opción, la volatilidad del activo subyacente, la tasa libre de riesgo y el tiempo hasta la expiración de la opción, que aunque tenga muchos detractores por la robustez de las variables tasa de interés y volatilidad, su aplicación, extensión y practicidad aun esta en vigencia, siendo que se tiene una diversidad de métodos que van desde difusiones de calor, ecuaciones diferenciales, y otros.

Las opciones en acciones que presentan pago de dividendos según (Hull, 2009) tienen un efecto de restar el precio de la acción en fecha de ex dividendo, siendo esta posición negativa para opción call, pero lo contrario para opciones Put, se entiende que la fecha en que se paga el dividendo es la fecha ex dividendo, consecuentemente disminuye el precio de la acción al importe del dividendo resultante.

Para (Venegas F, 2015) en la valoración de opciones con información a priori se requiere un análisis de volatilidad del mercado debido a que mantienen un comportamiento estocástico bajo un enfoque de Movimiento Geométrico Browniano de tipo Orstein-Uhlembec.

Esta variable requerida en el modelo de Black-Scholes con pago continuo de dividendos cuya política Dt es en forma determinista y continua a una tasa constante q>0 expresada en términos de dDt = qStdt, en la misma teoría presenta la posición neutral al riesgo cuyo desglose de la función de densidad también puede ser calculado por ecuación diferencial parcial según (Venegas, 2008, pág. 243) que explica cómo llega a la valoración de d_1 incluyendo la tasa q de dividendo constante

$$= \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln({}^{SO}/_{\mathrm{S}}\,t) - \left(y \cdot \frac{1}{2}\theta^{z}\right)(T-t)}{\theta\sqrt{T-t}}\right)^{2}\right]$$

$$= \exp(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(so\,/\,st) - \left(r - q - {}^{1}/_{2}\,\theta^{2}\right)(T-t) - (u+q-r)(T-t)}{\theta\sqrt{T-t}}\right)^{2}$$

$$= \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{Ln}(s_0/st) - \left(r - q - \phi^{z}/_{2}\right)\overline{T} - t}{\sigma\sqrt[2]{T-t}}\right)^{2}\right] \qquad x$$

$$= \exp\left[\left(\frac{\mathrm{Ln}(s_0/st) - \left(r - q - \phi^{z}/_{2}\right)\overline{T} - t}{\sigma}\right)\right] * \frac{u+q-r}{\sigma}\,(t-t) * \quad \exp -\frac{1}{2}\left(\frac{u+q-r}{\sigma}\right) 2(t-t)$$

$$=\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(So/St) - (r - q - \sigma/2)(T-t)}{\sigma\sqrt[0]{T-t}}\right)^{2}\right] x$$

$$= \exp\left(\frac{\ln(So/st) - \left(u + r - \frac{\theta^{2}}{z}\right)(T-t)}{\sigma}\right)\left(\frac{u+q-r}{\sigma}\right) x$$

$$= \exp\left[\frac{1}{2}\left(\frac{u+q-r}{\sigma}\right)^{2}(T-t)\right]$$

$$= \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(So\,/\,St) - \left(r - q - \frac{\sigma^{2}}{2}\right)(T-t)}{\theta\sqrt{\overline{i} - t}}\right)^{2}\right) e^{xwT-t} - e^{\frac{1}{2}}\lambda^{2}T - t$$

$$d_1 = \frac{L_n(st\,/\,k) + \left(r - q + \frac{\sigma^{z}}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt[2]{T-t}}$$

Según los supuestos anteriormente descritos, para (Neftci, 2008) argumenta como solución fundamental la convexidad de los pagos de las opciones implica un arbitraje, sobre movimientos de St respecto a cambios de t en el mismo periodo, lo que denomina ganancias o pérdidas.

El modelo de Black-Scholes puede aplicarse bajo el supuesto que el precio de la acción se reduzca en el valor presente respecto al dividendo en la vida del contrato de la opción, otorgando el descuento desde la fecha ex dividendo a la tasa libre de riesgo, consecuentemente los dividendos en términos monetarios no porcentuales se incluirán si ex dividendo ocurre durante todo el periodo de vigencia de la opción. En esta posición neutral al riesgo, subraya (Montero, 2023) la indiferencia del inversor frente a la elección de posibilidades con el mismo beneficio esperado

Para (Hull, 2009) la volatilidad se expresa como So / (So-D) veces, siendo D el valor presente de los dividendos restantes y So es el precio de la acción, entonces esta aproximación consiste en calcular dos precios de opciones europeas: a) una que vence al mismo tiempo que la opción americana, y b) que vence justo antes de la fecha de ex dividendo en todo el periodo de vigencia de la opción.

Aplicando un modelo de tiempo discreto en opciones americanas (Climent, 2014) señala la influencia de factores a tomar en cuenta en su valuación: exógenos como precio del subyacente, volatilidad, tasa libre de riesgo, mientras que los endógenos son el precio de liquidación y tiempo de vigencia, además expone que el valor resultante estará en los límites inferiores y superiores.

Para (De Jesus, 2023) en un estudio comparado sobre la volatilidad comparada establece que el valor implícito, es más relevante que la estimada con datos históricos, adicionalmente subraya que el VIX de S&P 500 es también determinante en la predicción de los rendimientos en las acciones, además fortalece el uso de modelos GARCH con una aproximación más analítica pero costosa en términos de parámetros de cálculo.

En una solución de opciones americanas con valoración numérica y cálculo de frontera de valores críticos (Camaño, 2007) expone la dificultad de la función y la estrategia optima de ejercicio anticipado, con paradas optimas hasta frontera libre bajo la ecuación de Black Scholes, ofreciendo alternativamente el uso de binomiales en la solución.

Barone-Adesi-Whaley

La propuesta consiste en descomponer el precio de la opción call/put aplicando el modelo de Black-

Scholes como una europea, y en este análisis se incluyen las ecuaciones diferenciales reduciendo a una expresión de segundo orden, así se proporciona una aproximación, para esta valuación se explica (Venegas, 2008).

Para una interpretación de la valuación de las opciones americanas se aplica el movimiento geométrico Browniano neutral al riesgo, es dado por dSt = rSdt + σ St dWt, siendo "r" la tasa de interés constante y libre de riesgo de incumplimiento, dando lugar a dD = q Sdr, al valor "q" dividendos en tasa instantánea de pago, además el periodo de vencimiento esta expresado por t= T-t.

El modelo de Barone- Adesi yWhaley (BAW) en la valoración de las opciones requiere la incorporación de dos parámetros por el premio anticipado (Barone G, 1987), $M= 2r\sigma^{-2}$ y también $N= 2(r-q)\sigma^{-2} - 1$, condiciones necearías para la aproximación de una opción de compra dado por t→ ∞ , siendo entonces que 1-g tiende a 0 consecuentemente:

$g = 1- e^{-rt}$

El modelo propuesto por BAW, tiene una condición cuadrática que explica la presencia de dos escenarios de q, es decir (q_1 para PUT, q_2 para CALL), resultados que se convocan en el proceso mas adelante:

$$q1= -N - \frac{\sqrt{N^2+4(\frac{M}{g})}}{2} \quad \text{y} \quad q2= -N + \frac{\sqrt{N^2+4(\frac{M}{g})}}{2}$$

Para (Venegas, 2008) es importante notar que M =g > 0 implica $q_1 < 0$ y $q_2 > 0$. Además, ambas raíces q_1 y q_2 dependen de "g" siendo esta la resultante del interés y el plazo de ejecución previo al vencimiento , característica de una opción de tipo americana; así también explica que en este modelo se sigue la siguiente secuencia de ecuaciones, tomando debido cuidado de la interpretación de t→ ∞ por lo tanto se tiene:

$$S^* (\infty) =\frac{K}{1-2\,(-N+\sqrt{N^2+4M})-1},$$

S* (∞) es la valoración del precio actual descontado a valor presente por los parámetros m y N, respectivamente; esta expresión nos permite obtener la posición de h_2 para call y h_1 para PUT sobre la lógica de descontar la tasa de interés menos la tasa de dividendo, afectada por la volatilidad.

$$h2 = -(r-q)t + 2\sigma\sqrt{t})\frac{K}{S*\,(\infty)-K} \quad \text{y}\; h1 = -(r-q)t - 2\sigma\sqrt{t})\frac{K}{S*\,(\infty)-K}$$

seguidamente el modelo exige calcular el valor actual modificado según:

$S_1 = K + (S^*(\infty) - K)(1 - e^{h2})$

En este punto se toma como valido el modelo de Black-Scholes reemplazando So con S*, para ello se tiene que aplicar esta fórmula previamente , así lo demuestra (Climent, 2014),

$d_1\ (S_1) = \frac{\ln\left(\frac{S_1}{K}\right) + (r - q + 0.5\sigma 2)t}{\sigma\sqrt{t}}$ y $d_2 = d_1\ (S^*) - \sqrt{t}$

Se obtiene la Nd1 y Nd2, de la distribución normal acumulada, para (Venegas, 2008) puede ser determinado mediante un proceso iterativo, el resultado del mismo requiere un último parámetro de cálculo este es el siguiente A_2 para Call y A_1 para PUT:

$A_2 = S_{1/}q_2\ (1 - e^{-qt}Nd1(S_1)$ y $A_1 = -\ S_{1/}q_1\ (1 - e^{-qt}N(-d1)(S_1)$

Esta condición deriva en un análisis de:

C(St, T) =	C_{BS} (St, t) +A_2 (St / S_1) ^{q}2	ssi	St< S_1
	St-K	ssi	St >= S_1

Lo anterior denota que el modelo de BAW, tiene convergencia directa al modelo de Black-Scholes, es decir que:

$C_{BAW} = S\ e^{-\sigma t}\ Nd1 - K\ e^{-rt}\ Nd2 + A_2\ (St / S_1)^{q2}$

Para la Opción PUT, el modelo aplica la misma lógica solo que se debe cambiar las variables que se detallan a continuación puesto que el efecto sobre la posicion

P(St, T) =	P_{BS} (St, t) +A_1 (St / S_1) ^{q1}	ssi	St> S_1
	K-St	ssi	St <= S_1

$P_{BAW} = K\ e^{-rt}\ N\text{-}d2 - S\ e^{-qt}\ N\text{-}d1 - A_1\ (St / S_1)^{q1}$

Black-Scholes

En las aproximaciones de Black-Scholes de una opción americana que paga dividendos, (Hull, Introduccion a los mercados de futuros y opciones, 2009) sugiere alternativamente aplicar como si fueran opciones europeas realizando el cálculo de dividendos (en términos monetarios no tasa de dividendo) a valor presente:

$Div_o = Div\ t\ e^{-rt1} + Div\ t\ e^{-rt2}$

Este se descuenta de $So^* = So - Div_o$ siendo este el que incluirá en el cálculo para d_1

Por otro lado, se sugiere aplicar hasta la fecha de primer ex dividendo

$Div_o = Div\ t\ e^{-rt1}$

Seguidamente descontar $So^* = So - Div_o$ siendo que para d_1, considerar que T-t será el tiempo restante previo al último vencimiento (no considerar t como plazo del primer dividendo), en este punto de manera iterativa se debe tomar la mayor cifra entre el resultado de este último versus cuando la opción se ejerce al vencimiento (europea),

Para (Hull, 2009) en las opciones compra americana sobre acciones con pago de dividendos en términos monetarios puede también expresarse la conveniencia desde el análisis del ejercicio anticipado antes de la fecha ex –dividendo (t_n) , siendo entonces la aproximación del inversionista: $S(t_n) - K$, considerando que St es el precio de la acción en fecha t. Ahora si por alguna razón la opción no se ejecuta el precio baja $S(t_n)$- Drf (D=dividendo), entonces tenemos:

$S(t_n) - Drf - Ke^{-r(t-tn)} >= S(t_n) - K$

Se tiene dos caminos, la primera es no ejercer la opción en la fecha tn, y otra ejercer en fecha (t_n), es decir:

$Dn <= K(1-e^{-r(t-tn)})$ y $Dn > K(1-e^{-r(t-tn)})$

Esta aproximación denota que lo óptimo es ejercer la opción call en la fecha tn para obtener un valor más alto de St_n,

Árbol Binomial de Cox, Ross y Rubinstein (CRR)

Existe una amplia conceptualización del modelo binomial, así lo expone (Cox, 1979), las ramas representan las posibles trayectorias que puede tomar de forma ascendente y descendente durante la vida de la opción. Para una correcta aplicación de los datos sujetos de estudio se utilizó el software DERIVAGEM propuesto por (Hull, 2009), tomando debido cuidado en la inclusión del dividendo en términos monetarios y el periodo de vencimiento, construyendo el árbol a tres tiempos mínimo.

Este modelo binomial y Black-Scholes convergen fundamentalmente en el teorema del límite central, de la distribución normal a la binomial cuando el número de repeticiones tiene a infinito así lo expone (Venegas, 2008), con enfoque probabilístico para calcular el valor esperado del pago.

El uso de herramientas estadísticas aplicadas a cuatro modelos según (Leon, 2005): Black-Scholes (1973), Corrado-Su (1996a) corregido por Jurczenko, Maillet yNegrea (2002b), de Jondeau-Rockinger

(2001) y la mixtura de dos distribuciones log-normales de Bahra (1997). para calcular el valor de opciones americanas que se comportan como europeas concluye que en una condición OTM se puede sobrevalorar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caso de aplicación: valoración opción americana con dividendos

Las opciones con dividendos y rentabilidad históricas por encima la media en bolsa de valores son aquellos llamados «reyes» o «aristócratas» del dividendo, los primeros han demostrado un pago creciente y constante durante, al menos medio siglo de forma consecutiva, mientras que el segundo grupo son empresas con una historia de 25 años o más del aumento del dividendo. Ambos pertenecen al índice de Standars and Poors 500 dividend Aristocrats está compuesto por 64 compañías, mismas que para este propósito se escoge a CATERPILLAR INC., que paga dividendos desde 1925 y sostiene una volatilidad histórica de 33.46%, (Rankia, 2023)

La siguiente información es de importancia para comparar los resultados de aplicación de los modelos propuestos con fecha de vencimiento a 29 de diciembre de 2023:

Tabla Nº1. Datos de empresa objeto de estudio

Dividendo www.investing.com Caterpillar Inc.	2.03% = 5.20$/a
Beta	1.08
BPA	17.73
PER	14.47
Precio acción opción al 08.12.2023 22 días antes de ejecucion	259.43$us/acc (+6.04)
Tasa libre de riesgo de EEUU 10 años www.investor.com	4.209%

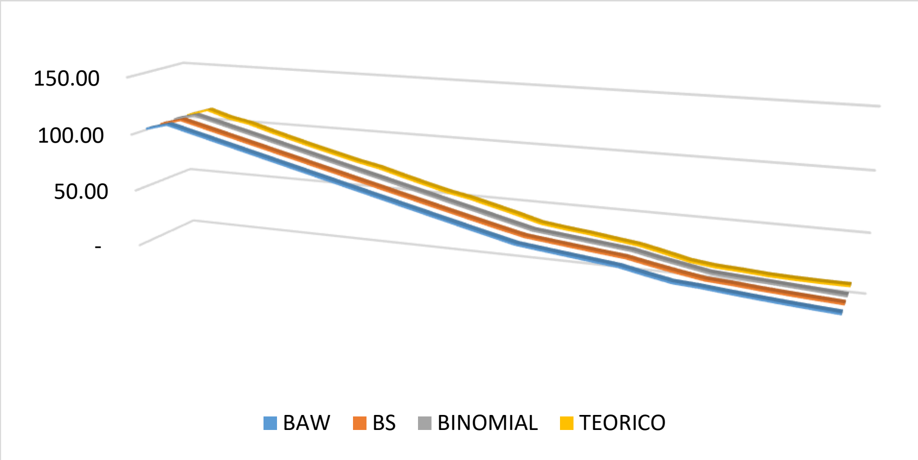
Fuente: www.investing.com, www.investor.com

La aplicación comparativa de los modelos propuestos presenta los siguientes resultados a distintos valores de strike, considerando una volatilidad histórica y constante como base para la aproximación de 33.46% anual, dato obtenido de www.investing.com relacionada a la información histórica y financiera de la empresa CATERPILLAR INC (CAT).

Los resultados para distintos niveles de strike a una misma fecha de vencimiento, muestran una mínima diferencia otorgando la preponderancia teórica sobre las variables involucradas como la volatilidad histórica, una tasa constante de dividendos declarada por el emisor y una tasa constante libre de riesgo.

Sin embargo, es preciso puntualizar que para la aplicación del modelo de BAW, esta mejora su resultado cuando k > So, puesto que caso contario el factor $A_2= S_{1/}q_2(1- e^{-qt}Nd1(S_1)$ genera un aumento incorrecto.

Grafico Nº 1 Comparación de call opción americana con 29 strikes
Vencimiento al 29 de diciembre 2023- Caterpillar Inc.,



Fuente: Elaboración propia

(*) La volatilidad implica se encuentra determinada por el Broker: www.investing.com

Se expone claramente que cuanto mayor sea el strike al precio actual del contrato los valores de call, irán disminuyendo puesto que se acerca la fecha de vencimiento, dando lugar a una relación directa entre riesgo y rentabilidad, la volatilidad implícita calculada por el broker (www.investing.com o también www.cboe.com) fue incluida de forma directa de la información expuesta.

Tabla Nº 2 Prima de opciones de tipo americano

CALL				
Strikes	**BAW**	**BS**	**Binomial**	**Teorico (*)**
145.0	104.48	104.53	104.78	104.68
150.0	109.50	109.52	109.78	110.75
155.0	104.51	104.53	104.79	104.78
160.0	99.52	99.55	99.80	101.00
165.0	94.53	94.57	94.82	95.18
170.0	89.54	89.59	89.83	89.85
175.0	84.55	84.60	84.84	84.65
180.0	79.57	79.62	79.85	79.70
185.0	74.58	74.64	74.86	74.85
190.0	69.59	69.66	69.87	70.75
195.0	64.61	64.68	64.89	65.20
200.0	59.62	59.71	59.90	59.90

205.0	54.64	54.76	54.91	54.85
210.0	49.67	49.83	49.92	50.95
215.0	44.73	44.96	44.93	45.90
220.0	39.83	40.16	39.95	40.80
225.0	35.00	35.47	34.97	35.15
227.5	32.63	33.19	32.79	32.48
230.0	30.31	30.95	30.62	30.28
232.5	28.02	28.76	28.44	27.45
235.0	25.77	26.64	26.27	24.81
240.0	21.55	22.60	21.92	20.42
245.0	17.62	18.87	18.14	15.62
250.0	16.32	15.50	14.41	13.13
252.5	14.38	14.26	13.12	12.05
255.0	12.61	12.52	11.89	10.59
257.5	10.99	11.17	10.65	9.89
260.0	9.54	9.93	9.42	9.55
262.5	8.23	8.78	8.19	9.52

Fuente: Elaboración propia
(*) La volatilidad implica se encuentra determinada por el Broker: www.investing.com

Los valores teóricos y calculados por los modelos tomados de bróker van modificándose a medida que se acerca la fecha de vencimiento, en todo caso si se requiere recrear los resultados estos deben ser aquellos de fecha 8 de diciembre de 2023.

DISCUSION

La opción compra de tipo americanas revisten una decisión de inversión más compleja que de tipo europeo, debido a que las mismas pueden ejercer antes de la fecha de vencimiento, pero adicionalmente asegurar un dividendo cuyo cálculo se complejiza a partir de la decisión de ejecutar antes del periodo de vencimiento. Además de la elección de una empresa que históricamente tenga esa característica competitiva de pago constante de dividendo realza las cualidades de los modelos expuestos.

Esta particularidad es motivo de análisis y aun se sustentan los modelos y cálculos sobre la base teórica de Black-Scholes tal como se expresa en el desarrollo matemático del modelo de Barone-Adesi y Whaley que sigue una característica de valoración más compleja, pero aterriza en similares valores con una sustancial diferencia en el orden cuadrático de los parámetros iniciales sobre volatilidad, tasa de riesgo y tasa de dividendo, así también queda demostrado que cuando el valor de strike es menor al valor actual la secuencia analítica termina sin considerar el valor de “A”, justamente por su condición cuadrática que afecta a los valores previamente calculados en la formulación del modelo, lo que hace interesante en análisis previo a la inversión

Adicionalmente en la complementación de los resultados obtenidos, el árbol binomial con dividendos otorga y refuerza mayor credibilidad al uso de la teoría de Black-Scholes con dividendos a tasa “q”, puesto que en cada nodo proyectado del subyacente se hace evidente la disminución del valor de ejecución debido al pago de ex - dividendo, asegurando de esta manera que la ejecución previa a fecha de vencimiento.

CONCLUSIONES

El modelo de Barone-Adesi y Whaley propuesto para valoración de las opciones de tipo americanas compra y venta respectivamente, propone un aporte basado en ecuaciones diferenciales por aproximación con funciones cuadráticas que permite afinar con mayor precisión el valor de call tomando una volatilidad histórica o implícita que no desvía de los valores propuestos y calculados por Black-Scholes, mas al contrario agudiza el resultado.

Es preciso señalar que los resultados no son concluyentes, ya que solo se consideró un caso de aplicación, a una sola fecha de vencimiento, pero a distintos strikes En síntesis, este trabajo aplico técnicas que permitan comparar y proponer una aproximación de resultados en la valoración de opciones de tipo americano con dividendos, fortaleciendo la importancia de la volatilidad histórica e implícita según cotizaciones de las acciones como plataforma de análisis y conclusiones.

Para finalizar, esta investigación plantea observar cuales los resultados de esta comparación en opciones call de tipo americano de acciones con dividendos a diferentes periodos, cuyo principal desafío será interpretar las posiciones de Barone-Adesi y Whaley, considerando el cálculo preliminar del VIX, y si este indicador de volatilidad es determinante en empresas con dividendos constantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta Rueda, K. (2020). Valoracion de opciones financieras call en contexto de no normalidad, bajo la aproximacion de Edgeworth. *ODEON*(19), 99-152 . doi: https://doi.org/10.18601/17941113.n.19.05

Barone G, W. R. (1987). Efficient Anaytic Approximation of American Option Values. *The Journal of Finance*, 301-320.

Black, F. y. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 637-59.

Camaño, A. (2007). Opciones americanas, valoración numérica. *Dialnet*, 44-91.

Climent, J. (2014). La ecuacion de segundo grado en la estimacion de parametros de la martingala y la valuacion de opciones americanas a traves de la programacion estocastica. *Estocastica: Finanzas y Riesgo*, 155-189.

Collan, M. F. (2009). Fuzzy pay-off method for real option valuation. *Journal of Applied Mathematics and Decision Systems*, 1-14.

Cox, J. R. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 229-263.

De Jesus, R. (2023). El uso de la volatilidad implícita en el modelado de la varianza condicional puede mejorar la prediccion de la volatilidad y la estimacion del var y cvar. *Nueva epoca*, 173-198.

Gonzales, M. S. (2015). Opciones reales aplicadas en redes integradas de servicios de salud empleando diferentes metodos de estimacion de la volatilidad. *Estudios Gerenciales*, 287-298.

Hu Cao, A. (2018). *Valoracion de Opciones americanas sobre el VIX mediante el metodo Last-Squares MonteCarlo.*

Hull, J. (2009). *Introduccion a los mercados de futuros y opciones.* NAUCALPAN DE JUAREZ, MEXICO: PEARSON.

Hull, J. (2009). *INTRODUCCION A LOS MERCADOS DE FUTUROS Y OPCIONES.* NAUCALPAN DE JUAREZ, MEXICO: PEARSON.

Lamothe, P. (2003). *Opciones Financieras Un enfoque fundamental.* Madrid: Fareso S.A.

Leon, S. (2005). Modelos alternativos de valoraciónde opciones sobre acciones: una aplicaciónal mercado español. *DialNet*, 33-50.

Macbeth, J. D. (1980). Test of the Black-Scholes and Cox Call Option Valuation Models. *Journal of Finance 35*, 285-300.

Milanesi, G. (2013). Valuacion de opciones reales: Analisis comparativo entre modelo binomial y version borrosa. *Depto. Ciencias Administracion-Uniersidad Nacional del Sur Argentina*, 78-97.

Milanesi, G. y. (2014). Momentos Estocasticos de orden superior y la estimacion de la volatilidad implicita: aplicacion de la expansion de Edgeworth en el modelo Black--Scholes . *Estudios Gerenciales, 30 (133)*, 336-342.

Montero, G. (2023). *EQUILIBRIO Y OPCIONES EN.* Repositorio Institucional [Universitat de Barcelona], [Trabajo final de grado], Barcelona. Obtenido de http://hdl.handle.net/2445/198780

Neftci, S. N. (2008). *INGENIERIA FINANCIERA.* MEXICO DF: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Rankia. (02 de 12 de 2023). *Rankia.* Obtenido de www.rankia.com: https://www.rankia.com/acciones/caterpillar-inc-cat#datos-producto

Rydberg, T. (2000). Realistic Statistical Modeling of Financial Data. *International Satatistical Review*, 233-258.

Triola, D. (2018). *ESTADISTICA.* Ciudad de Mexico: Pearson.

Venegas F. (2015). Una guia completa para economistas en la valuacion de opciones. *ReserchGate*, 155-212.

Venegas, F. (2008). *Riesgos financieros y economicos.* Santa Fex, Mexico: Cengage Learning Editores.

Whaley, B.-A. a. (1987). Efficient Analytic Approximation of American Option Values. *The Jorunal of Finance*, 301-320.