



Relación riesgo-rendimiento y construcción óptima de carteras: un enfoque analítico

Risk–return trade-off and optimal portfolio construction: an analytical approach

Jaime Leonardo Estrada Aguilar*

jestradaa2@uteq.edu.ec

Verónica Alexandra Arrata Corzo*

varratat@uteq.edu.ec

Ricardo Ruben Mora Torosine*

rmorat2@uteq.edu.ec

Mauricio Rubén Franco Coello*

mfrancoc2@uteq.edu.ec

*Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Recibido: 17/12/2025-Aceptado:24/02/2026

Correspondencia: jestradaa2@uteq.edu.ec

RESUMEN

La relación riesgo–rendimiento constituye un eje central de la teoría financiera y de la gestión moderna de carteras, especialmente en contextos caracterizados por alta volatilidad, incertidumbre macroeconómica y creciente complejidad de los mercados financieros. El objetivo de esta revisión de literatura es analizar de manera sistemática los avances teóricos y analíticos en la construcción óptima de carteras, a partir de evidencia científica reciente publicada entre 2021 y 2025. Siguiendo el método PRISMA, se seleccionaron y analizaron 50 artículos científicos de alto rigor académico, indexados en Scopus, Web of Science, Scielo y DOAJ, con verificación individual de DOI y extracción estructurada de información. Los resultados muestran una evolución desde el modelo media–varianza clásico hacia enfoques analíticos más robustos que incorporan medidas de riesgo no lineales, optimización bajo restricciones reales, modelos robustos y, de forma incipiente, criterios de sostenibilidad financiera. La evidencia revela que una gestión inadecuada del riesgo en la construcción de carteras no solo reduce la eficiencia financiera, sino que también incrementa la vulnerabilidad sistémica, afectando el crecimiento económico y la estabilidad de los mercados, particularmente en economías emergentes. En este sentido, la investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 8 y el ODS 9, al contribuir a una asignación más eficiente y responsable del capital. La revisión identifica vacíos relevantes y propone líneas futuras orientadas al desarrollo de carteras óptimas resilientes y sostenibles.

Palabras clave: Gestión del riesgo financiero; teoría de carteras; optimización analítica; relación riesgo–rendimiento; mercados financieros; sostenibilidad económica.

ABSTRACT

The risk–return relationship is a core pillar of financial theory and modern portfolio management, particularly in environments characterized by high volatility, macroeconomic uncertainty, and increasing market complexity. This literature review aims to systematically analyze recent theoretical and analytical advances in optimal portfolio construction, based on scientific evidence published between 2021 and 2025. Using the PRISMA methodology, a total of 50 high-quality peer-reviewed articles indexed in Scopus, Web of Science, Scielo, and DOAJ were selected, with individual DOI verification and structured data extraction. The findings reveal a clear evolution from the traditional mean–variance framework toward more advanced analytical approaches incorporating non-linear risk measures, optimization under real-market constraints, robust models, and emerging sustainability considerations. The reviewed evidence indicates that inadequate risk management in portfolio construction not only reduces financial efficiency but also amplifies systemic vulnerability, negatively affecting economic growth and market stability, particularly in emerging economies. Accordingly, this study is directly aligned with the Sustainable Development Goals, notably SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) and SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), by supporting more efficient and responsible capital allocation. This review identifies persistent research gaps and outlines future research directions focused on developing resilient and sustainable optimal portfolio models.

Keywords: Financial risk management; portfolio theory; analytical optimization; risk–return relationship; financial markets; economic sustainability

Cómo citar

Estrada Aguilar, J. L., Arrata Corzo, V. A., Mora Torosine, R. R., & Franco Coello, M. R. (2026). Relación riesgo-rendimiento y construcción óptima de carteras: un enfoque analítico. *GADE: Revista Científica*, 6(1), 350-376. <https://doi.org/10.63549/rg.v6i1.789>



INTRODUCCIÓN

La relación entre riesgo y rendimiento constituye uno de los ejes conceptuales más persistentes y debatidos en la literatura financiera, particularmente en el ámbito de la construcción óptima de carteras. Desde los desarrollos fundacionales de la teoría moderna de carteras, la gestión eficiente del riesgo ha sido entendida como un requisito indispensable para la maximización del rendimiento esperado bajo condiciones de incertidumbre. No obstante, la evidencia empírica acumulada en las últimas décadas ha puesto de manifiesto que los supuestos que sustentan los modelos clásicos resultan cada vez menos compatibles con la dinámica real de los mercados financieros contemporáneos.

Los estudios recientes recopilados en la base final del anexo evidencian que los mercados actuales presentan características estructurales — como alta volatilidad, no normalidad de los rendimientos, dependencia temporal y eventos extremos— que limitan la capacidad explicativa y predictiva de los enfoques tradicionales basados exclusivamente en la varianza como medida de riesgo (Fernández-Navarro et al., 2021; Lam et al., 2021). En respuesta

a estas limitaciones, la literatura ha evolucionado hacia modelos más flexibles que incorporan medidas alternativas de riesgo, técnicas de optimización robusta y metodologías computacionales avanzadas.

En este contexto, la optimización de carteras ha dejado de ser un problema puramente analítico para convertirse en un campo interdisciplinario que integra estadística avanzada, ciencia de datos y métodos de optimización no convexa. Los artículos analizados en la matriz bibliográfica muestran una expansión significativa del marco teórico clásico, incorporando enfoques como el Value at Risk condicional (CVaR), la desviación absoluta media, modelos robustos con incertidumbre paramétrica, técnicas de machine learning y, más recientemente, aproximaciones híbridas basadas en computación cuántica (Hamdi et al., 2022; Mugel et al., 2021).

A pesar de esta diversidad metodológica, la literatura no converge en un enfoque único, sino que revela una coexistencia de modelos con distintos niveles de complejidad, supuestos y aplicabilidad. Esta heterogeneidad metodológica plantea la necesidad de una revisión crítica y estructurada que permita identificar tendencias



dominantes, aportes sustantivos y vacíos de investigación. En este sentido, el presente artículo desarrolla una revisión narrativa con soporte sistemático de la literatura reciente, fundamentada en un corpus de 50 artículos indexados en Scopus y Web of Science, con el objetivo de analizar cómo los enfoques contemporáneos abordan la relación riesgo–rendimiento y la construcción óptima de carteras.

A pesar de los avances significativos en la teoría y práctica de la optimización de carteras, persiste una problemática central relacionada con la adecuación de los modelos riesgo–rendimiento a las condiciones reales de los mercados financieros. Los modelos clásicos, particularmente aquellos derivados del enfoque media–varianza, se apoyan en supuestos de normalidad de los rendimientos, estabilidad de las correlaciones y racionalidad perfecta de los inversionistas, supuestos que rara vez se cumplen de forma consistente en contextos empíricos (Markowitz, 1952; Fernández-Navarro et al., 2021).

Los hallazgos sintetizados en la base final del anexo muestran que una proporción significativa de los estudios recientes cuestiona la idoneidad de la varianza como única medida de riesgo,

señalando su incapacidad para diferenciar entre desviaciones positivas y negativas y para capturar adecuadamente las pérdidas extremas. Esta limitación resulta particularmente crítica en períodos de crisis financiera, donde el riesgo de cola adquiere un papel dominante en la toma de decisiones de inversión (Hamdi et al., 2022). En respuesta, diversos autores proponen el uso de medidas alternativas, como el CVaR y la desviación absoluta media, que han demostrado una mayor robustez frente a escenarios adversos.

Otra dimensión relevante de la problemática se relaciona con la creciente complejidad computacional de los modelos propuestos. La incorporación de múltiples activos, restricciones operativas y funciones objetivo no lineales genera problemas de optimización de gran escala que superan las capacidades de los métodos analíticos tradicionales. Los estudios incluidos en la matriz bibliográfica evidencian una tendencia hacia el uso de algoritmos híbridos, técnicas de optimización convexa y enfoques basados en aprendizaje automático, lo que, si bien amplía el alcance del análisis, introduce nuevos desafíos asociados a la interpretabilidad de los modelos y a su



implementación práctica (Lam et al., 2021; Mugel et al., 2021).

Asimismo, la revisión revela una brecha persistente entre el desarrollo teórico de modelos avanzados y su aplicación efectiva en entornos reales. Muchos estudios reportan resultados prometedores en escenarios simulados, pero reconocen limitaciones relacionadas con costos de transacción, liquidez, restricciones regulatorias y disponibilidad de información. Esta desconexión entre teoría y práctica limita el impacto operativo de los avances académicos y subraya la necesidad de enfoques que integren de manera más explícita las condiciones del mundo real.

En consecuencia, la problemática que aborda este artículo se centra en la ausencia de un marco integrador que permita evaluar de manera comparativa los distintos enfoques de optimización de carteras, considerando simultáneamente su rigor teórico, su capacidad de gestión del riesgo y su viabilidad práctica. A partir del análisis sistemático de los 50 artículos incluidos en la base final del anexo, este estudio busca responder a la siguiente cuestión: ¿en qué medida los enfoques contemporáneos de optimización de carteras logran superar las limitaciones de los modelos clásicos

en la gestión del riesgo y la maximización del rendimiento bajo condiciones de incertidumbre realista?

La resolución de esta problemática no solo tiene implicaciones teóricas para el desarrollo de las finanzas cuantitativas, sino que también resulta relevante para la toma de decisiones de inversión en contextos caracterizados por alta volatilidad e incertidumbre estructural.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de revisión analítica sistematizada, orientado a examinar críticamente la evolución metodológica de los modelos que analizan la relación riesgo-rendimiento y la construcción óptima de carteras. El diseño metodológico se fundamentó en criterios de rigurosidad científica, replicabilidad y coherencia conceptual, priorizando investigaciones empíricas y analítico-computacionales publicadas en revistas de alto impacto.

La identificación de la literatura se realizó mediante una búsqueda estructurada en bases de datos científicas reconocidas, principalmente Scopus y Web of Science, complementadas con revistas de acceso abierto indexadas. La



estrategia de búsqueda se construyó a partir de combinaciones sistemáticas y optimizadas de palabras clave en inglés y español, aplicadas a títulos, resúmenes y palabras clave, con el objetivo de maximizar la precisión, exhaustividad y relevancia del corpus bibliográfico. Las cadenas de búsqueda integraron términos vinculados a riesgo financiero, rendimiento, optimización de carteras, media-varianza, CVaR, MAD, entropía, simulación y aprendizaje automático.

Se incluyeron estudios publicados entre 2021 y 2024, pertenecientes a revistas clasificadas en cuartiles Q1 y Q2, que presentaran una base empírica explícita y un modelo metodológico claramente definido. El corpus final consideró investigaciones de enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto, así como estudios basados en modelación matemática, simulación estocástica, optimización multiobjetivo y técnicas de aprendizaje automático, en coherencia con los anexos sistematizados en Excel.

Se excluyeron investigaciones de carácter meramente descriptivo, contribuciones sin respaldo empírico verificable y trabajos con debilidades metodológicas sustantivas, tales como ausencia de modelo analítico, deficiente

operacionalización de variables o falta de criterios de validación. El proceso de selección siguió fases adaptadas del enfoque PRISMA, comprendiendo identificación, depuración, elegibilidad e inclusión final.

Finalmente, los estudios seleccionados fueron sistematizados en una matriz analítica y examinados mediante un análisis comparativo transversal, evaluando desempeño riesgo-ajustado, estabilidad ex-post, robustez ante eventos extremos y limitaciones metodológicas recurrentes.

3. RESULTADOS

3.1 Tendencias temáticas por clúster:

Evolución estructural del paradigma riesgo–rendimiento hacia enfoques analíticos más robustos: la evidencia sistematizada en esta revisión confirma que la teoría y práctica de la construcción óptima de carteras ha transitado desde un enfoque predominantemente paramétrico, centrado en la varianza como medida de riesgo, hacia modelos analíticos más flexibles y adaptativos. Este desplazamiento no responde únicamente a un refinamiento matemático, sino a la necesidad de capturar con mayor



fidelidad la dinámica real de los mercados financieros contemporáneos, caracterizados por no normalidad, asimetrías y eventos extremos. Los resultados muestran que los modelos alternativos no sustituyen completamente al enfoque clásico, pero sí lo complementan y superan en contextos de alta incertidumbre. En este sentido, la relación riesgo–rendimiento deja de entenderse como una frontera estática y pasa a concebirse como un equilibrio dinámico condicionado por el entorno, los supuestos y las restricciones operativas. Este hallazgo representa un aporte relevante para la literatura, al consolidar empíricamente la necesidad de replantear el paradigma tradicional desde una perspectiva más realista y contextualizada.

Mayor efectividad de las medidas de riesgo downside en la gestión de pérdidas extremas

Los resultados del análisis bibliográfico evidencian de forma consistente que las métricas de riesgo downside, particularmente el Conditional Value at Risk y la desviación absoluta media, ofrecen una capacidad superior para gestionar pérdidas severas en comparación con la varianza. Esta superioridad se manifiesta tanto en

simulaciones como en aplicaciones empíricas, especialmente durante períodos de estrés financiero. La relevancia de este hallazgo radica en que demuestra que la medición del riesgo no es neutral: la elección de la métrica condiciona de manera directa la composición de la cartera y su desempeño ex-post. En mercados volátiles, el uso de métricas simétricas tiende a subestimar el riesgo real, mientras que las medidas downside permiten una asignación de capital más prudente y resiliente. Por tanto, la literatura converge en señalar que la gestión eficiente del riesgo requiere abandonar enfoques unidimensionales y adoptar métricas que reflejen adecuadamente la aversión a pérdidas, reforzando así la estabilidad financiera.

Consolidación de enfoques multiobjetivo como respuesta a la complejidad real de los mercados: otro hallazgo central es la creciente adopción de modelos de optimización multiobjetivo, en los que el rendimiento esperado se equilibra con criterios adicionales como diversificación, eficiencia técnica, liquidez y restricciones operativas. La evidencia muestra que estos modelos ofrecen soluciones más estables y coherentes con las condiciones reales de inversión, en



contraste con los enfoques que priorizan un único objetivo. Este resultado sugiere que la optimización de carteras debe entenderse como un problema de decisión compleja, donde múltiples dimensiones interactúan simultáneamente. Desde una perspectiva aplicada, los enfoques multiobjetivo permiten a los gestores adaptar la estrategia de inversión a distintos perfiles de riesgo y horizontes temporales, mejorando la toma de decisiones bajo incertidumbre. En consecuencia, este hallazgo refuerza la idea de que la eficiencia financiera no puede evaluarse exclusivamente en términos de rentabilidad, sino en función de un balance integral entre riesgo, retorno y viabilidad operativa.

Aportes y limitaciones de la integración de aprendizaje automático en la optimización de carteras: la revisión evidencia que la incorporación de técnicas de aprendizaje automático, principalmente en la fase de preselección de activos, puede mejorar el desempeño riesgo-ajustado de las carteras. No obstante, los resultados también muestran que estos beneficios son altamente contingentes a la calidad de los datos, al control del sobreajuste y a la correcta integración con modelos de optimización bien especificados. Este

hallazgo es particularmente relevante, ya que matiza el entusiasmo creciente por las técnicas predictivas, señalando que su uso acrítico puede generar soluciones opacas y difíciles de interpretar. La literatura coincide en que el aprendizaje automático no debe concebirse como un sustituto de la teoría financiera, sino como un complemento que potencia el análisis cuando se utiliza dentro de marcos conceptuales sólidos. De este modo, el impacto real de estas técnicas depende menos de su sofisticación algorítmica y más de su coherencia metodológica.

Persistencia de una brecha entre desarrollo teórico y aplicabilidad práctica de los modelos avanzados: finalmente, los resultados ponen de manifiesto una brecha recurrente entre los avances teóricos en optimización de carteras y su implementación efectiva en entornos reales. Muchos estudios reportan mejoras significativas bajo supuestos ideales, pero reconocen limitaciones relacionadas con costos de transacción, liquidez, regulación y disponibilidad de información. Este hallazgo subraya la necesidad de enfoques que integren de forma explícita estas restricciones desde la etapa de modelación. En términos de impacto, el artículo contribuye a



visibilizar esta desconexión y a proponer una agenda de investigación orientada al desarrollo de modelos más interpretables, robustos y operativamente viables. Así, la relación riesgo–rendimiento se consolida no solo como un problema técnico, sino como un desafío estratégico con implicaciones

directas para la estabilidad financiera y la asignación sostenible del capital.

A continuación, se presenta una tabla que resume las señales metodológicas dominantes encontradas en el estudio del tema, así como las medidas y vacíos recurrentes en el proceso de análisis.

TABLA 1.

Síntesis de Cluster (tendencia)

Clúster (tendencia)	Peso en la evidencia (n/50)	Señales metodológicas dominantes	Medidas / técnicas más visibles	Vacíos recurrentes (síntesis)
Riesgo downside (CVaR/VaR) y preferencias: control de cola + eficiencia	6/50	preferencias, cvar, var, cvar downside, downside preferencias, downside	General/mixto (2); CVaR/cola, Entropía, Robusta (2); CVaR/cola, DEA/eficiencia (1)	Se requiere mayor validación out-of-sample, incorporación explícita de costos de transacción y pruebas de robustez ante cambios de régimen y estimación de parámetros. Generalización limitada al sector/mercado estudiado
Extensiones de Markowitz y optimización robusta/dinámica con restricciones	5/50	extensiones, markowitz extensiones, dinámico robusto, restricciones dinámico, extensiones restricciones, dinámico	CVaR/cola, Entropía, Robusta (5) ML (LSTM/CNN), Robusta (1); Bayesiano, Black–Litterman, MAD, ML (LSTM/CNN) (1); Black–Litterman, CVaR/cola (1)	Se requiere mayor validación out-of-sample, incorporación explícita de costos de transacción y pruebas de robustez ante cambios de régimen y estimación de parámetros.
Aprendizaje automático + preselección/predicción + modelos BL/híbridos	5/50	lstm, predicción, bl, preselección, mv, views		Riesgo de sobreajuste y dependencia del mercado tailandés Caso aplicado a un mercado específico



Redes financieras (MST / core-periphery) para diversificación estructural	3/50	mst, redes financieras, financieras, financieras mst, mst diversificación, redes	CVaR/cola, Entropía, Redes/MST, Robusta (2); Redes/MST (1)	Se requiere mayor validación out-of-sample, incorporación explícita de costos de transacción y pruebas de robustez ante cambios de régimen y estimación de parámetros. Requiere más evidencia sobre estabilidad del core-periphery entre regímenes y su interacción con costos de transacción/turnover. Falta integración con restricciones clásicas (presupuestales, cardinalidad) y comparación con BL/CVaR. No aborda explícitamente costos de transacción, restricciones regulatorias complejas ni incertidumbre paramétrica (robustez). Requiere evaluación fuera de los 8 casos y en clases de activos más amplias. No discute sensibilidad a estimación de parámetros bajo cambios estructurales ni integra restricciones de costos/turnover. Falta comparación con medidas downside (CVaR) y enfoques robustos.
Robustez, entropía, worst-case, sentimiento e incertidumbre en MV	20/50	mv, dinámica, entropía, sentimiento, incertidumbre, multiobjetivo analíticos	General/mixto (9); Robusta (5); MILP/exacto (1)	
Enfoques analíticos-computacionales y formulaciones multiobjetivo	11/50	computacionales, computacionales, enfoques analíticos, analíticos, enfoques, diversificación	CVaR/cola, Entropía, Robusta (11)	Se requiere mayor validación out-of-sample, incorporación explícita de costos de transacción y pruebas de robustez ante cambios de régimen y estimación de parámetros.

Fuente: elaboración propia de los autores

Del análisis de la tabla, el Cluster dominante ($\approx 40\%$ de la evidencia): “Robustez / incertidumbre / worst-case / entropía / dinámica”. Concentra el giro post-media-varianza hacia formulaciones que priorizan estabilidad bajo no normalidad, colas pesadas y cambios de régimen. La señal editorial es clara: la frontera eficiente “clásica” se mantiene como referencia, pero la innovación relevante ocurre cuando se reespecifica el riesgo y se introducen restricciones más realistas. También se identifica un Segundo bloque ($\approx 22\%$): “Enfoques analíticos-computacionales y multiobjetivo”

que aparece como “infraestructura metodológica”: reformulaciones, estrategias computacionales y objetivos múltiples (retorno-riesgo-diversificación-restricciones). Aquí se observa la transición de modelos elegantes a modelos operables.

Finalmente se destacan bloques especializados ($\approx 10\text{--}12\%$ cada uno):

- Downside/cola

(CVaR/VaR + preferencias + eficiencia/DEA): tendencia fuerte cuando el objetivo es control de pérdidas extremas y



comparaciones de desempeño bajo estrés.

• ML +
preselección/predicción +
BL/híbridos: aparece como
tendencia emergente; el patrón
recurrente en vacíos es el riesgo
de sobreajuste y la dependencia
del mercado/horizonte.

• Redes financieras
(MST/core-periphery): nicho con
una contribución clara:
diversificación estructural y
dependencia sistémica, más allá
de correlaciones simples.

La estructura global de la evidencia sugiere que el avance más consistente no es “obtener mayor retorno”, sino reducir fragilidad: los modelos recientes maximizan desempeño cuando logran controlar cola, estabilizar resultados fuera de muestra y absorber restricciones (costos, liquidez, cardinalidad). En términos conceptuales, esto reubica el riesgo desde una medida “simétrica” (varianza) hacia una noción de pérdida relevante (downside) e incertidumbre paramétrica (robustez). La consecuencia es metodológica: la comparación entre estudios exige mirar no solo la función objetivo, sino el paquete completo (métrica de riesgo +

restricciones + validación + sensibilidad); cuando algún componente falta, el resultado “óptimo” tiende a ser local, dependiente del contexto y poco transferible. Con esta información se asevera la existencia de evidencia que soporta los resultados expuestos y las conclusiones de esta investigación.

3.2 SÍNTESIS RELACIONAL DE HALLAZGOS DOMINANTES:

A continuación, la Tabla 2 presenta una síntesis relacional de los hallazgos derivados del análisis sistemático de 50 investigaciones científicas publicadas entre 2021 y 2025, seleccionadas mediante criterios PRISMA y verificación individual de DOI. La evidencia dominante fue determinada a partir de la frecuencia temática observada en la bibliografía analizada, ponderando recurrencia metodológica, consistencia empírica y nivel de replicabilidad reportado. No se consideró únicamente el número de estudios por categoría, sino la convergencia entre resultados, robustez estadística, validación fuera de muestra y coherencia conceptual con la teoría financiera. Este enfoque permitió identificar no solo tendencias cuantitativas, sino también la densidad epistemológica de cada bloque temático.



TABLA 2.

Síntesis relacional de hallazgos sobre la relación riesgo–rendimiento y construcción óptima de carteras (2021–2025).

Relación analizada	Evidencia dominante	Consenso empírico	Divergencias metodológicas	Nivel de robustez reportado	Vacíos críticos identificados
Media–varianza vs. métricas downside (CVaR, Mean-VaR)	Alta ($\approx 30\%$)	Las métricas downside mejoran control de pérdidas extremas	Diferencias en estimación de paramétrica escenarios de estrés	en Moderado–Alto	Escasa validación out-of-sample y sensibilidad a cambios de régimen
Robustez / worst-case / entropía vs. optimización clásica	Muy alta ($\approx 40\%$)	Mayor estabilidad bajo incertidumbre paramétrica	Diferentes definiciones conjuntos de incertidumbre	Alto en de simulación; de limitado en práctica	Falta integración explícita de costos de transacción
ML preselección BL/híbridos vs. modelos tradicionales	+ Media ($\approx 10-12\%$)	Mejora del rendimiento riesgo-ajustado en mercados específicos	Sobreajuste y dependencia en horizonte	de Variable	Generalización limitada y baja interpretabilidad
Redes financieras (MST / core-periphery) vs. correlación lineal	Baja–Media ($\approx 6\%$)	Mejor identificación de dependencia sistémica	Dificultad de integración con restricciones clásicas	de Moderado	Falta evidencia longitudinal entre regímenes
Multiobjetivo / formulaciones computacionales vs. modelo estático	Media–Alta ($\approx 22\%$)	Mayor adaptabilidad operativa	Complejidad algorítmica sensibilidad de parámetros	y de Moderado	Escasa comparación directa entre métricas de riesgo

Fuente: elaboración propia de los autores

Previo al análisis de la tabla 2, vale resaltar que no pretende jerarquizar enfoques en términos absolutos, sino establecer patrones de consolidación, tensiones metodológicas y vacíos estructurales que explican la evolución

reciente del paradigma riesgo–rendimiento del cual se expone en el análisis de Robustez, incertidumbre paramétrica y control de cola como núcleo dominante. La evidencia dominante reveló que el núcleo más



consistente del avance reciente se concentró en la incorporación explícita de incertidumbre paramétrica, formulaciones robustas y control de pérdidas extremas.

Aproximadamente el cuarenta por ciento de los estudios analizados priorizó enfoques worst-case, criterios basados en entropía o conjuntos de ambigüedad que buscan estabilizar el proceso de optimización frente a errores de estimación. Este patrón sugiere una transformación conceptual profunda: la frontera eficiente dejó de concebirse como un resultado determinista derivado de parámetros conocidos para convertirse en una solución contingente al régimen de mercado y a la calidad de la información disponible.

En otras palabras, el problema central ya no es exclusivamente maximizar retorno esperado bajo varianza conocida, sino minimizar fragilidad estructural cuando los parámetros son inciertos y potencialmente inestables. Esta convergencia metodológica indica que la robustez dejó de ser un complemento opcional y se consolidó como criterio estructural del diseño de carteras. No obstante, las discrepancias emergieron en la forma específica de construir los

conjuntos de incertidumbre y en la calibración empírica utilizada para estimarlos. Algunos estudios adoptaron aproximaciones conservadoras que reducen exposición extrema, pero sacrifican rendimiento, mientras otros definieron regiones de ambigüedad más estrechas, obteniendo mejoras aparentes, pero potencialmente menos estables fuera de muestra.

Estas diferencias explican variaciones en desempeño ex-post y muestran que la robustez no es una propiedad homogénea, sino un espectro dependiente de supuestos estructurales y del horizonte temporal considerado.

Análisis de Media-varianza frente a métricas downside: convergencias y tensiones

El bloque que contrasta media-varianza con métricas downside mostró una convergencia conceptual relevante en torno a la insuficiencia de la varianza para capturar adecuadamente pérdidas extremas bajo distribuciones con colas pesadas. El CVaR y otras medidas de riesgo de cola ofrecieron mayor coherencia con la aversión real al riesgo de los inversionistas institucionales, particularmente en escenarios de crisis financiera o alta volatilidad. Sin embargo, la literatura no presentó



uniformidad en la implementación empírica de estas métricas. Mientras algunos estudios integraron validación cruzada, pruebas de estabilidad intertemporal y análisis de sensibilidad ante shocks macroeconómicos, otros se limitaron a simulaciones paramétricas con supuestos distributivos simplificados. Esta heterogeneidad metodológica generó discrepancias en las conclusiones respecto a la magnitud de la mejora en rendimiento riesgo-ajustado. Además, las diferencias en horizontes temporales, profundidad histórica de datos y métodos de estimación de colas contribuyeron a resultados no siempre comparables. Por consiguiente, aunque existe consenso en que las métricas downside capturan mejor la dimensión asimétrica del riesgo, su efectividad práctica depende de la calidad de la calibración y del realismo de los supuestos. Este hallazgo refuerza la necesidad de evaluar el paquete metodológico completo antes de atribuir superioridad definitiva a un enfoque específico.

Análisis de Aprendizaje automático y modelos híbridos: potencial y fragilidad contextual

El bloque emergente que combina aprendizaje automático con marcos

híbridos como Black-Litterman evidenció mejoras puntuales en rendimiento riesgo-ajustado, particularmente en mercados específicos como Asia o en activos digitales de alta volatilidad. La convergencia metodológica sugiere que el valor del aprendizaje automático radica principalmente en la generación de señales predictivas que alimentan posteriormente un esquema de optimización estructurado. No obstante, la evidencia dominante en este segmento no se definió tanto por cantidad de estudios como por la intensidad del debate metodológico en torno al riesgo de sobreajuste y a la dependencia contextual. Los trabajos más rigurosos subrayaron la necesidad de disciplinar las predicciones mediante marcos bayesianos o de equilibrio para evitar soluciones espurias impulsadas por ruido estadístico.

Las discrepancias observadas se explican por diferencias en calidad de datos, tamaño de muestra, frecuencia temporal y ausencia de pruebas longitudinales amplias. En algunos casos, el rendimiento superior fue sensible a pequeñas variaciones en el período de entrenamiento, lo que sugiere fragilidad estructural. Por ello, la integración de ML en la construcción



óptima de carteras debe interpretarse como una herramienta complementaria y no como sustituto del razonamiento financiero tradicional.

Análisis de Redes financieras y diversificación estructural

En relación con las redes financieras, particularmente los enfoques basados en Minimum Spanning Tree y estructuras core-periphery, la evidencia mostró aportes claros en la identificación de dependencia sistémica y en la redefinición de la diversificación más allá de correlaciones lineales promedio. Estos estudios permitieron visualizar la arquitectura de interdependencias entre activos y detectar nodos con mayor capacidad de contagio. Sin embargo, su peso relativo en la muestra fue reducido, lo que indica que aún constituye un nicho especializado dentro del campo. La principal tensión metodológica radica en la dificultad de integrar la topología de red con restricciones presupuestarias, límites de cardinalidad y costos de transacción propios de la optimización clásica.

Aunque su potencial analítico es elevado, su implementación operativa enfrenta barreras técnicas que limitan su adopción generalizada. En consecuencia,

las redes aportan una dimensión estructural relevante para comprender riesgo sistémico, pero requieren mayor desarrollo para consolidarse como herramienta estándar en la práctica de gestión de carteras.

Análisis de Multiobjetivo y complejidad computacional

Finalmente, el bloque multiobjetivo y las formulaciones computacionales evidenciaron que la optimización contemporánea se desplazó hacia esquemas operables bajo múltiples restricciones y objetivos simultáneos. Este enfoque funcionó como infraestructura metodológica que permitió articular CVaR, entropía, robustez y restricciones reales en un marco coherente. La literatura mostró que la integración de varios objetivos no solo amplía la flexibilidad del modelo, sino que también reduce la probabilidad de soluciones extremas e inestables. Sin embargo, la complejidad algorítmica y la sensibilidad paramétrica siguen siendo desafíos abiertos.

Algunos estudios reportaron mejoras significativas bajo configuraciones específicas, pero su replicabilidad depende de la calibración cuidadosa de parámetros y del acceso a capacidad computacional suficiente.



Este hallazgo sugiere que el avance técnico debe acompañarse de protocolos rigurosos de validación empírica para evitar que la sofisticación matemática eclipse la aplicabilidad práctica.

En conjunto, la síntesis relacional demuestra que el avance más consistente del campo no se orientó hacia la maximización del retorno esperado, sino hacia la reducción de fragilidad estructural bajo incertidumbre. La evidencia dominante se consolidó cuando los modelos lograron controlar pérdidas extremas, estabilizar resultados fuera de muestra y absorber restricciones reales de mercado. Este patrón redefine la relación riesgo–rendimiento como un problema de resiliencia dinámica más que de eficiencia estática. La comparación entre estudios exige evaluar simultáneamente la métrica de riesgo empleada, la estructura de incertidumbre considerada, las restricciones operativas incorporadas y el rigor de la validación empírica. Cuando alguno de estos componentes estuvo ausente, el óptimo reportado tendió a ser local y dependiente del contexto, lo que explica la heterogeneidad observada en la literatura reciente. En consecuencia, el paradigma contemporáneo no desplaza a la teoría clásica, sino que la complejiza al

incorporar capas adicionales de protección frente a la inestabilidad sistémica. Este resultado fortalece el argumento central del artículo al demostrar que la evolución del campo se orienta hacia modelos capaces de sostener desempeño bajo condiciones adversas, consolidando la resiliencia como eje conceptual dominante en la construcción óptima de carteras.

DISCUSIÓN

Discusión teórica

La redefinición contemporánea de la relación riesgo–rendimiento como resiliencia estructural constituye el eje teórico que articula los hallazgos del estudio. La evidencia sistematizada en la síntesis relacional no mostró una sustitución abrupta del paradigma media–varianza, sino una transformación progresiva en la forma de concebir la eficiencia. Mientras que el modelo clásico de Markowitz (1952) partía del supuesto de parámetros relativamente estables y distribuciones bien comportadas, la literatura reciente asume explícitamente que los retornos financieros están expuestos a inestabilidad paramétrica, colas pesadas y cambios de régimen. En consecuencia, la frontera eficiente dejó de interpretarse como un óptimo determinista derivado



de inputs precisos y pasó a concebirse como una solución condicionada a la incertidumbre estructural.

Este desplazamiento no implica negación del fundamento teórico original, sino su extensión evolutiva mediante la incorporación de robustez, entropía y métricas de riesgo de cola como el CVaR (Rockafellar & Uryasev, 2000). La teoría financiera contemporánea parece converger hacia un criterio de eficiencia que privilegia la capacidad de absorción de shocks antes que la maximización puntual del retorno esperado. En este marco, la diversificación deja de ser un fenómeno puramente estadístico para adquirir una dimensión sistémica, especialmente cuando se incorporan estructuras topológicas y análisis de dependencia compleja. Así, la noción de riesgo se desplaza desde la variabilidad simétrica hacia la vulnerabilidad estructural, redefiniendo el sentido mismo de la construcción óptima de carteras.

La coexistencia de enfoques robustos, downside, bayesianos y de redes confirma que el campo opera mediante superposición de racionalidades y no por sustitución paradigmática. La evidencia no indica que un modelo haya desplazado

definitivamente a otro, sino que la arquitectura actual integra métricas de cola, marcos de equilibrio como Black–Litterman (Black & Litterman, 1992) y herramientas de representación estructural como el Minimum Spanning Tree (Berouaga et al., 2023). Este ensamblaje teórico revela que la relación riesgo–rendimiento se ha vuelto multidimensional: incluye volatilidad, pérdida extrema, incertidumbre paramétrica y dependencia sistémica. La síntesis relacional demostró que el paradigma contemporáneo es híbrido por naturaleza, ya que cada dimensión del riesgo responde a una capa distinta de fragilidad. Bajo esta lectura, la superioridad teórica no se define por elegancia matemática ni por rendimiento puntual, sino por coherencia bajo perturbaciones. El campo se densifica conceptualmente al reconocer que la eficiencia depende del horizonte temporal, del régimen macroeconómico y de la tolerancia institucional al riesgo. Esta reinterpretación fortalece la idea de que la optimización no es un problema cerrado, sino un proceso adaptativo condicionado por información imperfecta y entornos dinámicos.

Discusión metodológica



La principal tensión metodológica identificada radica en la brecha persistente entre sofisticación algorítmica y validación empírica robusta. Aunque una proporción significativa de estudios incorporó formulaciones robustas, multiobjetivo o de aprendizaje automático, no todos aplicaron protocolos rigurosos de validación fuera de muestra, análisis de sensibilidad o incorporación explícita de costos de transacción. Esta omisión afecta la comparabilidad entre enfoques y explica parte de las discrepancias observadas en el desempeño reportado. La robustez declarada en entornos simulados no siempre se traduce en estabilidad operativa en mercados reales, especialmente cuando se enfrentan cambios abruptos de régimen.

Asimismo, el uso de modelos de aprendizaje automático puede amplificar el riesgo de sobreajuste si no se implementan técnicas adecuadas de regularización y validación longitudinal. La evidencia dominante mostró que los estudios más consistentes combinaron complejidad metodológica con protocolos empíricos exigentes, incluyendo pruebas rolling-window y contrastes intertemporales. En consecuencia, el problema metodológico no radica en la pertinencia de modelos

avanzados, sino en la necesidad de estandarizar criterios mínimos de evaluación que permitan distinguir mejoras estructurales de resultados contextuales.

La heterogeneidad en métricas de riesgo y estructuras de optimización también exige mayor normalización comparativa. La comparación entre varianza, CVaR, entropía o modelos híbridos carece de sentido si no se aplican horizontes temporales homogéneos y supuestos distributivos explícitos. Además, la integración de redes financieras con restricciones clásicas —presupuesto, cardinalidad y fricciones— continúa siendo un desafío metodológico abierto. La literatura reciente sugiere que el progreso futuro dependerá menos de introducir nuevas métricas y más de consolidar marcos comparativos consistentes que permitan evaluar desempeño bajo condiciones equivalentes. En este sentido, la síntesis relacional presentada en el estudio constituye un avance metodológico al evidenciar dónde se concentra la fragilidad empírica del campo. La clarificación de tensiones recurrentes —sobreajuste, falta de validación longitudinal, sensibilidad paramétrica— fortalece la agenda investigativa al señalar que la robustez debe ser



entendida como propiedad verificable y no solo declarativa. De esta manera, la discusión metodológica no fragmenta la literatura, sino que orienta su evolución hacia estándares más rigurosos y comparables.

CONCLUSIONES

Evolución conceptual y empírica de la relación riesgo–rendimiento hacia enfoques más realistas y robustos

La revisión de la literatura permitió sintetizar evidencia convergente que mostró una transformación progresiva del paradigma clásico de la relación riesgo–rendimiento hacia enfoques analíticos más consistentes con la dinámica real de los mercados financieros. Los estudios analizados evidenciaron que el modelo media–varianza, si bien mantuvo relevancia como referencia teórica, presentó limitaciones sustantivas para capturar asimetrías, colas pesadas y eventos extremos. En contraste, las métricas downside y los enfoques robustos mostraron una mayor capacidad para gestionar pérdidas relevantes y estabilizar el desempeño de las carteras bajo escenarios adversos. Este patrón empírico reveló que el avance del campo no se centró en maximizar retornos esperados, sino en reducir la fragilidad

financiera. En términos prácticos, este hallazgo implicó un cambio de enfoque para gestores y emprendedores financieros, quienes requirieron priorizar la resiliencia del portafolio sobre estrategias agresivas de rentabilidad. Desde una perspectiva de política pública, la evidencia respaldó la promoción de estándares de gestión del riesgo que desincentiven prácticas especulativas excesivamente expuestas a pérdidas sistémicas.

Evaluación crítica de la orientación metodológica y geográfica de la literatura revisada

El análisis crítico de los estudios incluidos evidenció un predominio claro de enfoques cuantitativos y analítico–computacionales, con un uso intensivo de simulación, optimización matemática y técnicas de ciencia de datos. Si bien esta orientación fortaleció la precisión técnica de los modelos, también limitó la comprensión de los procesos decisionales reales de los inversionistas y gestores. Asimismo, la literatura mostró una concentración geográfica significativa en mercados desarrollados y asiáticos, lo que redujo la representatividad de economías emergentes y contextos institucionales distintos. Esta asimetría explicó parte de



las divergencias observadas en los resultados empíricos, especialmente en lo relativo a estabilidad fuera de muestra y desempeño bajo restricciones reales. En consecuencia, se concluyó que la calidad metodológica fue alta, pero la diversidad contextual resultó insuficiente. Para el ámbito emprendedor y social, esta limitación implicó que muchos modelos propuestos no fueran directamente transferibles a realidades locales, reforzando la necesidad de investigación aplicada contextualizada.

Vacíos estructurales en la validación, comparabilidad y aplicabilidad de los modelos propuestos

La revisión permitió identificar vacíos persistentes que limitaron la consolidación de un marco integrador en la optimización de carteras. De manera recurrente, los estudios omitieron validaciones fuera de muestra rigurosas, análisis de sensibilidad paramétrica y la incorporación explícita de costos de transacción, liquidez y restricciones regulatorias. En el caso de los modelos basados en aprendizaje automático, se observaron resultados contradictorios asociados al sobreajuste y a la dependencia del mercado y horizonte temporal. Asimismo, los enfoques basados en redes financieras aportaron

una comprensión sistémica valiosa, pero carecieron de mecanismos claros para traducir esa información en decisiones operativas de asignación de activos. Estos vacíos explicaron la fragmentación del conocimiento y la limitada comparabilidad entre estudios. Desde el punto de vista de la política pública, esta situación dificultó la adopción de lineamientos técnicos basados en evidencia homogénea, mientras que para emprendedores financieros implicó un mayor riesgo al aplicar modelos sin validación contextual suficiente.

Aporte integrador y reinterpretativo de la presente revisión al campo del conocimiento

La principal contribución de este estudio consistió en integrar, sistematizar y reinterpretar la evidencia dispersa sobre la relación riesgo–rendimiento y la construcción óptima de carteras. A través de una síntesis relacional, la revisión permitió clasificar los enfoques existentes según métricas de riesgo, nivel de robustez, complejidad computacional y viabilidad operativa. Este ejercicio superó revisiones meramente descriptivas al identificar patrones, coincidencias y contradicciones con base comparativa. En consecuencia, se aportó un marco analítico que facilitó la



evaluación crítica de los modelos y su pertinencia para distintos contextos económicos. Este aporte tuvo utilidad directa para gestores, emprendedores y formuladores de política, al ofrecer criterios claros para seleccionar enfoques de optimización alineados con objetivos de estabilidad financiera y sostenibilidad económica. De este modo, la revisión contribuyó a fortalecer la toma de decisiones informadas y responsables.

Proyección de líneas futuras de investigación con impacto social, económico y regulatorio

A partir de los vacíos detectados, se concluyó que futuras investigaciones deberían orientarse hacia estudios comparativos multi-país, con especial énfasis en economías emergentes y contextos institucionales diversos. Asimismo, se identificó la necesidad de desarrollar modelos híbridos que integren métricas downside, robustez paramétrica, interpretabilidad y restricciones operativas reales. Otra línea prioritaria consistió en incorporar criterios de sostenibilidad financiera y social en la optimización de carteras, alineando la gestión del riesgo con objetivos de desarrollo económico inclusivo. Desde la política pública, estas

líneas permitirían diseñar marcos regulatorios más coherentes con la estabilidad sistémica, mientras que para el ecosistema emprendedor facilitarían el acceso a herramientas de gestión del riesgo más realistas y adaptables. En este sentido, la investigación futura se proyectó no solo como un avance académico, sino como un insumo estratégico para el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Alexander, G. J., & Baptista, A. M. (2021). Portfolio selection with downside risk. *Journal of Banking & Finance*, 127, 106089. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2021.106089>
- Ansari, I., Sharma, C., Agrawal, A., & Sahni, N. (2025). A novel portfolio construction strategy based on the core-periphery profile of stocks. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20777-1>
- Ansari, I., Sharma, C., Agrawal, A., Sahni, N. (2025). A novel portfolio construction strategy based on the core-periphery profile of stocks. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20777-1>



- Batrancea, L. M., Balcı, M. A., Akgüller, Ö., & Gaban, L. (2025). . Distributionally robust multivariate stochastic cone order portfolio optimization: Theory and evidence from Borsa Istanbul. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math13152473>
- Batrancea, L.M., Balcı, M.A., Akgüller, Ö., Gaban, L. (2025). . Distributionally Robust Multivariate Stochastic Cone Order Portfolio Optimization: Theory and Evidence from Borsa Istanbul. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math13152473>
- Berouaga, Y., El Msiyah, C., & Madkour, J. (2023). . Portfolio optimization using minimum spanning tree model in the Moroccan stock exchange market. *International Journal of Financial Studies*.
<https://doi.org/10.3390/ijfs11020053>
- Berouaga, Y., El Msiyah, C., Madkour, J. (2023). . Portfolio Optimization Using Minimum Spanning Tree Model in the Moroccan Stock Exchange Market. *International Journal of Financial Studies*.
- Bessler, et al. (2024). . Portfolio Optimization with Sector Return Prediction Models. *Journal of Risk and Financial Management*.
<https://doi.org/10.3390/jrfm17060254>
- Bessler, W., et al. (2024). . Portfolio optimization with sector return prediction models. *Journal of Risk and Financial Management*.
<https://doi.org/10.3390/jrfm17060254>
- Black, F., & Litterman, R. (1992). Global portfolio optimization. *Financial Analysts Journal*, 48(5), 28–43.
- Bodnar, T., Okhrin, Y., Parolya, N., & Schmid, W. (2021). . Optimal portfolios with robust estimators. *Journal of Multivariate Analysis*, 183, 104725.
<https://doi.org/10.1016/j.jmva.2021.104725>
- Bowala, S., Singh, J. (2022). . Optimizing Portfolio Risk of Cryptocurrencies Using Data-Driven Risk Measures. *Journal of Risk and Financial Management*.
<https://doi.org/10.3390/jrfm15100427>



- Chaweewanchon, A., Chaysiri, R. (2022). . Markowitz Mean-Variance Portfolio Optimization with Predictive Stock Selection Using Machine Learning. *International Journal of Financial Studies*.
<https://doi.org/10.3390/ijfs10030064>
- Cho, P., Lee, M. (2024). . Dynamic Black–Litterman Portfolios Incorporating Asymmetric Fractal Uncertainty. *Fractal and Fractional*.
<https://doi.org/10.3390/fractalfract8110642>
- Diandra Chika Fransisca, Sukono, Diah Chaerani, Nurfadhlin Abdul Halim (2024). . Robust Portfolio Mean-Variance Optimization for Capital Allocation in Stock Investment Using the Genetic Algorithm: A Systematic Literature Review. *Computation*.
<https://doi.org/10.3390/computation12080166>
- Escobar-Anel, M., Jiao, Y. (2024). . Robust Portfolio Optimization with Environmental, Social, and Corporate Governance Preference. *Risks*.
<https://doi.org/10.3390/risks12020033>
- Fabozzi, F. J., Huang, D., & Zhou, G. (2022). . Robust portfolios: Contributions from operations research and finance. *European Journal of Operational Research*, 299(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.033>
- Febrianti, W., Sidarto, K.A., Sumarti, N. (2023). . Solving Constrained Mean-Variance Portfolio Optimization Problems Using Spiral Optimization Algorithm. *International Journal of Financial Studies*.
<https://doi.org/10.3390/ijfs11010001>
- Fereshteh Vaezi Jezeie, Seyed Jafar Sadjadi, Ahmad Makui (2022). . Constrained portfolio optimization with discrete variables: An algorithmic method based on dynamic programming. *PLOS ONE*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271811>
- Fernández-Navarro, F., Martínez-Nieto, L., Carbonero-Ruz, M., & Sánchez-González, L. (2021). . Mean squared variance portfolio:



- A mixed-integer quadratic programming approach. *Mathematics*, 9(9), 1032. <https://doi.org/10.3390/math9091032>
- Fernández-Navarro, F., Martínez-Nieto, L., Carbonero-Ruz, M., Montero-Romero, T. (2021). . Mean Squared Variance Portfolio: A Mixed-Integer Linear Programming Formulation. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math9030223>
- Florentin Șerban, Bogdan-Petru Vrînceanu (2025). . Mean–Variance–Entropy Framework for Cryptocurrency Portfolio Optimization. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math13101693>
- Fransisca, D.C., Sukono, Chaerani, D., Halim, N.A. (2024). . Robust Portfolio Mean-Variance Optimization for Capital Allocation in Stock Investment Using the Genetic Algorithm: A Systematic Literature Review. *Computation*. <https://doi.org/10.3390/computati12080166>
- Ghanbari, H., Mohammadi, E., Fooeik, A.M.L., Kumar, R.R., Stauvermann, P.J., Shabani, M. (2024). . Cryptocurrency Portfolio Allocation under Credibilistic CVaR Criterion and Practical Constraints. *Risks*. <https://doi.org/10.3390/risks12100163>
- Gonzalo, V., Wahl, M., Zagst, R. (2025). . Dynamic Portfolio Optimization Using Information from a Crisis Indicator. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math13162664>
- Hamdi, A., Karimi, A., Mehrdoust, F., & Belhaouari, S. B. (2022). . Portfolio selection problem using CVaR risk measure. *Mathematics*, 10(15), 2808. <https://doi.org/10.3390/math10152808>
- Hamdi, A., Karimi, A., Mehrdoust, F., Belhaouari, S.B. (2022). . Portfolio Selection Problem Using CVaR Risk Measures Equipped with DEA, PSO, and ICA Algorithms. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math10152808>
- Hidayat, Y., Purwandari, T., Sukono, et al. (2023). . Mean-Value-at-Risk



- Portfolio Optimization Based on Risk Tolerance Preferences and Asymmetric Volatility. Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math11234761>
- Kabir, M.A., Liping, Y., Sarker, S.K., et al. (2023). . Portfolio optimization and valuation capability of multi-factor models: an observational evidence from Dhaka stock exchange. Frontiers in Applied Mathematics and Statistics. <https://doi.org/10.3389/fams.2023.1271485>
- Lam, W. S., Lam, W. H., & Jaaman, S. H. (2021). . Portfolio optimization with a mean–absolute deviation–entropy multi-objective model. Entropy, 23(10), 1266. <https://doi.org/10.3390/e23101266>
- Lam, W.S., Lam, W.H., Jaaman, S.H. (2021). . Portfolio Optimization with a Mean–Absolute Deviation–Entropy Multi-Objective Model. Entropy. <https://doi.org/10.3390/e23101266>
- Lin, C., He, X. (2024). . Portfolio Optimization with Multi-Trend Objective and Accelerated Quasi-Newton Method. Symmetry.
- <https://doi.org/10.3390/sym16070821>
- Markowitz, H. (1952). . Portfolio selection. The Journal of Finance, 7(1), 77–91.
- Mehta, N.J., Yang, F. (2022). . Portfolio Optimization for Extreme Risks with Maximum Diversification: An Empirical Analysis. Risks. <https://doi.org/10.3390/risks10050101>
- Millán-Palacios, S., Sánchez-Soriano, J. (2025). . Investment Portfolios Optimization with Genetic Algorithm: An Approach Applied to the Spanish Market (IBEX 35). Electronics. <https://doi.org/10.3390/electronics14132559>
- Minh Duc Nguyen (2025). . Advanced investing with deep learning for risk-aligned portfolio optimization. PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0330547>
- Mourtas, S.D., Kasimis, C. (2022). . Exploiting Mean-Variance Portfolio Optimization Problems through Zeroing Neural Networks. Mathematics.



- <https://doi.org/10.3390/math10173079>
- Mugel, S., Abad, M., Bermejo, M., Sánchez, J., Lizaso, E., Orús, R. (2021). . Hybrid quantum investment optimization with minimal holding period. *Scientific Reports*.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-98297-x>
- Ozelim, L.C.S.M., Ribeiro, D.B., Schiavon, J.A., et al. (2023). . HPOSS: A hierarchical portfolio optimization stacking strategy to reduce the generalization error of ensembles of models. *PLOS ONE*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290331>
- Paulo Rotella Junior, Luiz Célio Souza Rocha, Rogério Santana Peruchi, Giancarlo Aquila, Edson de Oliveira Pamplona, Karel Janda, Arthur Leandro Guerra Pires (2023). . Robust portfolio optimization: a stochastic evaluation of worst-case scenarios. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*.
<https://doi.org/10.1080/1331677X.2023.2165525>
- Qi, Y., Wang, Y., Huang, J., & Zhang, Y. (2024). . Analytical shortcuts to multiple-objective portfolio optimization. *Mathematics*, 12(24), 3946.
<https://doi.org/10.3390/math12243946>
- Qi, Y., Wang, Y., Huang, J., & Zhang, Y. (2024). . Analytical shortcuts to multiple-objective portfolio optimization: Investigating the non-negativeness of portfolio weight vectors of equality-constraint-only models and implications for capital asset pricing models. *Mathematics*, 12(24), 3946.
<https://doi.org/10.3390/math12243946>
- Qiao, R., Qiao, Y. (2024). . Measurement and Control of Risk Contagion in Portfolio Optimization Processes. *Symmetry*.
<https://doi.org/10.3390/sym16060776>
- Roberto Baviera, Giulia Bianchi (2021). . Model risk in mean-variance portfolio selection: an analytic solution to the worst-case approach. *Journal of Global Optimization*.
<https://doi.org/10.1007/s10898-021-01039-6>



- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). . Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of Risk*, 2(3), 21–41.
<https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038>
- Șerban, F., Dedu, S. (2025). . Robust Portfolio Optimization in Crypto Markets Using Second-Order Tsallis Entropy and Liquidity-Aware Diversification. *Risks*.
<https://doi.org/10.3390/risks13090180>
- Șerban, F., Vrînceanu, B.-P. (2025). . Mean–Variance–Entropy Framework for Cryptocurrency Portfolio Optimization. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math13101693>
- Șerban, F. (2025). . A Multi-Period Optimization Framework for Portfolio Selection Using Interval Analysis. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math13101552>
- Sukono, Ghazali, P.L.B., Johansyah, M.D., et al. (2024). . Modeling of Mean-Value-at-Risk Investment Portfolio Optimization Considering Liabilities and Risk-Free Assets. *Computation*.
<https://doi.org/10.3390/computation12060120>
- Sutiene, K., et al. (2024). . Enhancing portfolio management using artificial intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence*.
<https://doi.org/10.3389/frai.2024.1371502>
- Truyols-Pont, M.A., Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M. (2024). . Machine Learning for Sustainable Portfolio Optimization Applied to a Water Market. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math12243975>
- Wang, T., Pan, Q., Wu, W., Gao, J., Zhou, K. (2024). . Dynamic Mean–Variance Portfolio Optimization with Value-at-Risk Constraint in Continuous Time. *Mathematics*.
<https://doi.org/10.3390/math12142268>
- Wang, X., Liu, L. (2025). . Risk-Sensitive Deep Reinforcement Learning for Portfolio Optimization. *Journal of Risk and Financial Management*.
<https://doi.org/10.3390/jrfm18070347>
- Wen-Yi Lee, Yu-Hsuan Lin, Jing-Rung Yu, Donald Lien (2025). .



- Parametric portfolio policy with momentum-based sentiment trading strategy. PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335462>
- Wu, Y., Sun, Y. (2025). . A CVaR-Based Black–Litterman Model with Macroeconomic Cycle Views for Optimal Asset Allocation of Pension Funds. Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math13244034>
- Xiaorui Zhang, (et al.) (2023). . High-Dimensional Distributionally Robust Mean-Variance Efficient Portfolio Selection. Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math11051272>
- Xu, S., Shen, J., Hua, H., Li, F., Yu, K., Li, Z., Gao, X., Dong, X. (2023). . Trading Portfolio Strategy Optimization via Mean-Variance Model Considering Multiple Energy Derivatives. Processes. <https://doi.org/10.3390/pr11020532>
- Yan, X., Yang, H., Yu, Z., Zhang, S. (2021). . A Network View of Portfolio Optimization Using Fundamental Information. Frontiers in Physics. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.721007>
- Yang, H., Luo, Z. (2025). . Entropy and Minimax Risk Diversification: An Empirical and Simulation Study of Portfolio Optimization. Stats. <https://doi.org/10.3390/stats8040115>
- Zhang, Y. (2021). . Dynamic Optimal Mean-Variance Portfolio Selection with a $3/2$ Stochastic Volatility. Risks. <https://doi.org/10.3390/risks9040061>
- Zhang, Y., Tao, J., Yin, Z., Wang, G. (2022). . Improved Large Covariance Matrix Estimation Based on Efficient Convex Combination and Its Application in Portfolio Optimization. Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math10224282>
- Zhao, H., Jiang, Y., Yang, Y. (2023). . Robust and Sparse Portfolio: Optimization Models and Algorithms. Mathematics. <https://doi.org/10.3390/math11244925>