

ENFOQUE DE VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA DEL MODELO DE HESTON EN FONDOS DE INVERSIÓN COTIZADOS (ETF's)

STOCHASTIC VOLATILITY APPROACH TO THE HESTON MODEL IN EX-TRADED MUTUAL FUNDS (ETF's)

GENJIS ALBERTO OSSA GONZÁLEZ¹

 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8194-0859>

¹Universidad Popular del César
E-mail: gossa@unicesar.edu.co

MIRIAM ROJAS RODRÍGUEZ²

 ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5839-0086>

²Universidad Popular del Cesar
E-mail: miriamrojas@unicesar.edu.co

RESUMEN

En el estudio mencionado, se modelaron la tasa de crecimiento y la volatilidad diaria de un conjunto de fondos cotizados (ETF) en un período que abarcó desde 2018 hasta 2023. En primer lugar, se llevaron a cabo labores de organización de los datos con el propósito de obtener los parámetros iniciales necesarios para el análisis. Posteriormente, se empleó la técnica de estimación de máxima verosimilitud en combinación con los datos correspondientes a cada ETF con el fin de calibrar los parámetros del modelo de Heston. Concluyendo este proceso, se utilizó dicha calibración de parámetros para llevar a cabo la simulación de 1000 trayectorias para cada ETF, durante un período que abarcó un año bursátil. El estudio arrojó resultados notables, destacando que el ETF SOXL exhibió el mejor desempeño anual, mientras que el ETF XLF mostró el desempeño más bajo en este aspecto. Los ETF LABU, FXI, IWM y SOXL sobresalieron por ser más volátiles y presentaron correlaciones negativas con respecto a sus índices subyacentes. Por otro lado, los ETF PSQ, OLK.IL y XLF demostraron ser menos

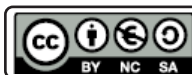
PALABRAS CLAVE

Estocasticidad,
Volatilidad, Reversión
a la media, Heston,
Fondos cotizados.

Para citar este artículo | To cite this article

Ossa Genjis, A. & Rojas Rodríguez, M. (2024). Enfoque de volatilidad estocástica del modelo de Heston en fondos de Inversión cotizados (ETF's). Revista FACCEA, Vol. 14(1), 86-102pp. <https://doi.org/10.47847/faccea.v14n1a5>

Recibido/Received: 29/09/2023 | Aprobado/Approved: 22/01/2024 | Publicado/Published: 31/01/2024



Este artículo puede compartirse bajo la Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Revista FACCEA - Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas |
ISSN-e: 2539-4703 | Periodicidad: Semestral | Vol. 14, Núm. 1, enero - Junio 2024 |
Universidad de la Amazonia, Colombia
<https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/faccea>

volátiles y presentaron correlaciones positivas con sus índices subyacentes. Finalmente, el estudio reveló la existencia de oportunidades de inversión de riesgo reducido, incluyendo el ETF PSQ, caracterizado por su baja volatilidad, y el ETF SPY, que presentó una tasa de crecimiento moderadamente volátil pero positiva. Por otro lado, se identificaron activos con un mayor nivel de riesgo, como el ETF LABU, mostró una alta volatilidad, y el ETF SOXL, que exhibió una extrema volatilidad junto con una tasa de crecimiento negativa.

ABSTRACT

In the aforementioned study, the growth rate and daily volatility of a set of exchange-traded funds (ETFs) were modeled over a period spanning from 2018 to 2023. First, data organization work was carried out in order to obtain the initial parameters needed for the analysis. Subsequently, the maximum likelihood estimation technique was employed in combination with the data corresponding to each ETF in order to calibrate the parameters of the Heston model. At the conclusion of this process, the parameter calibration was used to carry out the simulation of 1000 trajectories for each ETF over a period of one stock market year. The study yielded remarkable results, with the SOXL ETF exhibiting the best annual performance, while the XLF ETF showed the lowest performance in this regard. The LABU, FXI, IWM and SOXL ETFs stood out as being more volatile and exhibited negative correlations to their underlying indices. On the other hand, the PSQ, OLK.IL and XLF ETFs proved to be less volatile and presented positive correlations with their underlying indices. Finally, the study revealed the existence of reduced-risk investment opportunities, including the PSQ ETF, characterized by low volatility, and the SPY ETF, which presented a moderately volatile but positive growth rate. On the other hand, assets with a higher level of risk were identified, such as the LABU ETF, which showed high volatility, and the SOXL ETF, which exhibited extreme volatility along with a negative growth rate.

KEYWORDS

Stochasticity, Volatility, Reversion to the mean, Heston, Exchange-traded funds.

INTRODUCCIÓN

Los mercados financieros se caracterizan por su complejidad y volatilidad inherentes, lo que hace que la fijación de precios y la evaluación de riesgos sean cruciales para los inversores y las instituciones financieras. El modelo de Heston, presentado por (Heston, S. L. 1993), ha surgido como un marco destacado para modelar la volatilidad estocástica en los mercados financieros, y ofrece una valiosa alternativa a los modelos tradicionales que asumen una volatilidad constante, proporcionando una representación más realista de la dinámica del mercado.

En una revisión sobre la evolución de este tipo de estudio, Merton, R. C. (1973) propuso que la volatilidad pudiera ser una función determinista del tiempo, lo que explicaría diferentes niveles de volatilidad implícita para diferentes vencimientos. Sin embargo, este enfoque no explicaba la persistencia de la forma de la sonrisa a lo largo del tiempo. Para abordar esta limitación, Dupire, B. (1994); Derman, E., y Kani, I. (1994); y Rubinstein, M. (1994) propusieron que el coeficiente de volatilidad dependiera tanto del tiempo como de las condiciones del mercado.

El siguiente paso fue permitir que la volatilidad fuera impulsada por un proceso estocástico, lo que condujo al desarrollo de modelos de volatilidad estocástica. Los pioneros en este campo fueron Hull, J., y White, A. (1987), Stein, E. M., y Stein, J. C. (1991), y Heston, S. L. (1993). Estos modelos son multifactoriales, y uno de los factores se encarga de la dinámica del coeficiente de volatilidad. Al introducir este componente estocástico, los modelos SV logran capturar la persistencia y la forma de la sonrisa de la volatilidad observada en el mercado de opciones.

Dentro de los modelos de volatilidad estocástica, se han propuesto diferentes mecanismos de conducción para el proceso de volatilidad. Algunos de ellos incluyen el uso de un proceso de movimiento browniano geométrico (GBM) o procesos de reversión a la media de tipo Ornstein-Uhlenbeck este enfoque supone que la volatilidad tiende a regresar a un nivel de equilibrio a lo largo del tiempo (Villamil, J. 2006). Es decir, si la volatilidad se desvía del nivel de equilibrio, hay una fuerza restauradora que la impulsa a volver a dicho nivel.

Es crucial enfatizar que los modelos SV han sido investigados y evaluados por numerosos académicos, incluidos Fouque, J. et al., (2000) y Gatheral, J. (2006). Sus aportes según Baltean, R. (2013) esta concentradas en el establecimiento de técnicas novedosas para la estimación y calibración de modelos SV, ampliaron la aplicabilidad de estos modelos a una variedad de activos financieros y derivados, y señalaron características empíricas importantes de volatilidad en su trabajo.

El modelo de Heston incorpora el concepto de volatilidad estocástica, reconociendo que la volatilidad en sí misma no es un parámetro constante sino un proceso dinámico que fluctúa con el tiempo (Marin, F., y Echeverri, L. C. 2013). Esta estocasticidad captura el fenómeno observado de niveles variables

de volatilidad, que es un impulsor clave de los movimientos de precios de los activos, así mismo este modelo se destaca de esta clase principalmente por dos razones. En primer lugar, el proceso de volatilidad no es negativo y revierte a la media, que es lo que observamos en los mercados (Janek, A. et al., 2011). Y segundo, al tener en cuenta esta volatilidad inherente, el modelo de Heston ofrece una descripción más precisa del comportamiento del mercado, lo que permite una mejor fijación de precios de opciones, gestión de riesgos y optimización de cartera.

Una de las características distintivas del modelo de Heston es su capacidad para captar el efecto de apalancamiento, que describe la relación negativa entre la rentabilidad de los activos y la volatilidad. Este efecto se ha observado empíricamente en los mercados financieros, donde los períodos de alta volatilidad suelen coincidir con movimientos a la baja en los precios de los activos (Agudelo, D. A. 2010). Al incorporar el efecto de apalancamiento, el modelo de Heston proporciona una comprensión más matizada de la interacción entre la volatilidad y la rentabilidad de los activos.

Además, el modelo de Heston introduce el proceso Cox-Ingersoll-Ross (CIR) para simular el comportamiento estocástico de la volatilidad. El proceso CIR, una extensión del modelo Vasicek, incorpora la reversión a la media, lo que permite que la volatilidad vuelva a su promedio a largo plazo (Olmedo, F. G., y Lamothe, P. 2010). Esta característica se alinea con la evidencia empírica que sugiere que la volatilidad tiende a fluctuar persistentemente alrededor de un cierto nivel a lo largo del tiempo (Karls-son, P. 2009).

Por consiguiente, el propósito de este documento es aplicar el modelo de Heston con fondos cotizados en bolsa (ETF), ya que brindan exposición a varias clases de activos e índices. En este artículo, se examina 8 ETF y se analiza sus características, volatilidad y desviación futura de precios. El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la metodología y datos, este documento en este apartado solo se limita a ofrecer una descripción de la obtención de los parámetros en términos simples. En la sección 3 se presenta los principales resultados. La sección 4 concluye.

METODOLOGÍA

Para la selección de datos en la aplicación y el desarrollo del modelo de Heston, se creó una base de datos longitudinal para cada una de las muestras, que incluía los precios de cierre de 8 ETFs negociados. La selección de los datos se llevó a cabo descargando la información correspondiente el 16 de febrero de 2023 desde la base de datos de Yahoo Finance. En total, se recopilaron 1259 datos por ETF, abarcando el período comprendido entre el 23 de abril de 2018 y el 20 de abril de 2023. En cuanto a la tasa libre de riesgo, se utilizó la tasa de la FED, incorporando esa tasa como el factor de descuento en el cálculo del drift del activo.

Tabla 1. Fondos cotizados.

Exchange Traded Funds	Nemo	Divisa
Direxion Daily S&P Biotech Bull 3X Shares	LABU	
ProShares Short QQQ	PSQ	
iShares China Large-Cap ETF	FXI	
SPDR S&P 500 ETF Trust	SPY	
iShares Russell 2000 ETF	IWM	
Direxion Daily Semiconductor Bull 3X Shares	SOXL	USD
VanEck Vectors ETF Trust - VanEck Vectors Gold Miners ETF	0LKC.IL	
Financial Select Sector SPDR Fund	XLF	

Fuente: Elaboración propia.

Este modelo (Heston) establece que los procesos que describen el precio y la volatilidad de una acción están regidos por el siguiente sistema de ecuaciones Diferenciales Estocásticas representadas por:

$$d\mu_t = \mu_t + \sqrt{v_t} \mu_t dW_{1t} \quad (1)$$

y una varianza instantánea no constante impulsada por un proceso de raíz cuadrada de reversión a la media (o CIR)

$$d(\sqrt{v_t}) = -\beta \sqrt{v_t} + \delta dW_{2t} \quad (2)$$

Los incrementos estocásticos de los dos procesos están correlacionados con el parámetro ρ , es decir, $dW_{1t}dW_{2t} = \rho dt$. Los parámetros restantes, μ , θ , k y σ , se interpretan como la deriva, la varianza a largo plazo, la tasa de reversión a la media.

$$d\mu_t = S_t d_t + \sqrt{v_t} \mu_t dW_{1t} \quad (1.1)$$

$$dV_t = k(\theta - v_t) d_t + \sigma \sqrt{v_t} dW_{2t} \quad (2.1)$$

$$dW_{1t}dW_{2t} = \rho d_t \quad (3)$$

De acuerdo con Martínez, L. (2018) cuanto mayor sea el valor de θ , más persistente será la varianza. Cuando mayor sea el valor de k , más rápido la varianza vuelve a su media a largo plazo. Cuando mayor sea el valor de σ , más volátil será la volatilidad. Cuando mayor sea el valor de ρ , mayor será la correlación entre la volatilidad y el precio del activo. Cuando mayor sea el valor de ρ , mayor será la

varianza instantánea en el tiempo t . Cuanto mayor sea el valor de μ , mayor será la tasa de crecimiento esperada del activo a lo largo del tiempo.

Para obtener los datos, se inició con el cálculo de los retornos diarios logarítmicos R_t de una serie de datos, donde P_t representa el precio actual del ETF y P_{t-1} representa el precio anterior.

$$R_{it} = \ln \left[\frac{p_t}{p_{t-1}} \right] * 100 \quad (4)$$

Posteriormente, se calcularon los residuos mediante la diferencia entre los retornos diarios logarítmicos R_t y el promedio de los retornos \bar{R}_t

$$\alpha_{it} = R_{it} - \frac{R_{it}}{n} \quad (5)$$

En tercer lugar, se calculó la varianza de los residuos al elevar al cuadrado cada uno de ellos. Esto se realiza mediante la fórmula:

$$\gamma_{it} = \alpha_{it}^2 \quad (6)$$

En la ecuación (6) Y_{it} representa la varianza del residuo para un período específico t . Este paso permitió obtener una medida cuantitativa de la dispersión de los residuos al cuadrado, lo cual es útil para analizar la volatilidad o variabilidad de los datos en el contexto del estudio. Luego de eso, se procedió a determinar la varianza esperada, la cual se obtiene sumando la varianza de los residuos Y_{it} con la reversión a la media de la varianza, representada por el factor k , multiplicado por la diferencia entre la varianza media a largo plazo θ y Y_{it} . La fórmula general utilizada es la siguiente:

$$\omega_{it} = Y_{it} + k[\theta - Y_{it}] \quad (7)$$

En cuanto a ω_{it} representa la varianza esperada para un determinado período t . Este enfoque combina la información de la varianza actual de los residuos con una tendencia de reversión hacia una varianza media a largo plazo, ajustada por el parámetro k . Esto permite estimar de manera más precisa la volatilidad futura de la serie de datos.

Ahora bien, inicialmente (previo a la calibración) los valores de k y ρ están determinados respectiva-

mente por un valor de 1 y 0. Por otro lado, el valor de theta θ se determinó utilizando la varianza de los residuos, pero en este caso los residuos se calcularon considerando el conjunto completo de α .

$$\theta = S^2 = \frac{\sum (\gamma_{it} - \overline{\gamma_{it}})^2}{n-1} \quad (8)$$

Posterior a ello, se calculó la densidad de probabilidad conjunta

$$\psi_{it} = \text{Log} \frac{1}{2\pi\sqrt{\omega_{it}}\sigma\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{\left(\frac{\alpha_{it}}{\sqrt{\omega_{it}}}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{\alpha_{it}}{\sqrt{\omega_{it}}}\right)\left(\frac{\gamma_{it}-\omega_{it}}{\sigma}\right)\left(\frac{\gamma_{it}-\omega_{it}}{\sigma}\right)}{2(1-\rho^2)}} \quad (9)$$

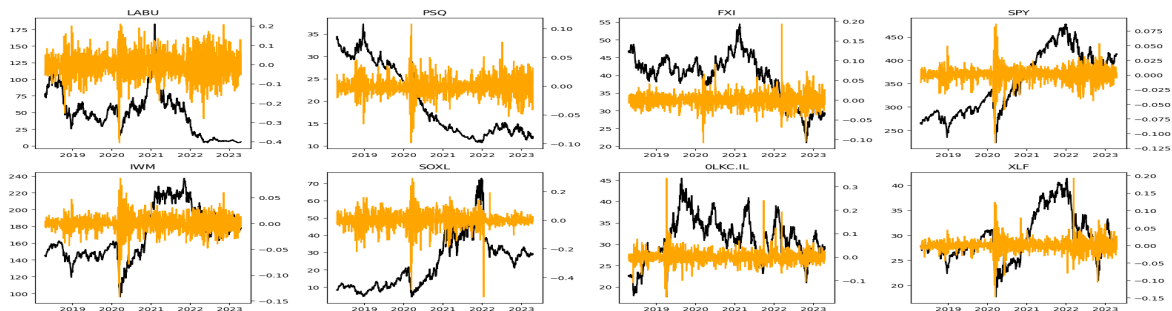
Ahora bien, inicialmente la volatilidad de la varianza estar determinada por la desviación de $\sqrt{\alpha^2}$

$$\sigma = \sqrt{\alpha^2} = \sqrt{\frac{\sum (\gamma_{it} - \overline{\gamma_{it}})^2}{n-1}} \quad (10)$$

Posteriormente y en relación a la metodología de (Dorado, C. 2022) se calibran los datos a través de Solver, con la función que maximice el valor de $\sum_{n=1}^{1175} \psi_{it}$, cambiando los parámetros θ , k , σ , ρ , νt y μ , este último parámetro (μ) es anteriormente el promedio de R_{it} , es decir la tasa de crecimiento.

RESULTADOS

Figura 1. Serie de tiempo de precios y retornos.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Retornos diarios y anuales.

ETF's	R_{it}	$R_{it} * 252$
LABU	-0,204	-51,34
PSQ	-0,081	-20,41
FXI	-0,037	-9,42
SPY	0,035	8,72
IWM	0,016	3,95
SOXL	0,098	24,88
OLKC.IL	0,0190	4,77
XLF	0,0027	0,68

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que el ETF SOXL mostró el rendimiento anual más alto entre todos los ETFs considerados, lo que sugiere un desempeño positivo destacado en comparación con los demás. Esto puede atribuirse a las características volátiles de la industria de semiconductores que el ETF SOXL rastrea, donde los cambios tecnológicos y factores económicos pueden tener un impacto significativo en los precios de las acciones de semiconductor.

Por otro lado, el XLF tuvo el rendimiento anual más bajo en comparación con los demás ETFs. Esto indica que el desempeño de las acciones financieras representadas por el ETF XLF fue relativamente más modesto en comparación con otros sectores o industrias representados por los demás ETFs.

Tabla 3. Parámetros calibrados.

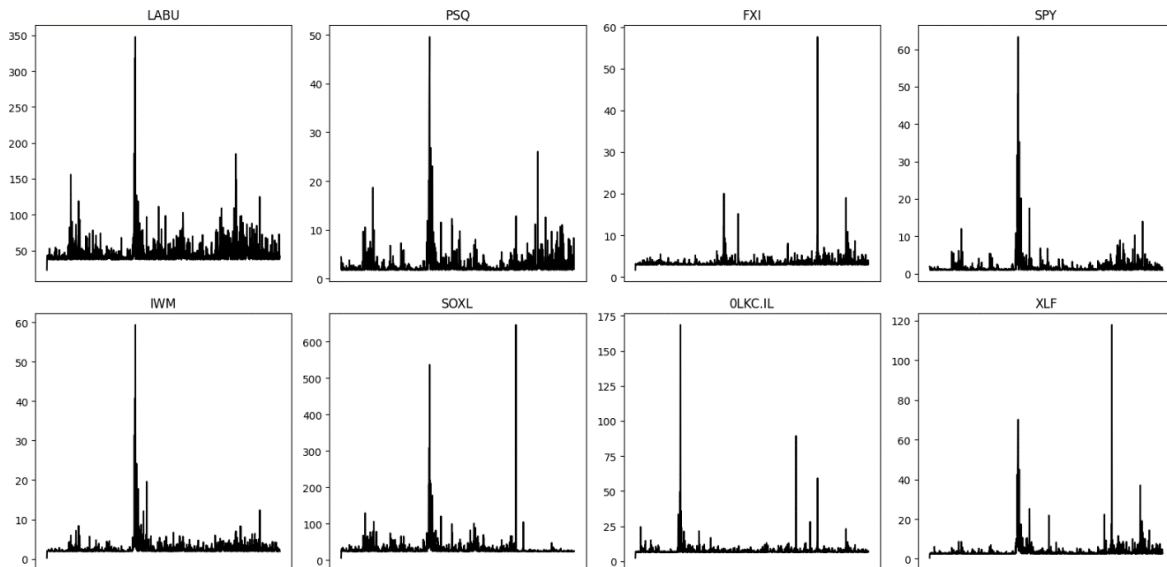
ETF's	θ	k	σ	ρ	v_t	μ
LABU	46,51	0,80	93,27	-0,12	23,01	-0,53
PSQ	2,98	0,59	6,34	0,07	4,40	-0,10
FXI	3,42	0,85	12,80	0,22	1,68	-0,05
SPY	1,80	0,53	5,99	-0,13	1,85	0,04
IWM	2,66	0,71	8,85	-0,13	0,24	-0,07
SOXL	30,47	0,78	129,17	-0,30	6,10	-0,04
OLKC.IL	7,55	0,85	40,17	0,16	2,40	0,18
XLF	3,62	0,68	15,43	0,14	0,43	0,002

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la anterior tabla, LABU, FXI, IWM y SOXL tienen una volatilidad alta, mientras que PSQ, OLK.IL y XLF tienen una volatilidad baja. LABU, FXI e IWM tienen correlaciones negativas con sus índices subyacentes, mientras que PSQ, OLK.IL y XLF tienen correlaciones positivas. LABU,

FXI, IWM, SOXL y FXI tienen desviaciones negativas, mientras que PSQ, OLK.IL y XLF tienen desviaciones positivas. Esto resulta sugerir que es más probable que LABU, FXI, IWM y SOXL experimenten grandes fluctuaciones de precios y disminuyan, mientras que es más probable que PSQ, OLK.IL y XLF experimenten pequeñas fluctuaciones de precios y suban.

Figura 2. Volatilidad esperada.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

Simulación de Monte Carlo

Una vez calibrado los datos se procede a simularse bajo el método de la simulación de Monte Carlo utilizando el modelo de Heston, teniendo en cuenta los parámetros calibrados, se generaron 1000 trayectorias en cada simulación. Cada trayectoria se dividió en 252 pasos o intervalos de tiempo, lo que implica una discretización del tiempo. La duración total de la simulación fue de 1 año.

Trayectoria o tasa de crecimiento del ETF:

$$\mu_{t+1} = \mu_t e^{\left(r_f - \frac{1}{2} * v_t\right) * d_t + \sqrt{v_t} * W_1} \quad (1.1)$$

Trayectoria de volatilidad estocástica del ETF:

$$dv_{t+1} = v_t + k(\theta - v_t)d_t + \sigma\sqrt{v_t}W_1 \tag{2}$$

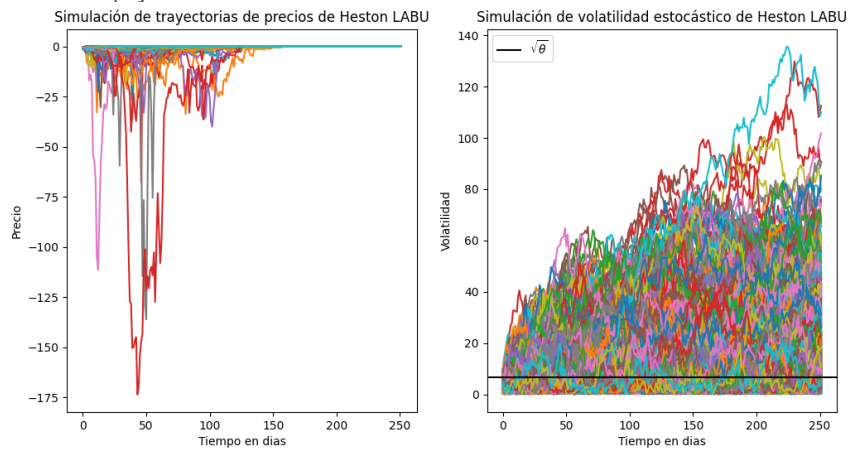
El valor de d_t se calcula dividiendo el tiempo total de simulación en años (T) por el número de pasos o intervalos de tiempo en cada trayectoria, en este caso 252. Es decir, $d_t = 1/252$. Esta medida representa el tamaño del paso de tiempo utilizado en la simulación y determina la frecuencia de los cálculos en cada trayectoria. Y r_f es la tasa libre de riesgo de la FED 0,0475.

Tabla 4. Resultados medios de la simulación de Montecarlo para de volatilidad estocástica y trayectoria de tasa de crecimiento diario.

ETF's	σ	μ
LABU	330.11	-0.12
PSQ	4.65	-0.14
FXI	7.33	-0.08
SPY	2.46	0.05
IWM	3.35	-0.09
SOXL	617.64	-0.01
OLKC.IL	62.39	0.11
XLF	9.99	0.002

Fuente: Elaboración propia.

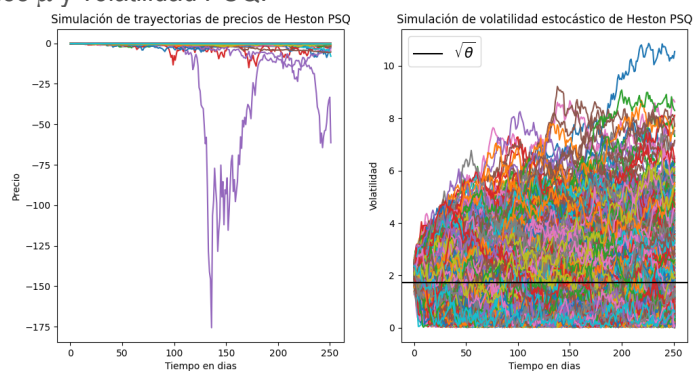
Figura 3. Simulaciones μ y volatilidad LABU.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El ETF (LABU) con una volatilidad alta de 330.11, este ETF se caracteriza por tener movimientos de precio significativos en cualquier dirección en base a su objetivo de replicar el rendimiento del índice S&P Biotechnology Select Industry de manera apalancada (Direxion, 2023). La alta volatilidad del LABU refleja la naturaleza volátil de la industria biotecnológica, donde los precios de las acciones de las empresas del sector pueden experimentar cambios bruscos debido a factores como avances científicos, noticias regulatorias y resultados de ensayos clínicos. El μ negativo de -0,12, por otro lado, implica una ligera tendencia a la baja en el precio del ETF.

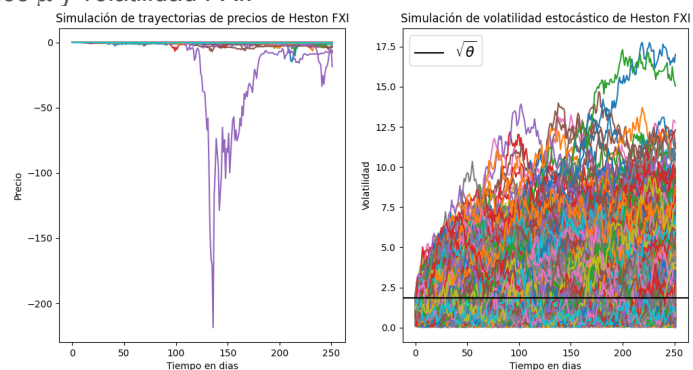
Figura 4. Simulaciones μ y volatilidad PSQ.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

En contraste, el PSQ muestra una volatilidad relativamente baja de 4.65, lo que indica movimientos de precio más estables en comparación con otros ETFs. Su μ también es negativo, con un valor de -0.14, lo que implica una tendencia a la baja en el precio. Esta información puede ser relevante para los inversores que desean posicionarse en consonancia con una expectativa bajista en el mercado tecnológico representado por el índice NASDAQ-100, puesto que este ETF tiene un apalancamiento triple que se beneficia de las bajas (Charupat, N., y Miu, P. 2013).

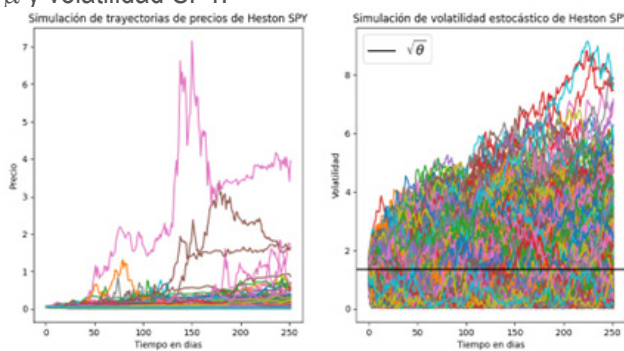
Figura 5. Simulaciones μ y volatilidad FXI.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El FXI se caracteriza por replicar los resultados de un índice compuesto por valores de renta variable de China de alta capitalización y que cotizan en la bolsa de valores de Hong Kong (Zhu, F. et al., 2019). Según los resultados la volatilidad es 7,33, lo que implica fluctuaciones en su precio diario y cierta volatilidad en su rendimiento. Además, una deriva negativa de -0,08, indicando una ligera tendencia a la baja. La volatilidad y la tendencia a la baja pueden ser influenciadas por factores como la situación económica y política de China, los cambios en regulaciones y políticas comerciales, y otros eventos que afecten el mercado chino en general.

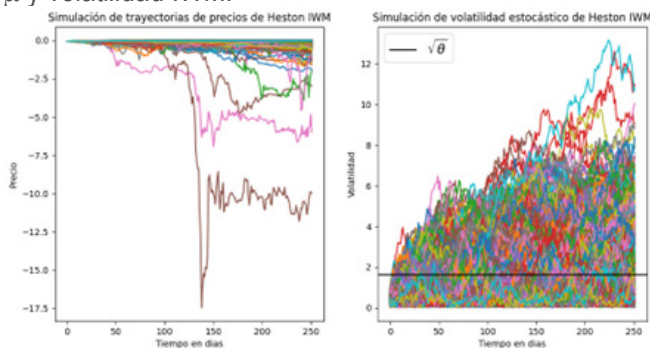
Figura 6. Simulaciones μ y volatilidad SPY.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El ETF SPY se distingue por su baja volatilidad de 2.46, lo que implica que sus precios tienden a fluctuar de manera más estable en comparación con otros ETFs. Esta característica se debe, en parte, a la diversificación que ofrece el índice S&P 500, el cual incluye empresas de diferentes industrias (Libertex, 2023). La amplia representación de sectores en el índice contribuye a su estabilidad y reduce la exposición a riesgos específicos de una industria en particular. Además, es importante destacar que el valor de μ (drift) del ETF SPY es positivo, con un valor de 0.05. Esto sugiere una tendencia leve pero constante al alza en el precio del ETF.

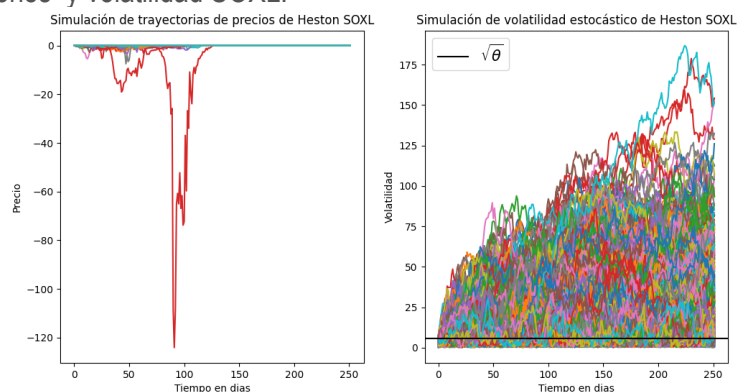
Figura 7. Simulaciones μ y volatilidad IWM.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El IWM muestra una volatilidad moderada de 3.35, lo que indica cierta variabilidad en su precio. Esta volatilidad moderada se debe al hecho de que el índice Russell 2000 es un índice muy volátil. El índice Russell 2000 está compuesto por acciones de pequeñas empresas, que suelen ser más volátiles que las acciones de grandes empresas (Frijns, B. et al., 2022). Su ρ es negativo con -0.09, implicando una ligera tendencia a la baja.

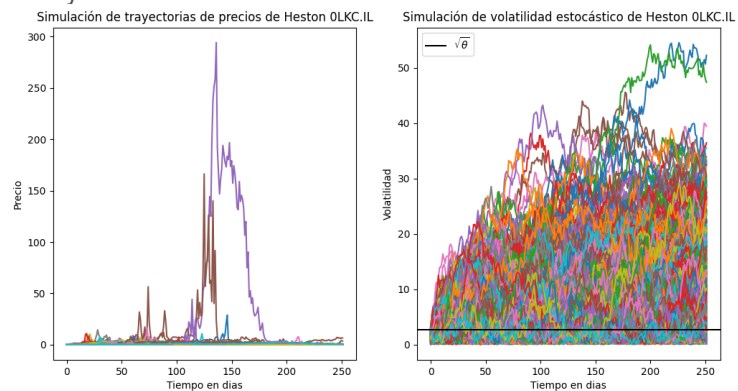
Figura 8. Simulaciones y volatilidad SOXL.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

En cuanto al ETF SOXL, destaca por su volatilidad significativamente alta de 617.64, lo que indica movimientos de precio extremadamente pronunciados en el pasado. Esta alta volatilidad se debe al hecho de que la industria de los semiconductores es una industria muy volátil. La industria de los semiconductores a menudo se ve afectada por cambios tecnológicos y factores económicos, que pueden causar que los precios de las acciones de semiconductores fluctúen significativamente (Vergara, A. 2012). Su ρ es negativo con -0.01, sugiriendo una tendencia a la baja.

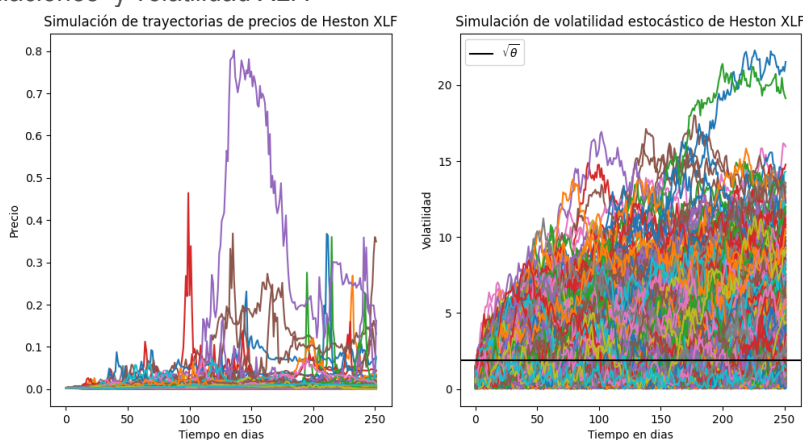
Figura 9. Simulaciones y volatilidad OLKC.IL.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El 0LKC.IL tiene exposición a una canasta diversificada de empresas mineras de oro a través del índice NYSE Arca Gold Miners Index. Este índice está compuesto por empresas dedicadas a la exploración, desarrollo y producción de oro a nivel mundial. El ETF refleja la volatilidad característica de la industria minera de oro que ha experimentado fluctuaciones significativas en el pasado, evidenciado por su alta volatilidad de 62.39. Sin embargo, a pesar de la volatilidad, el índice ha mostrado una tendencia alcista en su precio, con un medio positivo de 0.11. Esto indica que a lo largo del tiempo se espera un crecimiento.

Figura 10. Simulaciones y volatilidad XLF.



Fuente: Elaboración propia en Google Colab.

El XLF, que representa el Financial Select Sector SPDR Fund, el cual proporciona exposición a empresas en servicios financieros diversificados (Bahmani, M. et al., 2019), muestra una volatilidad moderada de 9.99. Esta cifra indica que el precio del ETF ha experimentado fluctuaciones moderadas en el pasado, lo que implica un nivel razonable de estabilidad esperado. Por otro lado, el positivo de 0.002 sugiere una muy leve tendencia alcista en el precio del índice. Esto implica que, en general, el ETF proyecta un crecimiento gradual en su valor a lo largo del tiempo, aunque este crecimiento puede ser muy pequeño.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de la evolución histórica mostraron varios patrones en los ETF bajo consideración. El ETF de SOXL tuvo el mejor desempeño anual, demostrando éxito en el inestable sector de los semiconductores. El sector bancario tuvo un desempeño relativamente modesto, como lo demuestra el XLF ETF que tiene el rendimiento anual más bajo.

Los ETFs LABU, FXI, IWM y SOXL presentan volatilidad excesiva y correlaciones negativas con sus índices subyacentes, según los resultados de la calibración de parámetros. Los ETF PSQ, OLK.IL y

XLF, por otro lado, mostraron baja volatilidad, correlaciones positivas y desviaciones positivas. Estos resultados implican que, mientras que PSQ, OLK.IL y XLF normalmente experimentan menores fluctuaciones de precios y mejoran su valor, es más probable que LABU, FXI, IWM y SOXL enfrenten mayores fluctuaciones y disminuciones de precios.

Los resultados medios de las simulaciones mostraron que características específicas en cuanto a volatilidad y tendencia de precios. El ETF LABU se caracterizó por una alta volatilidad y una tendencia a la baja en su precio, lo que indica fluctuaciones significativas y disminuciones en su valor. En contraste, el ETF PSQ exhibió una volatilidad relativamente baja y también mostró una ligera tendencia a la baja en su precio. Tanto el ETF FXI como el ETF IWM presentaron una volatilidad moderada y evidenciaron una tendencia a la baja en su precio. Por su parte, el ETF SPY se destacó por una baja volatilidad y mostró una leve tendencia alcista en su precio. El ETF SOXL exhibió una alta volatilidad, aunque se aproximó a la estabilidad en su precio. Asimismo, el ETF OLKC.IL presentó una alta volatilidad y una ligera tendencia alcista en su precio. Por último, el ETF XLF mostró una volatilidad moderada y una muy leve tendencia alcista en su precio. Estas características proveen información relevante para los inversores al evaluar los ETFs y considerar sus estrategias de inversión.

Finalmente, se descubrieron inversiones de riesgo reducido, incluido el ETF PSQ de baja volatilidad y el ETF SPY de tasa de crecimiento moderadamente volátil pero positiva. Por otro lado, se descubrieron activos con mayor riesgo, incluyendo el ETF LABU de alta volatilidad y el ETF SOXL extremadamente volátil con una tasa de crecimiento negativa.

REFERENCIAS

- Agudelo, D. A. (2010). Liquidez en Los mercados accionarios colombianos. Cuadernos de Administración, 23(40), 239-269.
- Bahmani, M., Ghodsi, S., y Hadzic, M. (2019). Asymmetric causality between oil price and stock returns: A sectoral analysis. Economic Analysis and Policy, 63, 165-174.
- Baltean, R. (2013). Multiscale Models and Dimensionality reduction in the pricing and hedging of Path Dependent Financial Options. Imperial College London, United Kingdom.
- Charupat, N., y Miu, P. (2013). The pricing efficiency of leveraged exchange-traded funds: evidence from the US markets. Journal of Financial Research, 36(2), 253-278.
- Derman, E., y Kani, I. (1994). Riding on a smile. Risk, 7(2), 32-39.
- Dupire, B. (1994). Pricing with a smile. Risk, 7(1), 18-20.

- Direxion (2023). Información del fondo - ETF apalancados e inversos. <https://www.direxion.com/product/daily-sp-biotech-bull-bear-3x-etfs>
- Dorado, C. (2022). Calibración del modelo de Heston para valoración de opciones europeas sobre divisas. (Repositorio institucional) Universidad de los Andes, Colombia.
- Frijns, B., Indriawan, I., Tourani-Rad, A., y Zhang, H. (2022). Equity Market Uncertainty and Informational Efficiency. Available at SSRN 4291438.
- Fouque, J., Papanicolaou, G., y Sircar, K.R. (2000). Derivatives in Financial Markets with Stochastic Volatility, Cambridge University Press.
- Gatheral, J. (2006). The volatility surface: a practitioner's guide. Jon Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hull, J., y White, A. (1987). The pricing of options on assets with stochastic volatilities. The journal of finance, 42(2), 281-300.
- Heston, S. L. (1993). A closed-form solution for options with stochastic volatility with applications to bond and currency options. The review of financial studies, 6(2), 327-343.
- Janek, A., Kluge, T., Weron, R., y Wystup, U. (2011). FX smile in the Heston model. In Statistical tools for finance and insurance. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin.
- Karlsson, P. (2009). The Heston model-Stochastic volatility and approximation. Lund University, Suecia.
- Libertex (2023). ETF SPY SPDR S&P 500 Trust. <https://libertex.org/es/etfs/spdr-sp-500-etf-trust>
- Marin, F., y Echeverri, L. C. (2013). Solución Numérica del Modelo de Heston con Reversión a la Media. (Repositorio institucional) Universidad EAFIT, Colombia.
- Martínez, L. (2018). Pronóstico de divisas latinoamericanas con modelos de volatilidad estática y estocástica. Ingeniería, 23(2), 166-189.
- Merton, R. C. (1973). Theory of rational option pricing. The Bell Journal of economics and management science, 141-183.
- Olmedo, F. G., y Lamothe, P. (2010). Herramientas de gestión de riesgos basadas en modelos de

simulación para carteras de activos inmobiliarios. *Análisis Financiero*, (112), 06-17.

Rubinstein, M. (1994). Implied binomial trees. *The journal of finance*, 49(3), 771-818.

Stein, E. M., y Stein, J. C. (1991). Stock price distributions with stochastic volatility: an analytic approach. *The review of financial studies*, 4(4), 727-752.

Villamil, J. (2006). Modelos de valoración de opciones europeas en tiempo continuo. *Cuadernos de economía*, 25(44), 177-196.

Vergara, A. (2012). Análisis de las previsiones de compra vía EDI en una empresa de semiconductores. (Trabajo de grado, Ingeniería Industrial) Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Zhu, F., Luo, X., y Jin, X. (2019). Predicting the volatility of the iShares China Large-Cap ETF: What is the role of the SSE 50 ETF?. *Pacific-Basin Finance Journal*, 57, 101192.