Financial Scenario Simulation using Lévy Stable Distributions: A Comparative Analysis of Political Regimes in Argentina

Lautaro Ebner[1], Nadia Luczywo[2,3,4], Luis Biedma[1], and Juan Bautista Cabral[6,7,1]

[1] Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Medina Allende S/N, Córdoba, X5000HUA, Córdoba, Argentina
[2] Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, Bv. Enrique Barros s/n - Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
[3] Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Ismael Bordabehere s/n. 17, Córdoba, Argentina
[4] Centro Regional Universitario Córdoba IUA, Universidad de la Defensa Nacional.Av. Fuerza Aérea km 6.5. Córdoba, Argentina
[5] Gerencia de Vinculación Tecnológica, CONAE, Ruta Provincial C45, Falda del Cañete, Córdoba, Argentina
[6] Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, IATE-CONICET-UNC, Laprida 854, Córdoba, X5000BGR, Córdoba, Argentina
[7]

lautaro.ebner@mi.unc.edu.ar, nadia.luczywo@unc.edu.ar, lbiedma@unc.edu.ar, jbcabral@unc.edu.ar

Abstract. This paper presents a multiscale stochastic simulation exercise for financial decision-making in Argentina, comparing the administrations of Kirchner, Macri, Fernández, and Milei. By employing Lévy stable distributions and median-based error metrics, the results show that stable models provide a more suitable representation of heavy tails and extreme events typical of volatile markets. The analysis highlights how different economic regimes affect the ability of models to underestimate or overestimate returns, emphasizing that model performance is context-dependent rather than universally optimal.

Keywords: Financial scenario simulation, Lévy stable distributions, Financial stochastic modeling.

Simulación de escenarios financieros mediante distribuciones Lévy estables: Un análisis comparativo de regímenes políticos en Argentina

Received March 2026; Accepted June 2026; Published September 2026
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstract. Este trabajo presenta un ejercicio de simulación estocástica multiescala orientado a la toma de decisiones financieras en Argentina, comparando las gestiones de Kirchner, Macri, Fernández y Milei. Mediante el uso de distribuciones Lévy estables y métricas de error basadas en la mediana, los resultados muestran que estos modelos proporcionan una representación más adecuada de las colas pesadas y los eventos extremos característicos de mercados volátiles. El análisis pone de manifiesto cómo distintos regímenes económicos afectan la capacidad de los modelos para subestimar o sobreestimar retornos, destacando que el desempeño de los mismos depende del contexto y no responde a una solución universal.

Keywords: Simulación de escenarios financieros, Distribuciones Lévy estables, Modelado estocástico financiero.

1 Introducción

En el dinámico contexto del mercado de capitales argentino, la modelización precisa de los retornos no es solo un desafío académico, sino una necesidad crítica para la gestión de riesgos y la asignación de activos(Knoop, 2013). La volatilidad institucional y los cambios de régimen macroeconómico invalidan frecuentemente los supuestos de normalidad gaussiana, exigiendo herramientas que capturen eventos extremos y asimetrías estructurales(Altschul et al., 2007; Eom and Park, 2020). Este fenómeno se manifiesta a través de los denominados hechos estilizados de las series financieras, tales como el apuntamiento de las colas (leptocurtosis) y el agrupamiento de la volatilidad (volatility clustering), los cuales requieren un tratamiento estocástico que trascienda la media y la varianza tradicional (Feal Zubimendi et al., 2010).

El presente trabajo se propone desarrollar y ejecutar un ejercicio de simulación estocástica diseñado para asistir en la toma de decisiones financieras (Glasserman, 2004). A través de la combinación de la estadística de distribuciones Lévy estables y conceptos de la Teoría de la Información, se busca observar cómo la alteración y el ajuste de los parámetros del modelo impactan en la previsibilidad del mercado. En particular, se utiliza la Entropía de Shannon como una métrica de la eficiencia informacional, que permite cuantificar el grado de desorden o incertidumbre inherente a cada régimen económico y su impacto en la capacidad de los agentes para anticipar movimientos de precios.

La investigación utiliza como base experimental un análisis comparativo de cuatro periodos políticos clave en la historia reciente de Argentina: los segmentos iniciales de las gestiones de Cristina Fernández de Kirchner, Mauricio Macri, Alberto Fernández y Javier Milei. Para cada periodo, se analizó una ventana de 360 días (desde la mitad de cada administración), subdividida en bloques de 180, 120, 60 y 30 días para la estimación de parámetros.

El núcleo del ejercicio consiste en la generación de series de precios sintéticas para horizontes de 5, 10 y 15 días, que evalúan la discrepancia respecto a las

series reales. Este proceso de simulación permite a los decisores visualizar cómo las variaciones en la cuantía Lévy (específicamente el parámetro de estabilidad α y el de asimetría β) y los niveles de eficiencia promedio del mercado alteran los escenarios de riesgo (Borak et al., 2005; Zaburdaev et al., 2015). Al contrastar estos parámetros bajo diferentes regímenes, el trabajo demuestra cómo el ajuste fino de un modelo no lineal puede proporcionar una ventaja analítica superior a los métodos tradicionales, permitiendo anticipar la magnitud de las fluctuaciones en contextos de alta incertidumbre mediante la validación rigurosa de trayectorias estocásticas frente a la evidencia empírica local.

2 Metodología

El presente trabajo desarrolla un ejercicio de simulación orientado a la toma de decisiones, estructurado en tres fases: el procesamiento de datos de mercado, la estimación multiescala de parámetros estocásticos y la generación de series sintéticas de precios.

2.1 Tratamiento de datos y selección de la muestra

Se analizaron los activos pertenecientes al *Panel Líder* y al *Panel General* de la Mercado de Valores de Argentina. Para garantizar la integridad de las estimaciones, se aplicó un filtro de liquidez estricto: se excluyeron del análisis aquellas especies que presentaron periodos prolongados sin cotización o baja frecuencia de operación, evitando sesgos por falta de formación de precios. Los retornos se calcularon como $r_t = (P_t/P_{t-1})$. Para el procesamiento, y estructuración de las series temporales de los paneles líder y general, se utilizó la librería de software de código abierto GARPAR (Giménez et al., 2025), la cual permite la generación y diseño de herramientas automatizadas para el análisis de retornos de carteras de inversión.

2.2 Ventanas temporales y estimación de parámetros

La investigación se sitúa en cuatro periodos políticos: los segmentos iniciales de las gestiones de Cristina Fernández de Kirchner, Mauricio Macri, Alberto Fernández y Javier Milei. El diseño experimental sigue un esquema multiescala:

- **Periodo Base:** Se definió una ventana total de 360 días a partir de la mitad de cada administración.
- **Sub-ventanas de estimación:** Para capturar la evolución de la dinámica del mercado, se realizaron estimaciones en horizontes de $360, 270, 180, 120, 60$ y 30 días.

Para cada ventana, se estimaron los parámetros de la familia de distribuciones Lévy estables $L(\alpha, \beta, \mu, \sigma)$ mediante métodos de optimización numérica sobre la función característica. El parámetro de estabilidad $\alpha \in (0, 2]$ y el de asimetría $\beta \in [-1, 1]$ resultan fundamentales para modelar la cuantía de los movimientos extremos observados en el mercado argentino.

2.3 Validación y Simulación Estocástica

La robustez del modelo se verificó mediante pruebas de bondad de ajuste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) sobre la totalidad de las acciones filtradas de ambos paneles. Únicamente los activos con un ajuste estadísticamente significativo fueron integrados en el simulador.

El ejercicio de simulación genera series de precios sintéticas para un horizonte de $5, 10$ y 15 días hábiles. Este procedimiento fue implementado mediante el motor de simulación de GARPAR, asegurando la consistencia en la generación de trayectorias estocásticas bajo diferentes semillas aleatorias e integra dos componentes clave:

1. La variabilidad estocástica derivada de la **cuantía Lévy** ajustada en las distintas ventanas temporales.
2. Un parámetro de **eficiencia informacional promedio** situado en un valor de 0.80 documentado por Luczywo et al., 2021 y calculado acorde a la metodología propuesta por Risso, 2008, mediante la entropía de Shannon, que actúa como regulador de la predictibilidad del sistema.

La utilidad del modelo para la toma de decisiones se evalúa mediante la métrica de *discrepancia*, comparando las trayectorias reales observadas contra el abanico de escenarios generados por la simulación de Montecarlo.

Para cuantificar la capacidad del modelo de capturar la realidad del mercado en horizontes de t días, se definió una métrica de *Sesgo* porcentual. A diferencia del uso de la media aritmética, se optó por la **mediana** sobre el conjunto de activos (*acciones*) para mitigar la influencia de valores atípicos (*outliers*) o movimientos extremos aislados. La expresión para el sesgo en el instante t se define como:

$$\text{Sesgo}(t) = \text{mediana}_{\text{acción}} \left(\frac{\hat{\mu_t^{(i)}} - r_t^{(i)}}{P_0^{(i)}} \times 100 \right) \tag{1}$$

donde $\hat{\mu_t^{(i)}}$ representa el precio simulado del activo i en el tiempo t, $r_t^{(i)}$ es el precio real observado y $P_0^{(i)}$ es el precio inicial de la ventana. De este modo:

- Un **sesgo elevado** indica un error sistemático o estructural del modelo, sugiriendo que la simulación subestima o sobreestima la tendencia del mercado de forma consistente.
- Un **sesgo reducido** señala un error disperso, propio de la naturaleza aleatoria (*random walk*) del mercado, donde la simulación no presenta un defecto direccional pero enfrenta la volatilidad intrínseca del activo.

De manera complementaria, se incorporó el *error absoluto mediano* (MedAE) sobre los retornos con el objetivo de evaluar la magnitud de los errores independientemente de su dirección. Esta métrica permite cuantificar la distancia típica entre los retornos simulados y los observados, evitando tanto la cancelación entre errores positivos y negativos como la influencia desproporcionada de valores atípicos.

Su formulación se define como:

$$\text{MedAE} = \text{mediana}_i \left(\left| r^{(i)}_{\text{simulado}} - r^{(i)}_{\text{real}} \right| \right) \tag{2}$$

donde $r^{(i)}_{\text{simulado}}$ y $r^{(i)}_{\text{real}}$ representan los retornos simulados y reales del activo i, respectivamente. Mientras que el sesgo permite identificar la tendencia del modelo a subestimar o sobreestimar los resultados, la MedAE aporta una medida robusta de precisión, capturando la magnitud típica del error en distintos horizontes temporales. En conjunto, ambas métricas permiten caracterizar de manera más completa el desempeño del modelo bajo diferentes condiciones económicas.

3 Resultados y Discusión

Para evaluar el comportamiento probabilistico en la cuantía de los retornos, la figura 1 presenta una comparativa de los p-valores obtenidos mediante pruebas de bondad de ajuste para las distribuciones teóricas Normal, Lévy Stable y Uniform aplicadas a series temporales de las administraciones de Cristina Kirchner, Mauricio Macri, Alberto Fernández y Javier Milei, bajo ventanas temporales de $60, 90, 180, 270$ y 360 días. Al considerar un nivel de significancia $\alpha = 0.1$ —indicado por la línea roja horizontal—, se evidencia que la distribución uniforme presenta el ajuste más pobre de forma sistemática, con la mayoría de los p-valores situados por debajo del umbral, lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0) en casi todos los escenarios. Por su parte, la distribución normal muestra un comportamiento heterogéneo; mientras que en la gestión de Mauricio Macri los datos se alejan claramente de la normalidad, en las de Alberto Fernández y Javier Milei existe una mayor dispersión de p-valores por encima de 0.1, sugiriendo que la normalidad no puede ser rechazada en ciertos sub-periodos. No obstante, la distribución Lévy Stable es la que exhibe el mejor desempeño global, con una densidad significativamente mayor de p-valores altos ($p > \alpha$), especialmente en horizontes de 180 a 360 días. Este hallazgo sugiere que las series analizadas poseen características de colas pesadas o varianza infinita, propiedades que son capturadas con mayor precisión por una distribución estable que por una normal. Finalmente, se observa un marcado efecto del periodo, donde la reducción de la ventana temporal hacia los 60 días incrementa la dispersión de los resultados en las distribuciones Normal y Lévy, fenómeno posiblemente asociado a una mayor sensibilidad al ruido estadístico en muestras de menor tamaño.

El análisis de la Figura 2 permite contrastar el desempeño del modelo de simulación bajo el supuesto de distribuciones Lévy estables frente a la aproximación normal clásica a partir de la métrica de sesgo mediano. Se observa que el *sesgo mediano* (%) presenta dinámicas diferenciadas según el horizonte de proyección ($t = 5, 10, 15$) y el régimen político analizado.

– **Estabilidad del Modelo Lévy:** A diferencia del ajuste normal, el modelo basado en distribuciones estables muestra una mayor cohesión en las trayectorias de sesgo para las gestiones de Kirchner y Macri. Se destaca que, para

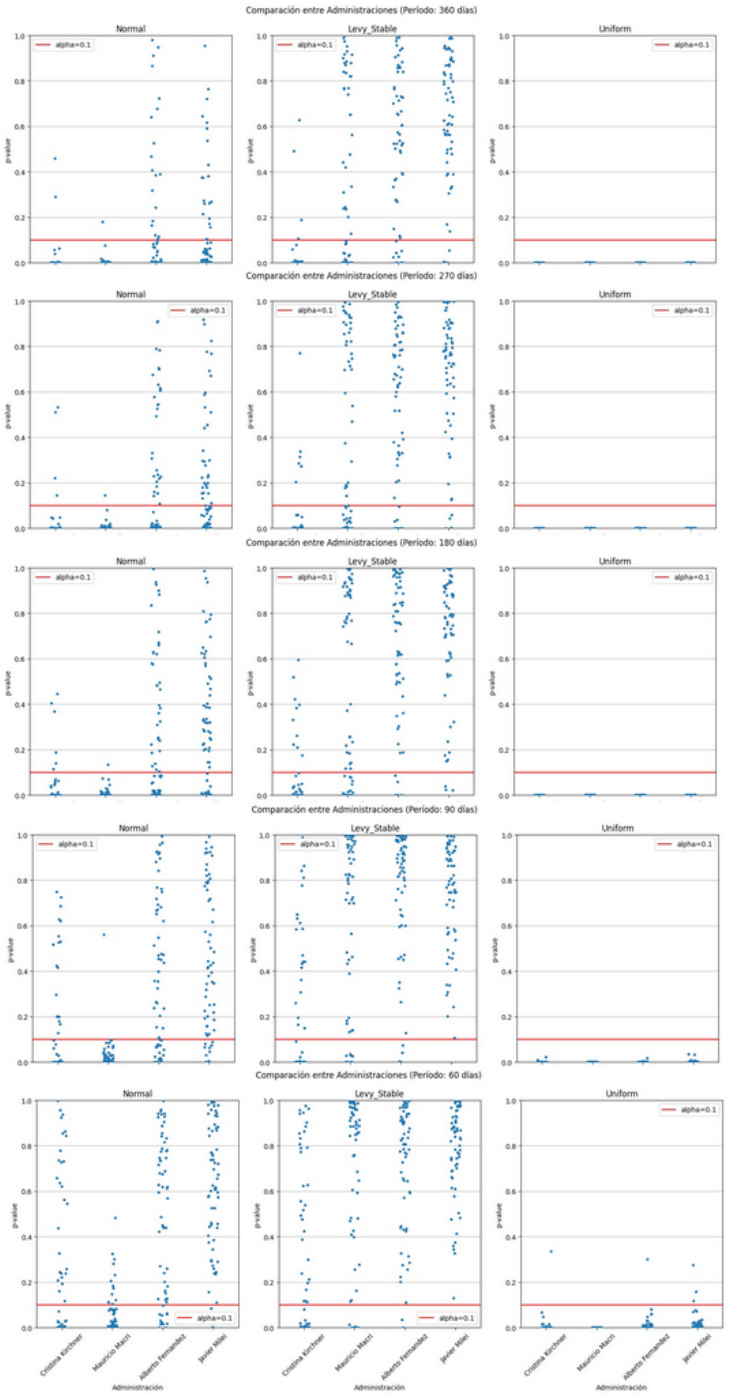


Fig. 1: Comparativa de p-valores para pruebas de bondad de ajuste (Normal, Lévy Stable y Uniform) bajo diferentes administraciones y horizontes temporales. La línea roja indica el umbral de significancia $\alpha = 0.1$.

el periodo de **Milei**, el sesgo positivo se mantiene persistente y con baja sensibilidad al periodo de ajuste (de 60 a 360 días), sugiriendo una estructura de retornos con una cuantía sistemáticamente subestimada por la volatilidad histórica previa.

– **Sensibilidad al Horizonte Temporal:** En horizontes cortos ($t = 5$), la discrepancia entre ambos modelos es moderada. Sin embargo, al extender la simulación a $t = 15$, el modelo normal exhibe una degradación notable, especialmente en la gestión de Fernández, donde el sesgo negativo se profundiza significativamente. El ajuste Lévy, si bien no elimina el sesgo en periodos de alta inestabilidad, proporciona una base más robusta para la toma de decisiones al reducir la variabilidad del error residual.

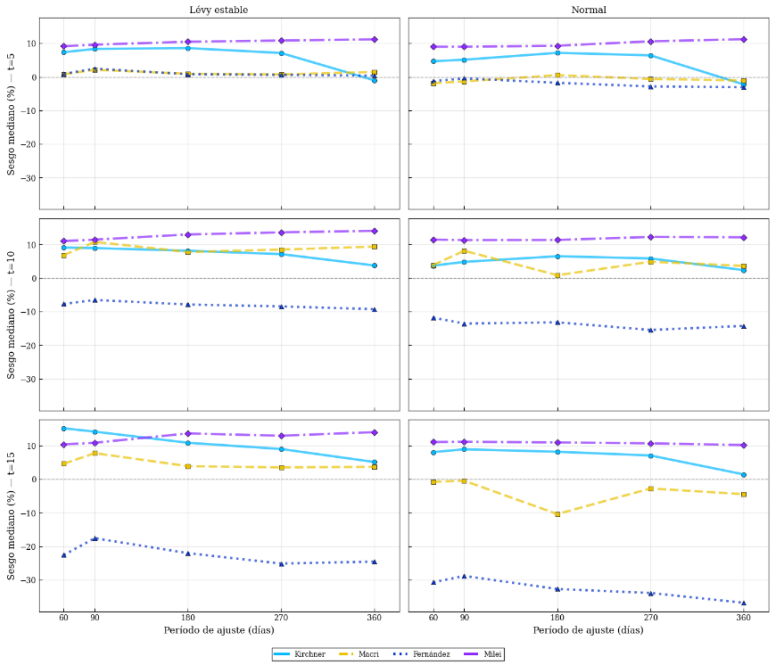


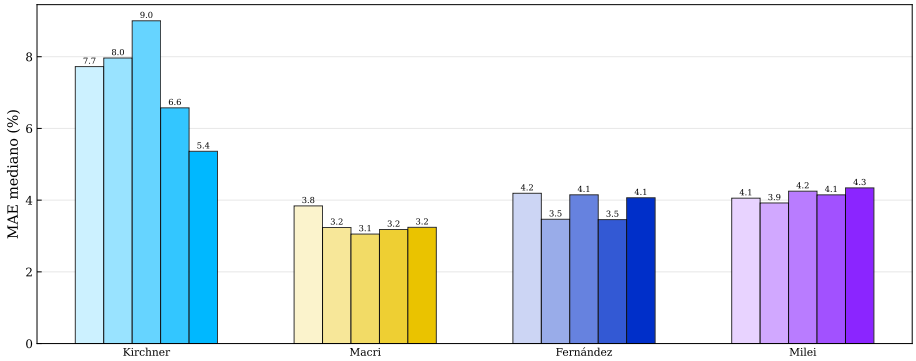
Fig. 2: Comparativa del sesgo mediano (%) entre el ajuste Lévy estable y el Normal para diferentes horizontes de tiempo (t) y periodos de ajuste en las cuatro administraciones analizadas.

No obstante, se deben reconocer las limitaciones inherentes al enfoque propuesto. Si bien las distribuciones Lévy estables modelan con éxito la colas pesadas y la asimetría estructural de los retornos, carecen de una varianza finita definida para $\alpha < 2$, lo que restringe el uso de herramientas de gestión de riesgo tradicionales. Asimismo, el motor de simulación estocástica asume una relativa estacionariedad de los parámetros dentro de cada bloque temporal analizado,

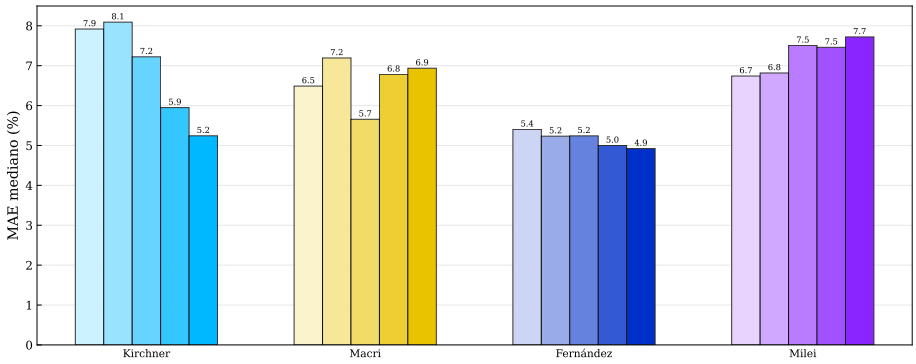
omitiendo posibles cambios estructurales intradiarios repentinos que podrían alterar drásticamente la predictibilidad en horizontes de corto plazo.

En la Figura 3 se aprecia que la incorporación de distribuciones tipo Lévy permite capturar colas pesadas y eventos extremos, acercando las estimaciones a la dinámica real del mercado, particularmente en períodos donde se registran saltos o cambios abruptos. A través de la apertura visual de los tres horizontes temporales de evaluación, especificados de manera secuencial en las Figuras superior ($t = 5$ días), media($t = 10$ días) e inferior ($t = 15$ días), el análisis permite evidenciar cómo las condiciones económicas influyen en la capacidad de los modelos para subestimar o sobreestimar resultados, mostrando comportamientos diferenciados según cada administración. Las referencias de identificación formal para cada una de las cuatro gestiones analizadas se detallan de forma independiente en la Figura 4 para optimizar el área analítica de las curvas. Durante el período asociado a Cristina Fernández de Kirchner, las diferencias entre retornos simulados y reales tienden a ser más acotadas en horizontes largos ($t=15$), lo que sugiere una dinámica relativamente más estable donde los modelos capturan mejor la tendencia, aunque aún subestiman eventos puntuales en el corto plazo ($t=5$). En el caso de Mauricio Macri, se observa una mayor dispersión entre simulación y realidad, especialmente a medida que se amplía el horizonte, reflejando un contexto de cambios en expectativas y volatilidad creciente que los supuestos normales no logran captar completamente. Para la administración de Alberto Fernández, las diferencias se amplifican de manera más marcada, con retornos reales significativamente superiores en horizontes medios y largos (Figuras $t=10$ y $t=15$), lo que evidencia la presencia de shocks y saltos que son ignorados por modelos tradicionales, pero mejor representados por enfoques con colas pesadas. Finalmente, bajo Javier Milei, la brecha entre retornos simulados y reales es especialmente notoria en el corto plazo ($t=5$), consistente con un escenario de alta incertidumbre y fuertes reacciones del mercado, donde los modelos normales tienden a subestimar de manera más pronunciada, mientras que aproximaciones tipo Lévy resultan más adecuadas para capturar dicha dinámica.En conjunto, estos resultados y la clara dinámica de sensibilidad observada ante la variación de las ventanas temporales en el eje horizontal refuerzan la idea de que la capacidad predictiva de los modelos depende críticamente del régimen económico subyacente y del grado de volatilidad y eventos extremos presentes en cada período.

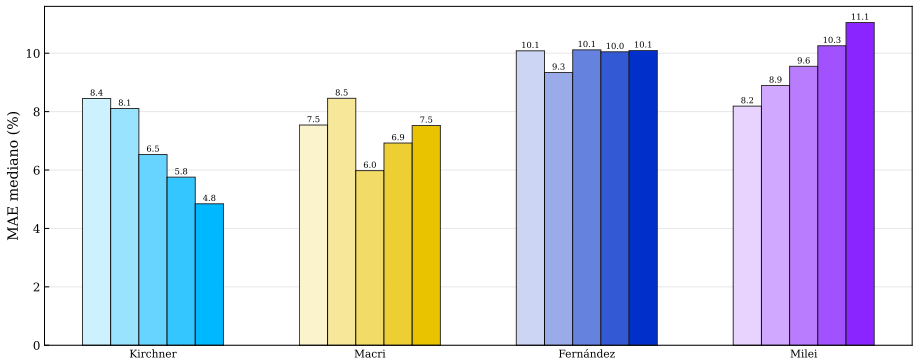
Esta diferencia adquiere relevancia al considerar los distintos perfiles de inversor, ya que no se trata de identificar un modelo correcto, sino de comprender qué tipo de riesgo se está representando. Los enfoques basados en normalidad tienden a suavizar la variabilidad y, por lo tanto, a subestimar eventos extremos, lo que puede resultar consistente con inversores más conservadores que priorizan estabilidad en contextos menos volátiles. En cambio, los modelos con colas pesadas, como los basados en distribuciones tipo Lévy, permiten incorporar la ocurrencia de saltos y escenarios de alta incertidumbre, ofreciendo una representación más adecuada para inversores con mayor tolerancia al riesgo, interesados en cómo las condiciones económicas pueden amplificar tanto pérdidas como oportunidades.



(a) Horizonte $t = 5$ días.



(b) Horizonte $t = 10$ días.



(c) Horizonte $t = 15$ días.

Fig. 3: Comparación entre retornos simulados y reales para distintos horizontes temporales con el modelo Lévy, agrupada por administración y período de ajuste, en los tres horizontes de evaluación.

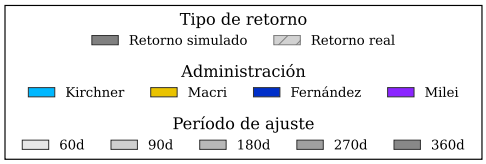


Fig. 4: Referencias de lectura.

4 Conclusiones

El estudio muestra que la modelización mediante distribuciones *Lévy Stable* constituye una herramienta más adecuada para representar la dinámica de retornos en el mercado argentino en contextos de alta volatilidad, en comparación con el enfoque normal clásico. En particular, su capacidad para capturar colas pesadas y eventos extremos permite reducir la subestimación sistemática observada bajo supuestos gaussianos, especialmente en escenarios de inestabilidad macroeconómica.

No obstante, los resultados evidencian que el desempeño del modelo no es uniforme, sino que depende críticamente del régimen económico analizado y del horizonte temporal considerado. En este sentido, más que identificar un modelo universalmente superior, el trabajo pone de manifiesto la importancia de comprender cómo distintas especificaciones capturan —o ignoran— determinadas características del mercado, tales como shocks, asimetrías y cambios estructurales.

Finalmente, la incorporación conjunta de métricas de sesgo y error absoluto mediano (MedAE) permite distinguir entre errores sistemáticos y desviaciones típicas, proporcionando una evaluación más completa del desempeño del modelo en contextos reales. Esta aproximación resulta particularmente relevante para la toma de decisiones, donde el objetivo no es la predicción exacta, sino la construcción de escenarios consistentes con las condiciones económicas subyacentes.

Como línea de investigación futura, se plantea profundizar en el análisis de sensibilidad ante la variación de las ventanas temporales de estimación. Dado que la reducción del horizonte hacia bloques de 60 o 30 días incrementa la susceptibilidad al ruido estadístico y altera significativamente la dispersión de los parámetros, resulta fundamental evaluar formalmente el intercambio entre la velocidad de adaptación del modelo a los cambios de régimen macroeconómico y la estabilidad matemática de los estimadores.

Acknowledgments. Este trabajo fue financiado parcialmente por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SeCyT) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC).

Disclosure of Interests. Los autores declaran no tener conflictos de intereses que sean relevantes para el contenido de este artículo.

Referencias

Altschul, C., Altschul, M., López, M., Preziosa, M. M., & Ruffolo, F . (2007). Argentina: A crisis of guidance. In *Culture and leadership across the world* (pp. 691–722). Psychology Press.

Borak, S., Härdle, W., & Weron, R. (2005). Stable distributions. In *Statistical tools for finance a nd i nsurance* (pp. 2 1–44). Springer.

Eom, C., & Park, J. W. (2020). Effects o f t he f at-tail d istribution o n t he relationship between prospect theory value and expected return. *The North American Journal of Economics and Finance*, *51*, 101052.

Feal Zubimendi, M. S., Rojas, M. L., & Zilio, M. I. (2010). Hechos estilizados para la economía argentina.

Giménez, D. N., Luczywo, N. A., Cabral, J. B., & Funes, M. (2025). Generación y diseño de herramientas para el análisis de retornos de carteras de inversión artificiales y reales. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, *33*(57), 20–23. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/49002

Glasserman, P. (2004). *Monte carlo methods in financial engineering*. Springer.

Knoop, T. (2013). *Global finance in emerging market economies*. Routledge.

Luczywo, N. A., Serrano, R., & Funes, M. (2021). Medición de la eficiencia informacional en el mercado de valores de Argentina [Trabajo presentado en la XXI International Finance Conference]. *XXI International Finance Conference*. https://www.internationalfinanceconference.com/memorias/

Risso, W. A. (2008). The informational efficiency and the financial crashes [Publisher: Elsevier]. *Research in International Business and Finance*, *22*(3), 396–408.

Zaburdaev, V., Denisov, S., & Klafter, J. (2015). Lévy walks. *Reviews of Modern Physics*, *87*(2), 483–530.