

XII Xornada de Usuarios de R en Galicia
Santiago de Compostela, 16 de outubro do 2025

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE MERCADO MEDIANTE MODELADO ESTOCÁSTICO EN R

Daniel Grande Fernández¹, Antón Seijo Barrio¹

¹ Universidade de Santiago de Compostela (USC)

RESUMO

This paper presents an applied approach to market scenario simulation using the R programming language. Based on the theoretical foundation of stochastic modeling of asset prices, our emphasis is placed on the practical implementation of simulations and the insights they provide. We show how freely available financial data (in our case, from BBVA) can be downloaded and processed in R, and how simple statistical tools allow us to estimate the necessary parameters. We will generate a wide range of possible future market trajectories results are visualized through R's graphical libraries, which make the uncertainty of financial markets more tangible. The study highlights the value of computational experimentation: even with basic models, simulation in R provides a clear and flexible way to explore potential outcomes and risks in financial markets.

Palabras e frases chave: Monte Carlo Simulation, Stochastic Calculus, Quantitative Finance, R (programming language).

1. INTRODUCCIÓN

As **accións financeiras** son títulos de propiedade que representan unha parte proporcional do capital dunha empresa. Cando unha persoa ou institución merca unha acción, convértese en accionista e adquire dereito a participar nos beneficios (por exemplo, a través de dividendos) así como en determinadas decisións da compañía. O prezo dunha acción está determinado polo mercado, a través da oferta e da demanda, e recolle tanto o valor presente da empresa como as expectativas futuras sobre a súa evolución.

O estudo do comportamento das accións resulta fundamental en economía e finanzas, xa que constitúen un dos principais instrumentos de investimento. Non obstante, a súa dinámica é inherentemente incerta: factores económicos, políticos ou mesmo sociais poden afectar ao prezo dunha acción de maneira imprevisible. Esta natureza cambiante fai que resulte imposible predir con exactitude o valor futuro dunha acción, e por iso xurdiu a necesidade de desenvolver modelos matemáticos que permiten aproximar e describir a súa evolución como un proceso aleatorio. Estes reciben o nome de **modelos estocásticos**.

Un dos modelos más empregados é o chamado *movemento browniano xeométrico*, que vén dado pola solución da seguinte Ecuación Diferencial Estocástica (EDE):

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

Obtendo como solución:

$$S_t = S_0 \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W_t \right), \quad t \geq 0$$

Aquí σ representa a volatilidade e μ o rendemento medio, un parámetro que reflicte a tendencia xeral do activo. Cómprase sinalar que tanto μ como σ estímanse a partir dos datos históricos da acción, o cal nos dá unha idea razoable do comportamento típico do activo, mais tamén ten limitacións: nada garante que os patróns do pasado se manteñan no futuro, e de feito é moi probable que varíen co tempo.

Neste documento non se pretende falar sobre a importancia desta ecuación diferencial, mais é preciso mencionala xa que é a base teórica sobre a que se fundamentarán as simulacións que realizaremos a continuación.

2. METODOLOXÍA

O obxectivo central deste traballo é construír posibles escenarios de evolución para o prezo dalgún activo financeiro ao longo do tempo, tomando como referencia no noso caso os prezos das accións do banco BBVA. Para isto, seguiremos os seguintes pasos:

1. **Acceso ás bases de datos e extracción de parámetros:** empregamos a libraría `quantmod` en R para descargar desde *Yahoo Finance* as series históricas de prezos de peche axustados das accións de BBVA. Estes datos constitúen o punto de partida para a análise, xa que a súa evolución desde inicios de 2024 servirá de base para a estimación de μ e σ .
2. **Construcción de camiños simulados:** a través da implementación numérica da EDE mediante pequenos incrementos, xeramos múltiples traxectorias aleatorias para o prezo da acción, onde cada camiño representa unha posible evolución distinta do activo ao longo do ano.
3. **Visualización e análise:** representamos graficamente algunas das traxectorias. A partir delas, extráese información relevante coma o prezo esperado ou cuantís destacados, que serán tratados no seguinte apartado.

Todo este proceso permitenos analizar a información histórica disponible para obter unha imaxe clara da incerteza futura, facendo visibles tanto as oportunidades coma os riscos que implica investir nun activo como BBVA.

3. ANÁLISE DA SIMULACIÓN

Na Figura 1 obsérvanse múltiples traxectorias simuladas para o prezo das accións de BBVA ao longo dun ano bursátil real (252 días). Sobre a gráfica superpóñense as seguintes curvas:

- A esperanza teórica (azul discontinua): é o prezo esperado da acción en cada intre t , é dicir, a curva que vén dada pola seguinte función: $\mathbb{E}[S_t] = S_0 e^{\mu t}$
- A media empírica (vermella): é a media mostral do prezo da acción entre tódalas simulacións para cada instante t . Como podemos observar, atópase moi preto do valor teórico esperado, o que apunta a unha correcta execución do método.
- A mediana empírica (verde): liña que separa o 50 % dos resultados más baixos dos más altos. É interesante destacar que a curva da mediana sitúase lixeiramente por debaixo da media, xa que o valor elevado das simulacións más optimistas non inflúe no cálculo da mediana.
- Value at Risk (morada discontinua): un concepto relevante en xestión de riscos que explicaremos a continuación.

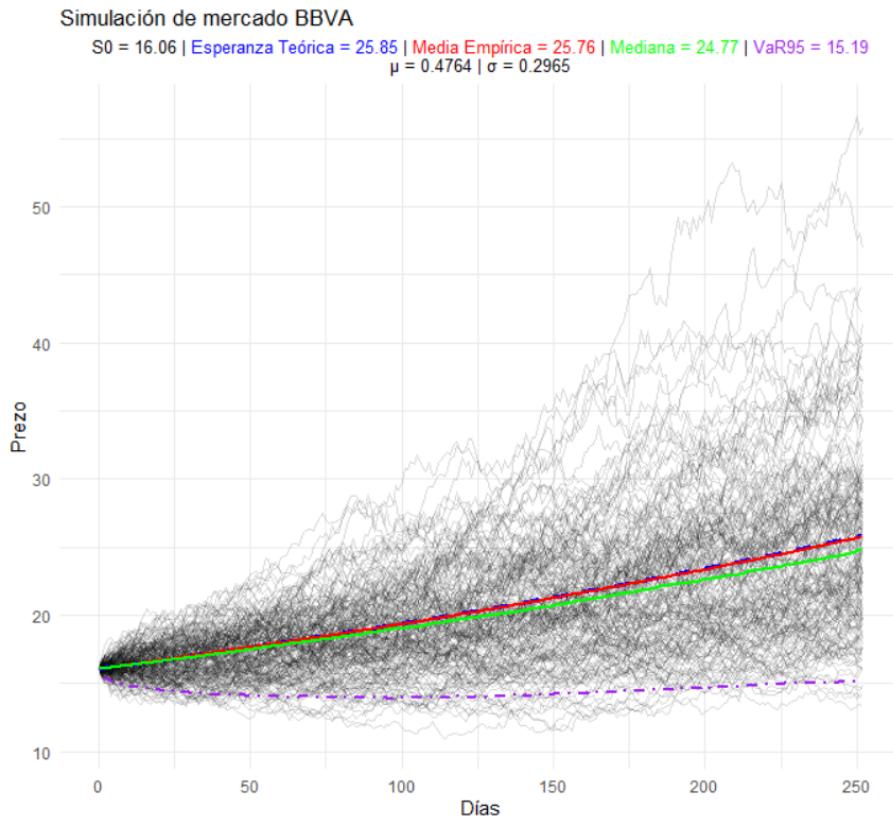


Figura 1: Evolución simulada dos prezos de BBVA

Desde o punto de vista financeiro, o **Value at Risk 5 %** (VaR), é o nivel a partir do cal a probabilidade de que activo baixe máis dese umbral nun tempo determinado é do 5 %. Ao realizar simulacións, podemos calcular o VaR de forma empírica como a porcentaxe de simulacións por debaixo dun certo rango, que cun gran número de simulacións se aproximarán bastante ao valor real. Na gráfica a liña morada representa o VaR ao 5 %, é dicir, existe un 5 % de probabilidade de que as accións caian por debaixo desa liña.

Este resultado ofrece unha interpretación clara: non se trata de predecir un valor exacto para o futuro, senón de sinalar un rango dentro do cal é moi probable que se atope o prezo da acción. A visualización da curva do VaR xunto cos camiños simulados proporciona unha imaxe intuitiva da incerteza e do risco, convertendo unha idea estatística abstracta nunha ferramenta de análise accesible e útil.

Cómpre sinalar ademais que existen casos onde coñecer a distribución subxacente da solución da EDE faise virtualmente imposible, sexa polo complicado custo computacional ou mesmo pola imposibilidade de resolver a ecuación de maneira teórica. Nestes casos, a posibilidade de simular múltiples traxectorias como foi explicado neste documento, atópase entre as solucións más eficaces, debido á robustez do método e á súa simplicidade.

4. CONCLUSIÓNS

O traballo presentado mostra como é posible empregar modelos estocásticos sinxelos para aproximar o comportamento das accións financeiras e xerar escenarios de futuro. A través de R conseguimos integrar nun mesmo contorno a descarga de datos reais e a simulación de prezos de mercado.

Como xa se estableceu anteriormente, a virtude deste enfoque non reside en ofrecer predicións exactas, senón en proporcionar unha ferramenta flexible que permite explorar a incerteza e comprender mellor o risco inherente aos mercados financeiros. As representacións gráficas derivadas das simulacións facilitan transmitir conceptos complexos dun xeito visual e accesible, contribuíndo a que o estudo dos mercados sexa máis intuitivo.

Referencias

- [1] I. Kharroubi, *Calcul stochastique et introduction au contrôle stochastique, et applications à la finance*. Polycopié de Master 1, Sorbonne Université, 2025. (D'après un polycopié original de Philippe Bougerol).
- [2] R. J. Shiller, *Financial Markets*. Curso en liña ofrecido por Yale University a través de Coursera, 2017. Disponible en: <https://www.coursera.org/learn/financial-markets-global>.
- [3] Yahoo Finance, *Datos históricos de mercado para BBVA e outros activos*. Disponible en: <https://finance.yahoo.com>.
- [4] R. Jahn e colaboradores, *quantmod: Quantitative Financial Modelling Framework*. R package, CRAN. Disponible en: <https://cran.r-project.org/package=quantmod>.
- [5] H. Wickham, *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, 2016. Paquete de R disponible en: <https://cran.r-project.org/package=ggplot2>.
- [6] H. Wickham, *reshape2: Flexibly Reshape Data*. R package, CRAN. Disponible en: <https://cran.r-project.org/package=reshape2>.