



Vigilada Mineducación

**Asignación óptima de activos para un fondo patrimonial en la  
Fundación Universidad de Antioquia (2026-2035)**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Administración Financiera**

**Fabio Andrés Vásquez Roldán**

**favasquezr@eafit.edu.co**

**Lizeth Fernanda Rodríguez Solano**

**lfrodrigus@eafit.edu.co**

**Asesor**

**Carlos Eduardo González Tabares**

**cgonza22@eafit.edu.co**

**Universidad EAFIT**

**Escuela de Finanzas, Economía y Gobierno**

**Maestría en Administración Financiera - MAF**

**Medellín**

**2025**

## Resumen

Este trabajo propone la asignación óptima de activos para un fondo patrimonial en la Fundación Universidad de Antioquia, con el fin de fortalecer su sostenibilidad financiera en el período 2026-2035. La metodología combina la Teoría Moderna de Portafolio con simulaciones de Monte Carlo con el fin de evaluar el desempeño del portafolio bajo diferentes escenarios económicos. El enfoque se adapta al perfil de riesgo y misión de una entidad social en Colombia, tomando como referencia buenas prácticas de gestión patrimonial.

El presente estudio ofrece una estrategia eficiente para la asignación óptima de activos que reduce la volatilidad y maximiza la sostenibilidad financiera de un fondo patrimonial. Cabe anotar que esta estrategia es aplicable a entidades sociales que buscan la generación de ingresos recurrentes, la preservación del capital, la diversificación de las fuentes de financiación y el cumplimiento de su propósito institucional.

El estudio no aborda decisiones tácticas, ni recomendaciones de inversión o de implementación directa. Sin embargo, es una herramienta práctica, replicable y orientada a apoyar la planificación financiera de largo plazo en organizaciones sin ánimo de lucro.

**Palabras clave:** Asignación de activos, sostenibilidad financiera, fondo patrimonial, teoría de portafolio, financiación de entidades sin ánimo de lucro.

## Abstract

This study proposes the optimal asset allocation for an endowment fund at the Universidad de Antioquia Foundation, aimed at strengthening its financial sustainability during the period 2026-2035. The methodology combines Modern Portfolio Theory (Markowitz) with Monte Carlo simulations to evaluate portfolio performance under various economic scenarios. The approach is tailored to the risk profile and mission of a nonprofit entity in Colombia, drawing on best practices in endowment management.

The study offers an efficient strategy for optimal asset allocation that reduces volatility and enhances the long-term financial sustainability of an endowment fund. It is applicable to nonprofit organizations seeking to generate recurring income, preserve capital, diversify funding sources, and fulfill their institutional mission.

This study does not address tactical decisions, investment recommendations, or direct implementation. It is a practical and replicable tool aimed at supporting long-term financial planning in nonprofit organizations.

**Key words:** Asset allocation, financial sustainability, endowment fund, portfolio theory, nonprofit organization funding.

**Clasificación JEL:** C61, G11, G23, I22, L31.

## Contenido

1. Glosario .....	6
2. Introducción .....	7
3. Situación de Estudio .....	8
3.1. Pregunta de Investigación.....	11
4. Objetivo General y Específicos.....	11
4.1. Objetivo General.....	11
4.2. Objetivos Específicos .....	11
5. Marco de Referencia Conceptual.....	12
5.1. Sostenibilidad Financiera en Entidades Sin Ánimo de Lucro .....	12
5.2. Fondos Patrimoniales .....	13
5.3. Teoría Moderna de Portafolio.....	16
5.4. Simulación de Monte Carlo .....	17
6. Metodología .....	18
7. Resultados: Asignación Óptima de Activos y Simulación de Monte Carlo .....	19
7.1. Análisis Legal y Financiero Institucional.....	19
7.2. Selección y Caracterización de Activos .....	22
7.2.1. Correlación Entre Activos Seleccionados .....	24
7.2.2. Rentabilidad y Volatilidad de los Activos del Portafolio 2020-2025 .....	26
7.3. Optimización del Portafolio (Modelo de Markowitz) .....	27
7.3.1. Portafolio Óptimo y Frontera Eficiente.....	27

7.4. Simulación de Monte Carlo .....	29
7.4.1. Resultados del Portafolio Óptimo por Escenario Macroeconómico .....	31
7.5. Análisis y Validación entre el Portafolio Óptimo y Estrategias Alternativas .....	35
7.6. Limitaciones del Modelo o Sensibilidad Frente a Supuestos Macroeconómicos .....	37
8. Conclusiones y Recomendaciones .....	38

### **Lista de Figuras**

Figura 1. Resultados financieros Fundación Universidad de Antioquia 2015-2024 .....	22
Figura 2. Matriz de correlación entre activos seleccionados .....	25
Figura 3. Frontera eficiente del portafolio óptimo .....	29
Figura 4. Trayectorias simulación de Monte Carlo por escenario macroeconómico .....	31
Figura 5. Distribución final del portafolio por escenario macroeconómico .....	34

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Rentabilidad y volatilidad de los activos .....	26
Tabla 2. Portafolio óptimo .....	28
Tabla 3. Resultados del portafolio óptimo: retiros totales y rentabilidad por escenario macroeconómico (en millones COP) .....	33
Tabla 4. Desempeño del portafolio óptimo frente a otros portafolios de inversión (métricas) .....	36

## 1. Glosario

Activos alternativos: hacen referencia a cualquier clase de activo o estrategia de inversión no tradicional. Se incluyen activos como las inversiones inmobiliarias, infraestructura y transporte.

ESAL: persona jurídica que se crea por voluntad de sus asociados o fundadores para desarrollar actividades de beneficio social, comunitario o altruista. Las ESAL no distribuyen los excedentes entre sus miembros, sino que reinvierten en sus propósitos misionales.

Fondos de cobertura: son vehículos de inversión privados que utilizan estrategias complejas y variadas para buscar rentabilidad positiva, incluso en mercados bajistas, a diferencia de los fondos tradicionales.

Fundación Universidad de Antioquia: entidad sin ánimo de lucro que tiene como propósito contribuir con el desarrollo y modernización de la Universidad de Antioquia, en busca de su excelencia científica y académica.

Ratio de Sharpe: mide el rendimiento adicional que obtiene un inversor por cada unidad de riesgo asumido.

Renta fija: son activos de bajo riesgo como los bonos, que ofrecen rendimientos predecibles y controlados donde el emisor se compromete a devolver el capital con un interés determinado en un plazo establecido.

Renta variable: son activos más volátiles como las acciones, su rendimiento depende del mercado y de la empresa emisora, lo que genera un mayor potencial de ganancias, pero también un riesgo superior.

Value at Risk (VaR) o Valor en Riesgo: es una métrica estadística que estima la pérdida potencial máxima que una cartera o inversión puede sufrir en un período de tiempo determinado, con un cierto nivel de confianza.

## **2. Introducción**

La gestión de fondos patrimoniales en las entidades sin ánimo de lucro representa un reto y una oportunidad estratégica que busca asegurar su sostenibilidad financiera a largo plazo. En el caso de la Fundación Universidad de Antioquia, se considera una necesidad importante para conservar el valor del capital y al mismo tiempo, generar ingresos periódicos con el fin de garantizar la continuidad de sus programas sociales. Para lograrlo, se hace indispensable definir una estrategia de inversión bien estructurada, diversificada y alineada con la naturaleza y objetivos institucionales de la Fundación.

En este contexto, el presente estudio plantea la asignación óptima de activos para un fondo patrimonial en la Fundación, con aplicación proyectada para el periodo 2026-2035, teniendo en cuenta la información financiera y legal de la institución. El objetivo principal es responder a una doble necesidad. Por un lado, construir un portafolio eficiente que maximice la rentabilidad ajustada al riesgo, y de otra parte, evaluar su comportamiento en diferentes escenarios económicos. La metodología combina los fundamentos de la Teoría Moderna de Portafolio (Markowitz) con simulaciones de Monte Carlo, lo cual permite modelar el desempeño financiero del fondo bajo distintos supuestos macroeconómicos.

La propuesta se fundamenta en el análisis de buenas prácticas de reconocidos fondos universitarios internacionales, como los de las universidades de Yale y Harvard, con adaptaciones al contexto colombiano y a las características de una entidad sin ánimo de lucro. Se incorporan principios clave como la diversificación, el enfoque de largo plazo, la gestión de

riesgos y la sostenibilidad financiera como ejes de la estructura del modelo. La evaluación cuantitativa del modelo permite identificar configuraciones viables frente al riesgo y brindar herramientas concretas para apoyar los procesos de toma de decisiones estratégicas.

En este sentido, el estudio permite simular el impacto de variables como la rentabilidad esperada, los flujos de retiro, la tasa de interés y la inflación. Ello aporta evidencia valiosa para la planificación institucional de largo plazo.

El documento consta de cinco capítulos: el primero, es la introducción y contexto de la situación de estudio. El segundo, desarrolla el marco de referencia conceptual. El tercero, describe la metodología empleada. El cuarto, presenta los resultados de la asignación óptima de activos y las simulaciones realizadas. El quinto, expone las conclusiones y recomendaciones.

### **3. Situación de Estudio**

Las Entidades Sin Ánimo de Lucro (ESAL) enfrentan actualmente un panorama desafiante que compromete su sostenibilidad en el mediano y largo plazo. Diversos factores limitan su operación efectiva, entre ellos: la dependencia de contribuciones con restricciones fiscales, la dificultad para acceder a fuentes de financiación confiables y la percepción social de desconfianza hacia su labor. En este contexto, Vélez (2020), advierte que “las ESAL se van a ver diezmadas en los próximos diez años, y si el sector social quiere sobrevivir, debe emigrar a formas de emprendimiento social de cuarto sector<sup>1</sup>” (p. 37).

---

<sup>1</sup> Cuarto sector: el emprendimiento social combina innovación y oportunidad para proporcionar bienes y servicios a los pobres y excluidos”. De esta manera, el cuarto sector es donde se fusiona aspectos del ámbito público, filantrópico y de los negocios privados, se trata de reconocer los problemas sociales y lograr un cambio mediante procesos y operaciones empresariales (SNHU, 2024, párr. 2).

En estas organizaciones la obtención de recursos económicos se ha convertido en una tarea ardua. Esta situación, además de la necesidad de buscar la autosuficiencia y no depender de recursos externos, obliga a las ESAL a redoblar esfuerzos en la búsqueda de alternativas de sostenibilidad financiera. Para ello, recurren a actividades propias generadoras de ingresos que permitan sostener tanto el funcionamiento operativo como el talento humano necesario para cumplir su objeto social. Frente a este panorama, se vuelve urgente que las ESAL avancen hacia modelos que aseguren la consolidación de proyectos a largo plazo, más allá de modelos asistencialistas.

En Colombia, las entidades sin ánimo de lucro enfrentan una creciente presión por garantizar su sostenibilidad financiera en escenarios de alta volatilidad económica, reducción de aportes públicos y dependencia de ingresos condicionados. La Fundación Universidad de Antioquia, como institución de apoyo a la educación pública superior, ejecuta proyectos y programas académicos y sociales que le han permitido generar excedentes operacionales de forma sostenida. Sin embargo, tales ingresos provienen mayoritariamente de contratos temporales y no cuentan con un mecanismo financiero formal que asegure su proyección y aprovechamiento estratégico a largo plazo (Fundación Universidad de Antioquia, 2024, p. 10).

A pesar de tener un patrimonio institucional robusto, la Fundación carece de una política definida de inversión patrimonial. Esta ausencia limita su capacidad de diversificación, exposición eficiente al riesgo y generación de ingresos no operativos. Según sus estatutos, la Fundación Universidad de Antioquia (2014), al menos el 70 por ciento de sus excedentes deben destinarse anualmente al financiamiento de programas relacionados con su objeto social. Esto refuerza la necesidad de una estructura financiera estable que maximice el impacto social sin comprometer el capital (p. 13).

Frente a esta realidad, el presente estudio propone la asignación óptima de activos para un fondo patrimonial de la Fundación Universidad de Antioquia, con aplicación proyectada al periodo 2026-2035. El objetivo es construir un portafolio diversificada que maximice la rentabilidad ajustada al riesgo, evaluada mediante simulaciones de escenarios económicos.

Los recursos que se aportarán a este fondo corresponden a una parte del 30 por ciento de los excedentes de liquidez generados anualmente, de modo que esto no afecte los gastos operacionales de la Fundación y la financiación de los programas sociales con la Universidad de Antioquia.

A nivel internacional, los fondos patrimoniales (endowments) se han consolidado como instrumentos eficaces para garantizar la estabilidad financiera de instituciones educativas. Algunos ejemplos notables son los fondos de las universidades de Yale y Harvard. Estos demuestran que una política de inversión estratégicamente diversificada, apoyada en modelos cuantitativos de asignación de activos y gestión de riesgo, puede maximizar la rentabilidad ajustada y mitigar la exposición a la volatilidad del mercado (Azlen & Zermati, 2017, pp. 7-8). Estas experiencias se basan en la Teoría Moderna de Portafolio y la evaluación de escenarios mediante simulaciones estocásticas como Monte Carlo.

Estudios previos han demostrado que estructurar portafolios óptimos con base en modelos cuantitativos como la Teoría Moderna de Portafolio permite a las entidades educativas gestionar de forma eficiente sus excedentes de liquidez y mejorar su sostenibilidad financiera (Valencia et al., 2017, pp. 2-7). De manera complementaria, investigaciones internacionales muestran que los fondos patrimoniales más exitosos —como los de las universidades de Estados Unidos— logran mayores retornos ajustados por riesgo gracias a estrategias de inversión

diversificadas. Mientras tanto, los fondos pequeños y conservadores tienden a subutilizar su capital y limitar su crecimiento (Lo et al., 2025, pp. 2-23).

### **3.1. Pregunta de Investigación**

¿Cuál es la asignación óptima de activos que puede contribuir a maximizar la sostenibilidad financiera de un fondo patrimonial en la Fundación Universidad de Antioquia durante el período 2026-2035?

## **4. Objetivo General y Específicos**

### **4.1. Objetivo General**

Desarrollar una estrategia de asignación óptima de activos para un fondo patrimonial en la Fundación Universidad de Antioquia, con el fin de fortalecer su sostenibilidad financiera durante el período 2026-2035.

### **4.2. Objetivos Específicos**

4.2.1. Analizar las mejores prácticas nacionales e internacionales en asignación de activos para fondos patrimoniales, identificando estrategias de inversión y políticas de riesgo exitosas.

4.2.2. Definir la asignación óptima de activos basado en la Teoría Moderna de Portafolio, considerando el perfil de riesgo institucional de la Fundación Universidad de Antioquia.

4.2.3. Simular el desempeño del portafolio óptimo mediante la metodología de Monte Carlo, bajo escenarios macroeconómicos, proyecciones de retiro e inflación.

4.2.4. Evaluar la sostenibilidad financiera del fondo en función de la preservación del capital, la generación de ingresos y la resiliencia ante la incertidumbre.

## 5. Marco de Referencia Conceptual

### 5.1. Sostenibilidad Financiera en Entidades Sin Ánimo de Lucro

La sostenibilidad financiera en las ESAL no solo depende del acceso a recursos externos, sino también de su capacidad para desarrollar modelos autónomos de financiamiento que garanticen su viabilidad económica a largo plazo. En este sentido, uno de los grandes retos del sector social se relaciona con el fortalecimiento de su gestión administrativa debido a su creciente dinamismo en las economías de los países latinoamericanos. Su importancia se hace evidente por la cantidad de recursos que manejan y el empleo que generan, por lo cual necesitan desarrollar acciones conducentes a garantizar su sostenibilidad (Grosso, 2013, pp. 143-158).

Según Bowman (2011), la sostenibilidad financiera en las ESAL está determinada por su capacidad para gestionar recursos y adaptarse a cambios, más allá del volumen de ingresos (pp. 37-51). En respuesta a lo anterior, estudios recientes proponen estrategias que incluyen la creación de fondos patrimoniales, el uso de plataformas digitales y la cooperación interinstitucional como herramientas clave para la sostenibilidad. Por ejemplo, García (2022), plantea la necesidad de diseñar mecanismos financieros duraderos como fondos patrimoniales con el fin de asegurar la conservación y sostenibilidad institucional (p. 37).

De forma complementaria, organizaciones sociales de Corea del Sur, las “Beyoungri Danche”, enfrentan retos similares a los de las entidades sociales colombianas: dependencia de subvenciones, necesidad de planificación estratégica y sostenibilidad a largo plazo. Han logrado mejorar su sostenibilidad aplicando principios como la diversificación de ingresos, la planificación estratégica, el fortalecimiento del capital patrimonial y la transparencia financiera (Acosta & Betancur, 2014, pp. 7-10). Estas prácticas han permitido reducir su dependencia de fondos públicos, y así generar una base financiera más autónoma y resiliente.

En Colombia, aunque existen avances en la gestión institucional de las ESAL, la adopción de modelos técnicos de inversión patrimonial es aún incipiente. Estudios nacionales evidencian que muchas fundaciones enfrentan dificultades en la planificación financiera, carecen de políticas claras de inversión y no cuentan con herramientas cuantitativas para evaluar el riesgo y la eficiencia de sus portafolios (Torres & Torres, 2019, pp. 3-5).

Por lo anterior, es importante construir instituciones con “inmortalidad vigorosa”, es decir, con capacidad de trascender generaciones sin perder su propósito. En consecuencia, cada vez más instituciones entienden que las inversiones de capital, cuando está bien estructuradas, diversificadas y gestionadas profesionalmente, son también una fuente de resiliencia y crecimiento (Veronorte, 2025, párr. 2). Por ello, los *endowments* son la expresión más clara de cómo el capital puede operar con visión de largo plazo, superar ciclos y sostener misiones institucionales por generaciones.

## **5.2. Fondos Patrimoniales**

En el contexto internacional y universitario, un *endowment* garantiza estabilidad financiera e independencia operativa a largo plazo. Las transferencias del fondo a la universidad permiten reducir la dependencia de ingresos estudiantiles. De hecho, en EE. UU., los *endowments* aportaron cerca de USD 30 billones en 2024, de los cuales un 48 por ciento se destinó a subsidiar matrículas (NACUBO & Commonfund Institute, 2025, párr. 3).

En el caso de Yale, el enfoque de inversión del fondo patrimonial no solo se apoya en la Teoría Moderna de Portafolio, sino que también integra técnicas avanzadas de simulación para modelar la incertidumbre financiera. Tal como lo señala Faber (2009), esta universidad utiliza la simulación de Monte Carlo para someter su portafolio a miles de escenarios económicos, lo que

permite anticipar el comportamiento bajo condiciones adversas y fortalecer la toma de decisiones estratégicas de largo plazo (p. 11).

Por ejemplo, en el año fiscal 2024, el fondo patrimonial de la Universidad de Yale alcanzó un valor de USD 41.400 millones, tras generar un rendimiento neto del 5.7 por ciento, equivalente a USD 2.300 millones en ganancias de inversión. Este desempeño permitió distribuir USD 2.000 millones al presupuesto operativo y continuar respaldando áreas estratégicas como la investigación, las becas con admisión global sin necesidad financiera y el desarrollo de liderazgo social (Yale, 2024, párr. 1). El *endowment* sigue siendo la principal fuente de ingresos de la universidad, aporta más de un tercio de su presupuesto anual, y está estructurado para asegurar la sostenibilidad institucional a perpetuidad.

Los fondos patrimoniales universitarios representan una fuente clave para la sostenibilidad institucional, en la medida en que permiten reducir la dependencia de ingresos volátiles como las matrículas o las transferencias estatales. Sin embargo, su creciente integración en mercados financieros complejos los ha expuesto a mayores niveles de volatilidad y riesgo sistémico, lo que ha comprometido la seguridad de los ingresos que históricamente constituían su razón de ser. Como advierte Humphreys (2010), las consecuencias de esta estrategia trascienden la pérdida de valor en los portafolios, pues incluyen recortes de programas, despidos y efectos económicos adversos en las comunidades donde operan, lo cual pone en cuestión su papel como garantes de estabilidad y sostenibilidad social (p. 68).

Por otro lado, un análisis de *Markov Processes International* (2023), indica que los fondos patrimoniales más grandes tienden a superar a los más pequeños en rentabilidad ajustada por riesgo. Esto, debido a una mayor exposición a activos alternativos, como capital privado y fondos de cobertura (párr. 5). Dicha ventaja está asociada a una estrategia de diversificación más

amplia y acceso preferencial a oportunidades de inversión, lo que refuerza la importancia de políticas de asignación sofisticadas en la gestión patrimonial universitaria.

Los fondos patrimoniales universitarios constituyen una fuente crítica de sostenibilidad financiera en la educación superior. Estos proporcionan un flujo constante de ingresos que permite a las instituciones resistir crisis presupuestales, financiar proyectos a largo plazo, preservar su independencia institucional y garantizar la equidad intergeneracional.

Según Baum & Lee (2019), la mayoría de las universidades con grandes patrimonios adoptan políticas de retiro prudentes —por lo general del 4 al 5,5 por ciento del total del fondo anualmente— con el fin de asegurar la estabilidad operativa sin comprometer la integridad del capital (p. 21). Esta estrategia, busca preservar el poder adquisitivo del patrimonio a perpetuidad, y así equilibrar las necesidades de las generaciones actuales con las futuras.

Por ejemplo, Hernández et al. (2024) destacan que una organización sin ánimo de lucro debe desarrollar una gestión financiera efectiva y alianzas estratégicas que permitan sostenerse en el tiempo, superando la dependencia exclusiva de las donaciones tradicionales (pp. 13-14). Un caso de estos es Generación A, un fondo patrimonial creado por la Fundación Grupo Argos en alianza con las universidades EIA, EAFIT y CES. Su objetivo es constituir un capital de COP 100.000 millones que financie becas de forma indefinida como una estrategia eficaz para garantizar el acceso a la educación superior mediante esquemas de sostenibilidad a perpetuidad. El fondo inició con un aporte de COP 20.000 millones de la Fundación y otro tanto en especie por parte de las universidades, que contribuyen con “sillas vacías” —cupos académicos sin costo total o parcial de matrícula—. (Fundación Grupo Argos, 2024, párr. 7).

El anterior mecanismo, permite preservar el capital inicial, generar rendimientos anuales y sostener el programa en el tiempo sin agotar sus recursos, consolidándose como una herramienta replicable para cerrar brechas de acceso a la educación en el país.

Otro caso interesante es la Fundación Fraternidad Medellín, la cual consolidó un modelo de gestión patrimonial que le permite garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Sus estatutos establecen que los excedentes se reinviertan en el fortalecimiento del patrimonio y en programas sociales. Para ello, destinan al menos el 70 por ciento a obras sociales y un máximo del 30 por ciento al fondo patrimonial, asegurando así estabilidad financiera y continuidad de su misión (Berger et al., 2017).

### **5.3. Teoría Moderna de Portafolio**

La Teoría Moderna de Portafolio, desarrollada por Markowitz, proporciona un marco matemático para construir carteras de inversión que optimicen la relación entre riesgo y rentabilidad. Este enfoque permite a los inversionistas institucionales seleccionar activos con base en su varianza, retorno esperado y correlación. De ahí, se traza una “frontera eficiente” con las combinaciones óptimas. Según Alarcón (2014), esta teoría permite identificar combinaciones óptimas de activos a través del análisis de varianzas y covarianzas, que maximiza el retorno por unidad de riesgo (pp. 12-14).

El modelo de Markowitz constituye un pilar de la teoría financiera moderna ya que propone un enfoque cuantitativo al introducir la eficiencia riesgo-retorno y facilitar la optimización cuantitativa de portafolios. Ello permite encontrar combinaciones óptimas de activos financieros con el fin de maximizar la rentabilidad esperada bajo un nivel de riesgo aceptable, o bien minimizar el riesgo para una rentabilidad mínima establecida (Bejarano et al., 2025, p. 8).

La Teoría Moderna de Portafolio constituye uno de los pilares fundamentales para el estudio de las finanzas, al enfocarse en el proceso de toma de decisiones óptimas de inversión bajo condiciones de incertidumbre. Para ello, la inclusión de activos poco correlacionados reduce la volatilidad total sin sacrificar rentabilidad, lo cual constituye uno de los principios fundamentales de esta teoría (Markowitz, 1952, p. 79).

El modelo de asignación de activos del fondo patrimonial de Yale ha demostrado un rendimiento superior con menor riesgo, al aplicar principios de la Teoría Moderna de Portafolio y una estrategia altamente diversificada. Esta eficiencia en la relación riesgo-retorno valida el uso de herramientas cuantitativas para fortalecer la sostenibilidad financiera institucional (Yale Investment Office, 2019, p. 5).

El modelo de Markowitz sigue siendo una herramienta vigente y valiosa para la gestión racional de inversiones, al permitir la construcción de portafolios óptimos que minimizan el riesgo para un retorno esperado determinado. A través del uso de programación cuadrática y simulaciones computacionales, es posible generar una frontera eficiente que represente combinaciones óptimas de activos, asignando mayores pesos a aquellos con mejor relación riesgo-retorno y excluyendo aquellos que no aportan a la eficiencia del portafolio (Ceballos et al., 2025, pp. 7-11).

#### **5.4. Simulación de Monte Carlo**

La simulación de Monte Carlo es una herramienta útil y ampliamente usada para modelar escenarios de inversión bajo condiciones de incertidumbre. Su capacidad de generar trayectorias probabilísticas permite analizar el comportamiento de un portafolio sin depender exclusivamente de datos históricos, lo que facilita la toma de decisiones en contextos financieros complejos (Vélez et al., 2022, pp. 94-96).

Por su parte, Xu (2024) destaca la utilidad de esta simulación como una herramienta probabilística robusta para modelar la incertidumbre, capturar la volatilidad del mercado y estimar eventos extremos en los mercados financieros. El estudio detalla los procesos de implementación, desde la generación masiva de datos aleatorios hasta el análisis de escenarios simulados, y demuestran cómo el método fortalece la toma de decisiones en gestión de riesgo y portafolios (pp. 4-5).

La simulación de Monte Carlo permite modelar fenómenos con alta incertidumbre mediante la generación de múltiples escenarios aleatorios, lo que la convierte en una herramienta para el análisis financiero y la toma de decisiones estratégicas (Guzmán & Valencia, 2023, pp. 6-7). Su flexibilidad permite generar muestras aleatorias con distintas combinaciones de variables. De esta manera, se obtienen resultados precisos y confiables gracias a la repetición de múltiples simulaciones.

## **6. Metodología**

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, analítico y experimental, basado en dos grandes componentes metodológicos principales: primero, la Teoría Moderna de Portafolio de Markowitz para identificar la combinación eficiente de activos con base en la varianza mínima para un rendimiento dado. Segundo, la simulación de Monte Carlo, utilizada para incorporar incertidumbre macroeconómica y proyectar el comportamiento del portafolio durante el período 2026-2035.

Como punto de partida, se contempla un diagnóstico legal y financiero de la Fundación Universidad de Antioquia con el fin de identificar su perfil de riesgo institucional, las restricciones de inversión y los criterios normativos aplicables a entidades sin ánimo de lucro en Colombia.

Posteriormente, se selecciona un conjunto de activos de renta fija, renta variable y activos alternativos, con el objetivo de minimizar la volatilidad, protección contra desvalorizaciones de mercado y estabilizar retornos en diferentes ciclos económicos. La selección se basa en Exchange Traded Funds (ETF) por su liquidez, transparencia y similitud con los activos utilizados por fondos patrimoniales. Con base en los activos seleccionados, se realiza la optimización del portafolio bajo las restricciones identificadas. Así, se obtiene la combinación óptima de pesos que maximiza el ratio de Sharpe y la frontera eficiente.

Luego, se desarrolla la simulación de Monte Carlo bajo 30 trayectorias por escenario macroeconómico (optimista, neutral y pesimista), incorporando variables como la inflación, la tasa de interés, el crecimiento del PIB y una tasa de retiro anual. El horizonte de análisis es de 10 años (2026-2035) y se utiliza una inversión inicial de COP 1.000 millones, con adiciones anuales del mismo valor a partir de los excedentes de liquidez obtenidos por la Fundación.

Por último, los resultados obtenidos del portafolio óptimo se comparan con tres estrategias alternativas: un portafolio equiponderado, uno conservador y otro de renta variable. Se evalúan métricas de desempeño como el rendimiento acumulado, volatilidad anual, Valor en Riesgo (VaR) y el ratio de Sharpe, con el objetivo de demostrar que el portafolio optimizado ofrece mejores resultados ajustados por riesgo. De esta manera, se valida la hipótesis central del estudio.

## **7. Resultados: Asignación Óptima de Activos y Simulación de Monte Carlo**

### **7.1. Análisis Legal y Financiero Institucional**

El marco normativo aplicable a las ESAL en Colombia, en cuanto a las inversiones, se contempla en el Estatuto Tributario Colombiano, artículo 358-1 y artículo 19. Estos regulan el

régimen tributario especial y las condiciones que deben cumplir las ESAL para mantener su carácter sin ánimo de lucro, y por ende sus beneficios tributarios. Estas entidades pueden realizar inversiones financieras, siempre que no desvirtúen su objeto social, no comprometan recursos públicos de forma indebida, y que los excedentes se reinviertan mayoritariamente en actividades directamente relacionadas con su objeto social. Según Función Pública (2016), de acuerdo con el artículo 1.2.1.5.1.26 del Decreto 1625 de 2016 modificado por Decreto 2150 de 2017, la Fundación puede realizar inversiones financieras correspondientes al 30 por ciento de sus excedentes.

La Fundación Universidad de Antioquia es una entidad privada y sin ánimo de lucro, creada en 1995 para apoyar el desarrollo y modernización de la Universidad de Antioquia mediante programas sociales. Su gestión se orienta bajo principios de eficiencia, transparencia y sostenibilidad, con el objeto de administrar recursos y proyectos estratégicos que le permiten transformar vidas, impactar la comunidad universitaria y la sociedad.

De acuerdo con el Informe de Gestión y Sostenibilidad de 2024, la Fundación administró 144 programas y proyectos que beneficiaron alrededor de seis millones de personas. Estos resultados son testimonio del impacto positivo que logra de la mano de sus aliados, colaboradores y la comunidad en general. Sus ingresos operativos provienen principalmente de convenios y contratos, como el Programa de Conducción de Vehículos de Transporte Masivo, y la operación del programa de aseo en la ciudad de Medellín. Aunque el volumen de sus ingresos, que asciende a COP 80.342 millones durante el periodo 2024, es significativo y recurrente, la dependencia de recursos por proyectos ejecutados limita la previsibilidad y estabilidad del flujo financiero.

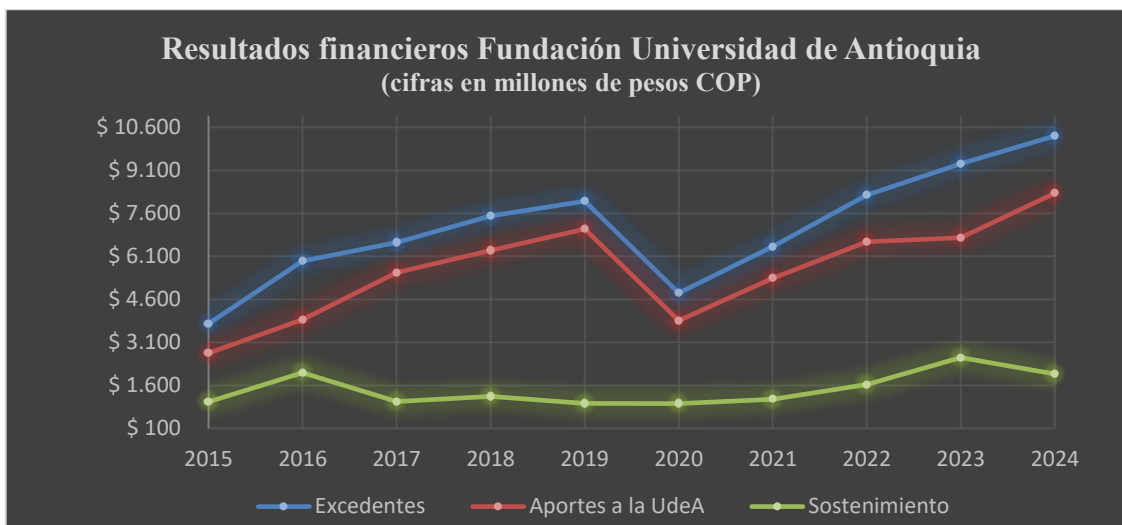
Gracias a su eficiente gestión, incrementó los excedentes proyectados en un 23 por ciento (COP 10.301 millones), lo que consolidó su capacidad para seguir invirtiendo en el desarrollo de la Universidad. Con corte a 31 de diciembre de 2024, la Fundación destinó más de COP 58.972 millones a proyectos estratégicos orientados al bienestar universitario como la alimentación estudiantil, la investigación, la infraestructura, la innovación y las relaciones internacionales de la Universidad.

Estos resultados reflejan no solo el fortalecimiento financiero, sino también la consolidación de un modelo institucional con visión de largo plazo y capacidad para generar valor de manera continua. Su patrimonio refleja un crecimiento y una estructura financiera estable (COP 25.060 millones a 31 de diciembre de 2024), respaldada por una gestión técnica y con criterios contables.

Durante el periodo 2015-2024 la Fundación Universidad de Antioquia mostró una tendencia creciente sostenida en los excedentes operacionales y en los aportes a la Universidad, con una recuperación notable posterior al año 2020, cuando se observó una caída generalizada como consecuencia de la pandemia y la ralentización económica (ver figura 1).

**Figura 1.**

*Resultados financieros Fundación Universidad de Antioquia 2015-2024*



*Nota:* Trabajo propio.

El comportamiento reafirma la necesidad de implementar un modelo de inversión estructurado que maximice la rentabilidad de los excedentes. La asignación óptima de activos ofrece una oportunidad para fortalecer la sostenibilidad institucional de la Fundación y mantener las transferencias a la Universidad de Antioquia en el largo plazo.

## 7.2. Selección y Caracterización de Activos

En esta fase se identificaron los activos financieros viables para integrar el portafolio del fondo patrimonial de la Fundación Universidad de Antioquia. La selección se establece de acuerdo con criterios de liquidez, disponibilidad de la información histórica, la mínima correlación posible y la adecuación al perfil de riesgo moderado. Esto, con el fin de obtener una mayor rentabilidad para la institución.

No se toman activos locales para conformar el portafolio debido a que las opciones son limitadas y no ofrecen la bursatilidad necesaria para desarrollar el ejercicio objeto de estudio. Los activos analizados incluyen ETFs de renta fija tradicional (IEF y VTIP), renta fija corto

plazo (BIL), renta variable diversificada (VOO) y activos alternativos (GLD y DBMF). Cada uno de ellos tiene las siguientes características:

El iShares 7-10 Year Treasury Bond ETF (IEF), es un fondo cotizado en bolsa que invierte principalmente en bonos del Tesoro de Estados Unidos con vencimientos de mediano plazo, específicamente entre siete y diez años.

El Vanguard Short-Term Inflation-Protected Securities ETF (VTIP), es un fondo cotizado en bolsa que invierte en bonos del Tesoro de Estados Unidos protegidos contra la inflación, pero de corto plazo, es decir, con vencimientos inferiores a cinco años. Sirve para preservar el capital en escenarios de inflación, reduce la sensibilidad a las tasas de interés y ofrece ingresos por intereses ajustados a la inflación.

El SPDR Bloomberg 1-3 Month T-Bill ETF (BIL), es un fondo cotizado en bolsa que ofrece exposición a letras del Tesoro de Estados Unidos con vencimientos muy cortos (1 a 3 meses). Se considera uno de los instrumentos más seguros y líquidos del mercado financiero.

El Vanguard S&P 500 ETF (VOO), es un fondo cotizado en bolsa que replica el comportamiento del índice S&P 500, uno de los principales índices bursátiles de Estados Unidos. Es una forma eficiente de invertir en las 500 empresas más grandes y representativas del mercado estadounidense de los sectores de tecnología, salud, financiero y consumo. Históricamente ha ofrecido rendimientos superiores al promedio de muchas otras clases de activos en horizontes de largo plazo.

El iM DBi Managed Futures Strategy ETF (DBMF), es un fondo cotizado en bolsa que busca replicar el rendimiento de una estrategia de futuros administrados, una categoría dentro de los activos alternativos. Busca ofrecer retornos absolutos positivos en cualquier entorno de

mercado, al replicar las decisiones de fondos de cobertura macro sistemáticos, que operan en bonos del gobierno, divisas, índices bursátiles y materias primas.

El SPDR Gold Shares (GLD), es un fondo cotizado en bolsa que busca reflejar el precio del oro físico, permitiendo a los inversores obtener exposición directa al oro como activo subyacente, sin necesidad de comprar o almacenar oro físico. Su propósito es permitir a los inversores cubrirse frente a la inflación y la pérdida del poder adquisitivo del dinero y diversificar su portafolio con un activo real no correlacionado directamente con acciones o bonos. También, protege el capital en momentos de crisis financiera, geopolítica o incertidumbre económica.

Posteriormente, se realizó la recolección de datos históricos de los precios de cierre diarios de los activos seleccionados de los últimos cinco años: desde agosto de 2020 hasta agosto de 2025. Estos datos permitieron calcular con mayor precisión las métricas clave como los rendimientos, la volatilidad (desviación estándar) y la matriz de correlación entre activos, que sirven de insumo para la optimización del portafolio. Estas estadísticas permiten caracterizar cuantitativamente el comportamiento individual y conjunto de los activos seleccionados.

### ***7.2.1. Correlación Entre Activos Seleccionados***

La figura 2 permite identificar la relación lineal entre los retornos de los distintos activos considerados para la construcción del portafolio. En general, se observa una diversificación efectiva, ya que la mayoría de los coeficientes de correlación se mantienen bajos o en algunos casos negativos, lo cual reduce el riesgo agregado del portafolio. Entre los hallazgos más destacados están las correlaciones negativas entre IEF y DBMF (-0.44) que con una relación inversa sugiere que el comportamiento de estos activos es complementario dentro de una

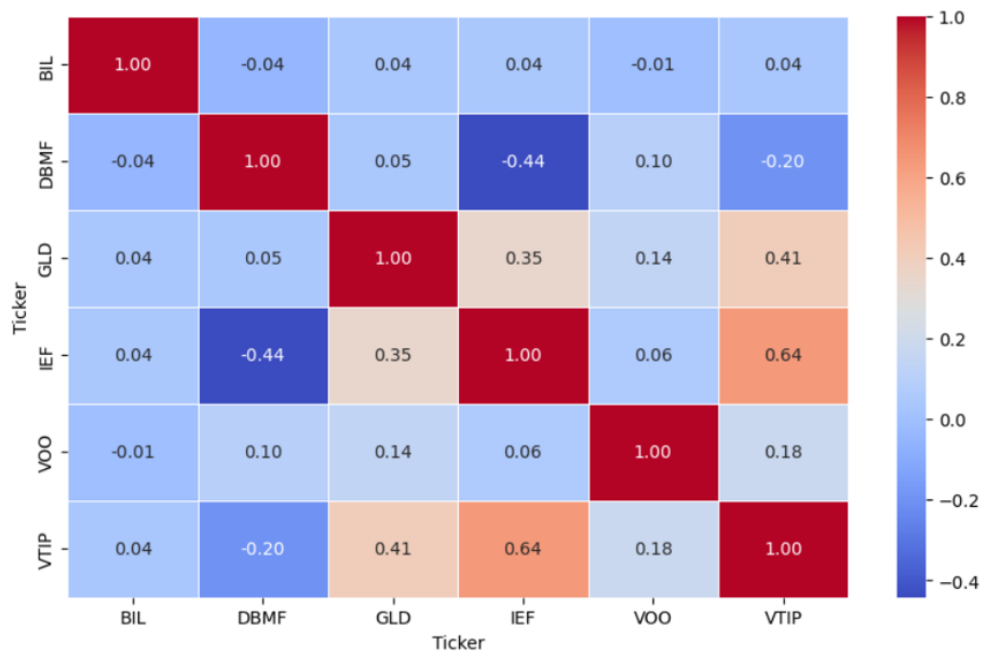
estrategia diversificada. VTIP y DBMF (-0.20) tienen una correlación negativa, lo que refuerza su valor como amortiguadores de riesgo mutuo.

Los activos GLD y VTIP (0.41) muestran una correlación positiva entre oro (activo refugio) e instrumentos indexados a inflación, posiblemente por su respuesta conjunta a eventos inflacionarios.

Existen correlaciones bajas o cercanas a cero entre activos como BIL, GLD y VOO con otros instrumentos, lo que muestra una baja redundancia en sus comportamientos y aporta valor en cuanto a la diversificación. Este patrón de correlación respalda técnicamente la selección de activos para el portafolio óptimo, en especial bajo un perfil de riesgo moderado que requiere equilibrio entre crecimiento y estabilidad.

## Figura 2.

*Matriz de correlación entre activos seleccionados*



*Nota.* Trabajo propio.

### 7.2.2. Rentabilidad y Volatilidad de los Activos del Portafolio 2020-2025

En la tabla 1, se observa que durante los últimos cinco años se evidencian diferencias significativas en los activos seleccionados. VOO, representando el mercado accionario estadounidense, presenta la mayor rentabilidad anual esperada (16,14%), pero también la volatilidad más alta (17,27%), lo que lo clasifica como un activo de alta rentabilidad y riesgo. En contraste, VTIP exhibe una baja volatilidad (2,80%) con una rentabilidad moderada (3,61%), lo cual lo posiciona como una opción conservadora ideal para estabilizar el portafolio.

El activo alternativo DBMF combina una rentabilidad intermedia (6,35%) con una volatilidad relativamente alta (12,47%), evidenciando su carácter más agresivo, pero potencialmente diversificador. Por su parte, GLD (oro) refleja una rentabilidad sólida (11,03%) pero con alta volatilidad (15,42%), confirmando su rol como activo refugio, aunque expuesto a oscilaciones de mercado.

En cuanto al comportamiento negativo de IEF con una rentabilidad anual esperada de – 2,57 por ciento y una volatilidad del 7,69 por ciento, sugiere una baja contribución al rendimiento del portafolio, pese a tratarse de un bono de mediano plazo. En contraste, BIL se presenta como el activo más estable, con volatilidad prácticamente nula (0,26%) y una rentabilidad modesta (2,72%), cumpliendo una función de liquidez y reserva de corto plazo.

**Tabla 1.**

*Rentabilidad y volatilidad de los activos*

Activo	Rentabilidad Anual (%)	Volatilidad Anual (%)
BIL	2,72%	0,26%
DBMF	6,35%	12,46%
GLD	11,03%	15,42%
IEF	-2,57%	7,69%
VOO	16,14%	17,27%
VTIP	3,61%	2,79%

*Nota.* Trabajo propio.

### **7.3. Optimización del Portafolio (Modelo de Markowitz)**

En este componente se tuvieron en cuenta las restricciones institucionales para la búsqueda del portafolio óptimo, con el propósito de obtener una rentabilidad mínima esperada del 10 por ciento anual, la minimización del riesgo, así como la representatividad de cada uno de los activos y así evitar la concentración de estos en el portafolio.

En el desarrollo del proceso de optimización se aplicaron diferentes rangos para cada uno de los activos. No obstante, al incorporar límites inferiores y combinar los diferentes rangos de participación, no se obtuvo una optimización adecuada. En consecuencia, algunos activos como el DBMF tuvieron una participación del 0 por ciento en el portafolio, no se logró la rentabilidad mínima esperada del 10 por ciento para garantizar el crecimiento real del fondo. Esto condujo a un bajo desempeño del portafolio con un ratio de Sharpe de (0.80).

En consecuencia, al desarrollar diversos escenarios de simulación y comparación, se definió un rango de participación para los activos entre el 6 y el 37 por ciento como la alternativa más adecuada para cumplir con los criterios de relación riesgo-retorno, diversificación y desempeño óptimo del portafolio. Por lo tanto, este último rango fue el aplicado para el proceso de optimización.

#### ***7.3.1. Portafolio Óptimo y Frontera Eficiente***

La tabla 2, indica que la asignación óptima de activos y sus respectivos pesos, distribuye el capital entre los activos seleccionados en función de la rentabilidad esperada, la volatilidad y su contribución a la diversificación del portafolio. La distribución resultante es GLD con un

36,54 por ciento, IEF con un 23,84 por ciento, BIL con 17,01 por ciento, DBMF con el 10,61 por ciento, VOO y VTIP con el 6 por ciento cada uno.

Esta configuración refleja una preferencia por activos refugio y de renta fija, en línea con un perfil de riesgo institucional moderado. El modelo asigna el menor peso a activos más volátiles como VOO y DBMF, y evita la sobreexposición a renta variable. La presencia significativa de GLD, IEF y BIL sugiere una estrategia defensiva, enfocada en estabilidad.

En términos de desempeño, el portafolio optimizado alcanza una rentabilidad anual esperada del 10,00 por ciento, con una volatilidad estimada de 8,37 por ciento, lo que se traduce en un ratio de Sharpe de 0,96. Este valor indica una relación eficiente entre riesgo y retorno, cercana al umbral deseado de 1.

## Tabla 2.

### *Portafolio óptimo*

<b>Portafolio</b>	
<b>Activo</b>	<b>Peso óptimo (%)</b>
BIL	17,00%
DBMF	10,61%
GLD	36,54%
IEF	23,84%
VOO	6,00%
VTIP	6,00%
<b>Rentabilidad esperada</b>	<b>10,00%</b>
Volatilidad esperada	8,37%
<b>Ratio de Sharpe</b>	<b>0.96</b>

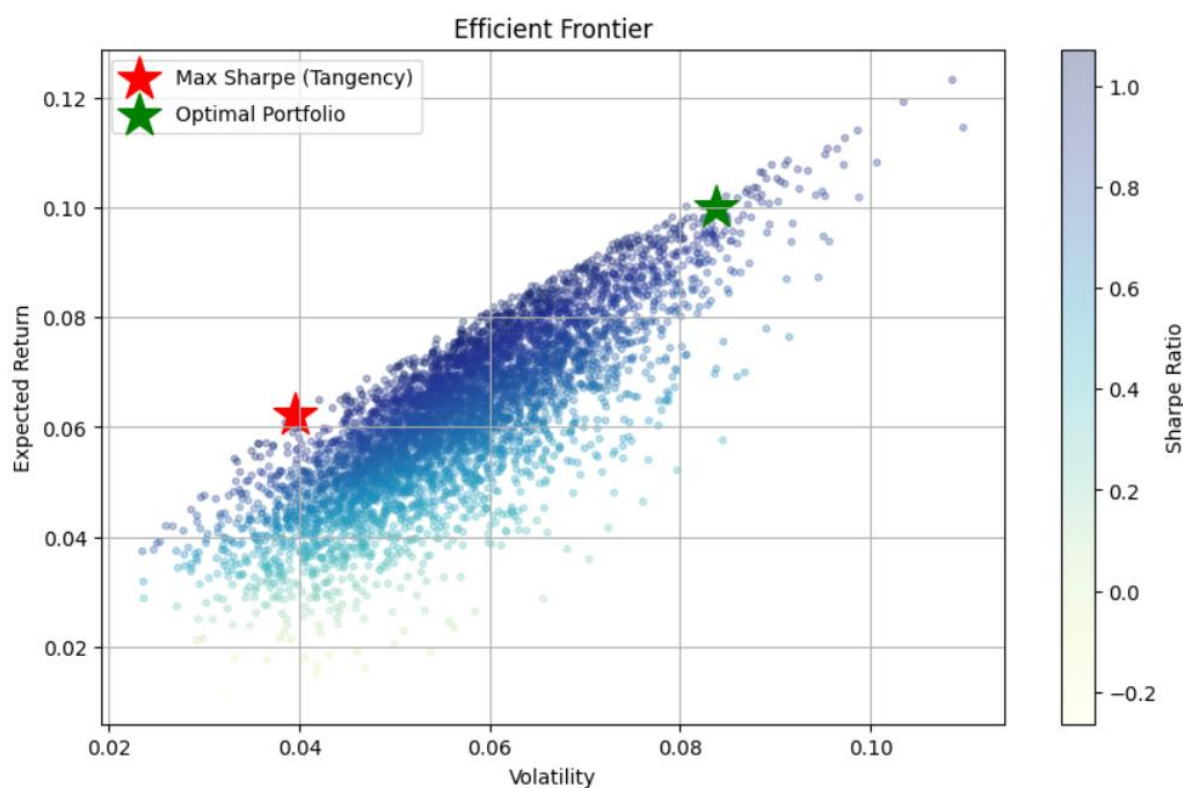
*Nota.* Trabajo propio.

La Figura 3 representa gráficamente la frontera eficiente, destacando con una estrella verde el portafolio óptimo seleccionado. Se observa que dicho portafolio se ubica en la zona superior de la curva, validando su elección como combinación de activos que maximiza el

retorno ajustado por cada unidad de riesgo asumido (retorno del 10% y volatilidad del 8,37%). Aunque no alcanza el punto de máxima tangencia (estrella roja), logra posicionarse muy cerca del ideal teórico ya que se tienen en cuenta el perfil de riesgo y las restricciones institucionales definidas para el portafolio.

### Figura 3.

*Frontera eficiente del portafolio óptimo*



*Nota.* Trabajo propio.

### 7.4. Simulación de Monte Carlo

Para evaluar la sostenibilidad del portafolio óptimo en el horizonte 2026-2035, se implementó una simulación de Monte Carlo bajo tres escenarios macroeconómicos: neutral, optimista y pesimista, definidos según parámetros clave como inflación del 3 por ciento anual, tasa de interés del 5,6 por ciento anual y un crecimiento del PIB del 2,8 por ciento anual. Cada

escenario incorpora proyecciones anuales para un período de diez años, considerando un retiro constante del 4 por ciento anual sobre el valor del fondo, con reinversiones anuales equivalentes a la inversión inicial de COP 1.000 millones.

Los retornos del portafolio fueron ajustados dinámicamente cada año con base en las condiciones económicas simuladas, reflejando la sensibilidad de los rendimientos reales frente a la inflación y al crecimiento económico. A lo largo de 30 iteraciones por escenario, se modeló la evolución del valor del fondo incorporando la inversión adicional al inicio del año y el retiro al final, replicando un esquema de capitalización y sostenimiento. El valor terminal de cada trayectoria permitió calcular el *Value at Risk* (VaR) al 95 por ciento de confianza, determinando así el peor resultado esperado en condiciones adversas.

La figura 4 presenta la evolución proyectada del valor del portafolio óptimo bajo tres escenarios macroeconómicos: neutral, optimista y pesimista, considerando una tasa de retiro del 4 por ciento anual y reinversiones periódicas de COP 1.000 millones. Cada línea representa una de las 30 trayectorias simuladas por escenario macroeconómico.

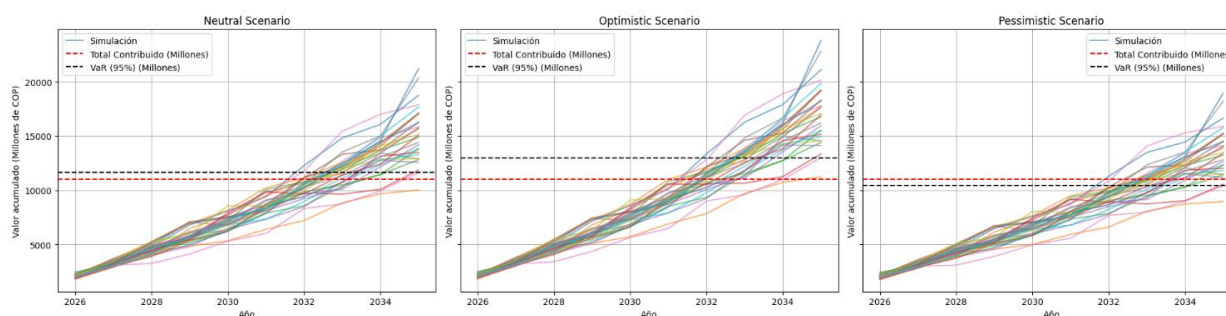
Los resultados indican que, en la mayoría de las trayectorias el portafolio logra preservar el capital y aumentar su valor al estar por encima de la línea roja (COP 12.000 millones). Esto muestra una alta resiliencia financiera del fondo propuesto e incluso en el escenario más adverso, la mayoría de las trayectorias se mantienen por encima de dicha línea.

El cálculo del *Value at Risk* (VaR) al 95 por ciento de confianza para el año 2035 muestra los siguientes resultados para los diferentes escenarios: neutral COP 11.641 millones, optimista COP 13.001 millones y pesimista COP 10.438 millones. Estos valores, representados por la línea negra, demuestran que en el peor escenario el cinco por ciento de los casos simulados para el

fondo aún conserva un valor significativo, cercano o superior al capital aportado, lo que indica una baja probabilidad de pérdida de capital.

#### Figura 4.

##### *Trayectorias simulación de Monte Carlo por escenario macroeconómico*



*Nota.* Trabajo propio.

#### **7.4.1. Resultados del Portafolio Óptimo por Escenario Macroeconómico**

La tabla 3 y la figura 5 muestran los valores finales obtenidos por el portafolio óptimo, así como su crecimiento nominal, real en cada uno de los escenarios macroeconómicos. A continuación, se detallan los detalles de cada uno de ellos:

Escenario optimista: los valores finales del portafolio en la mayoría de las simulaciones se concentran entre los COP 15.000 y COP 19.000 millones y su valor más alto estuvo cerca de los COP 24.000 millones. Esto último representa un crecimiento nominal del 116,06 por ciento y un crecimiento real de 77,24 por ciento del capital invertido. En cuanto a los retiros totales, el valor más alto es de COP 3.490 millones.

Todas las simulaciones presentaron un crecimiento nominal y el 90 por ciento (27 de 30) de las simulaciones de este escenario presentó un crecimiento real.

Escenario neutral: la distribución de sus valores finales se centra entre COP 13.000 y COP 17.000 millones y su valor más alto fue de COP 21.214 millones. Lo anterior, representa un

crecimiento nominal del 92,86 por ciento y un crecimiento real de 43,51 por ciento del capital invertido. En cuanto a los retiros totales, el valor más alto es de COP 3.490 millones.

El 96,67 por ciento (29 de 30) de las simulaciones presentó un crecimiento nominal y el 56.67 por ciento (17 de 30) un crecimiento real.

Escenario pesimista: la distribución de sus valores finales se centra entre los COP 11.000 millones y COP 15.000 millones y su valor más alto fue de COP 18.954 millones. Lo anterior, representa un crecimiento nominal del 72,31 por ciento y un crecimiento real de 16,41 por ciento del capital invertido. En cuanto a los retiros totales, el valor más alto es de COP 3.057 millones.

El 90 por ciento (27 de 30) de las simulaciones presentó un crecimiento nominal y el 10 por ciento (3 de 30) un crecimiento real.

**Tabla 3.**

*Resultados del portafolio óptimo: retiros totales y rentabilidad por escenario macroeconómico (en millones COP)*

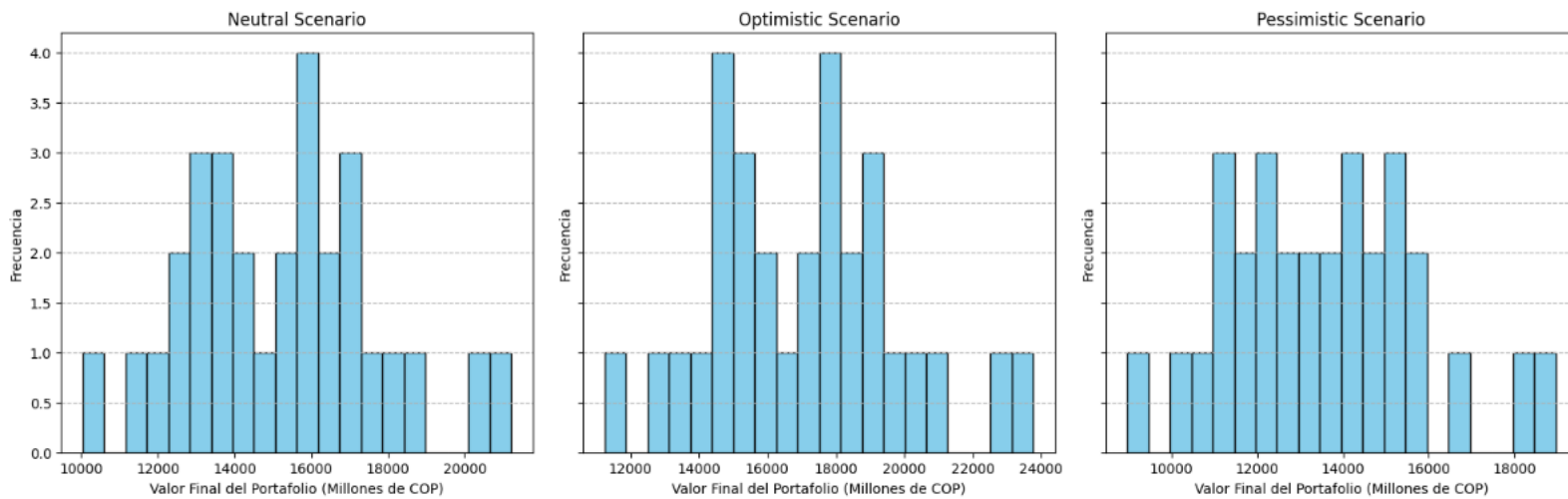
Escenario	Neutral				Optimista				Pesimista			
Simulación	Valor Final	Retiro Total	Rentabilidad Nominal (%)	Rentabilidad Real (%)	Valor Final	Retiro Total	Rentabilidad Nominal (%)	Rentabilidad Real (%)	Valor Final	Retiro Total	Rentabilidad Nominal (%)	Rentabilidad Real (%)
0	18,746.87	3,550.51	70.43 %	26.81 %	21,103.57	3,800.93	91.85 %	57.38 %	16,662.37	3,320.05	51.48 %	2.33 %
1	10,038.30	2,514.08	-8.74 %	-32.10 %	11,250.01	2,674.58	2.27 %	-16.10 %	8,968.48	2,366.31	-18.47 %	-44.92 %
2	12,830.51	2,867.85	16.64 %	-13.21 %	14,411.10	3,058.49	31.01 %	7.47 %	11,435.43	2,692.42	3.96 %	-29.77 %
3	11,863.38	2,891.70	7.85 %	-19.75 %	13,351.58	3,084.10	21.38 %	-0.43 %	10,552.60	2,714.48	-4.07 %	-35.19 %
4	12,564.26	2,916.49	14.22 %	-15.01 %	14,128.95	3,111.58	28.44 %	5.37 %	11,183.28	2,737.01	1.67 %	-31.32 %
5	17,064.48	3,227.23	55.13 %	15.43 %	19,168.20	3,449.40	74.26 %	42.95 %	15,203.37	3,022.70	38.21 %	-6.63 %
6	15,854.93	3,114.12	44.14 %	7.25 %	17,794.87	3,326.99	61.77 %	32.71 %	14,136.80	2,918.24	28.52 %	-13.18 %
7	12,908.10	3,192.85	17.35 %	-12.68 %	14,575.76	3,412.17	32.51 %	8.70 %	11,439.37	2,991.07	3.99 %	-29.75 %
8	15,797.89	3,157.28	43.62 %	6.86 %	17,755.38	3,373.51	61.41 %	32.41 %	14,067.91	2,958.30	27.89 %	-13.60 %
9	13,840.03	2,924.17	25.82 %	-6.38 %	15,537.16	3,120.07	41.25 %	15.87 %	12,340.70	2,743.92	12.19 %	-24.21 %
10	16,236.21	3,064.68	47.60 %	9.83 %	18,200.67	3,273.35	65.46 %	35.74 %	14,495.00	2,872.64	31.77 %	-10.98 %
11	17,100.54	3,219.64	55.46 %	15.68 %	19,206.88	3,441.55	74.61 %	43.24 %	15,236.68	3,015.30	38.52 %	-6.42 %
12	14,889.68	3,217.22	35.36 %	0.72 %	16,767.56	3,438.86	52.43 %	25.05 %	13,231.64	3,013.23	20.29 %	-18.74 %
13	13,498.07	2,927.77	22.71 %	-8.69 %	15,159.90	3,124.85	37.82 %	13.06 %	12,028.55	2,746.35	9.35 %	-26.13 %
14	14,194.17	2,997.94	29.04 %	-3.98 %	15,949.21	3,200.11	44.99 %	18.94 %	12,644.63	2,811.83	14.95 %	-22.34 %
15	16,293.80	3,224.36	48.13 %	10.22 %	18,317.17	3,446.57	66.52 %	36.60 %	14,504.59	3,019.86	31.86 %	-10.92 %
16	17,880.61	3,542.00	62.55 %	20.95 %	20,137.11	3,792.28	83.06 %	50.18 %	15,884.40	3,311.71	44.40 %	-2.45 %
17	20,371.95	3,227.40	85.20 %	37.81 %	22,805.75	3,450.10	107.32 %	70.08 %	18,212.02	3,022.42	65.56 %	11.85 %
18	12,909.22	3,062.50	17.36 %	-12.68 %	14,540.11	3,270.55	32.18 %	8.44 %	11,469.50	2,870.99	4.27 %	-29.56 %
19	13,290.18	3,016.95	20.82 %	-10.10 %	14,953.72	3,221.10	35.94 %	11.52 %	11,821.75	2,829.05	7.47 %	-27.40 %
20	21,214.87	3,264.68	92.86 %	43.51 %	23,766.49	3,490.01	116.06 %	77.24 %	18,954.59	3,057.38	72.31 %	16.41 %
21	15,661.78	3,397.76	42.38 %	5.94 %	17,663.76	3,633.63	60.58 %	31.73 %	13,896.08	3,180.62	26.33 %	-14.66 %
22	13,820.07	2,912.43	25.64 %	-6.51 %	15,514.62	3,107.39	41.04 %	15.70 %	12,323.27	2,733.00	12.03 %	-24.32 %
23	15,069.30	3,095.37	36.99 %	1.94 %	16,939.20	3,306.22	53.99 %	26.33 %	13,417.40	2,901.21	21.98 %	-17.60 %

24	15,713.51	2,988.55	42.85 %	6.29 %	17,619.18	3,190.41	60.17 %	31.40 %	14,027.72	2,802.77	27.52 %	-13.85 %
25	17,107.90	3,295.04	55.53 %	15.73 %	19,239.44	3,523.33	74.90 %	43.48 %	15,224.14	3,084.94	38.40 %	-6.50 %
26	11,641.74	2,471.94	5.83 %	-21.25 %	13,000.69	2,629.42	18.19 %	-3.04 %	10,438.10	2,326.93	-5.11 %	-35.89 %
27	14,406.09	3,098.93	30.96 %	-2.55 %	16,205.16	3,310.09	47.32 %	20.85 %	12,817.52	2,904.61	16.52 %	-21.28 %
28	15,158.69	3,246.49	37.81 %	2.54 %	17,075.70	3,470.68	55.23 %	27.35 %	13,467.06	3,040.21	22.43 %	-17.29 %
29	17,685.45	3,187.98	60.78 %	19.63 %	19,837.07	3,407.34	80.34 %	47.94 %	15,779.50	2,986.13	43.45 %	-3.09 %

Nota. Trabajo propio.

**Figura 5.**

*Distribución final de los valores del portafolio por escenario macroeconómico*



Nota. Trabajo propio.

## 7.5. Análisis y Validación entre el Portafolio Óptimo y Estrategias Alternativas

La figura 6 muestra el resumen de resultados y la gráfica de comparación del portafolio óptimo obtenido mediante la Teoría Moderna de Portafolio y tres estrategias alternativas de inversión; portafolio conservador (60% renta fija y 40% renta variable), un portafolio equiponderado (todos los activos con un peso 16,66%) y un portafolio de renta variable (100% en activos de renta variable).

Portafolio óptimo: representado por una estrella verde, muestra una rentabilidad esperada del 10 por ciento con una volatilidad de 8.37 por ciento, lo que genera el mayor ratio de Sharpe (0.96) entre todos los portafolios comparados. Esto indica la mejor relación riesgo-retorno, y evidencia que el modelo propuesto logra una asignación eficiente de activos.

Portafolio equiponderado: a pesar de ser el menos riesgoso (volatilidad del 5.19%), su rentabilidad esperada es significativamente más baja (6.21%) y su ratio de Sharpe es el menor (0.81), lo cual lo hace menos atractivo para un inversor institucional con enfoque de largo plazo y no cumple con la restricción institucional de mínimo un 10 por ciento de rendimiento.

Portafolio conservador: ofrece una rentabilidad intermedia (7.44%) con una volatilidad controlada (6.02%) y un ratio de Sharpe (0.90). Aunque este es razonable, sigue siendo inferior al desempeño del portafolio óptimo.

Portafolio renta variable: tiene una rentabilidad estimada de 7.77 por ciento, con un riesgo mayor (6.34%) que el conservador, pero con un ratio de Sharpe de 0.91, lo que sugiere eficiencia moderada. Sin embargo, no iguala el rendimiento ajustado por riesgo del portafolio óptimo.

**Tabla 4.**

*Desempeño del portafolio óptimo frente a otros portafolios de inversión (métricas)*

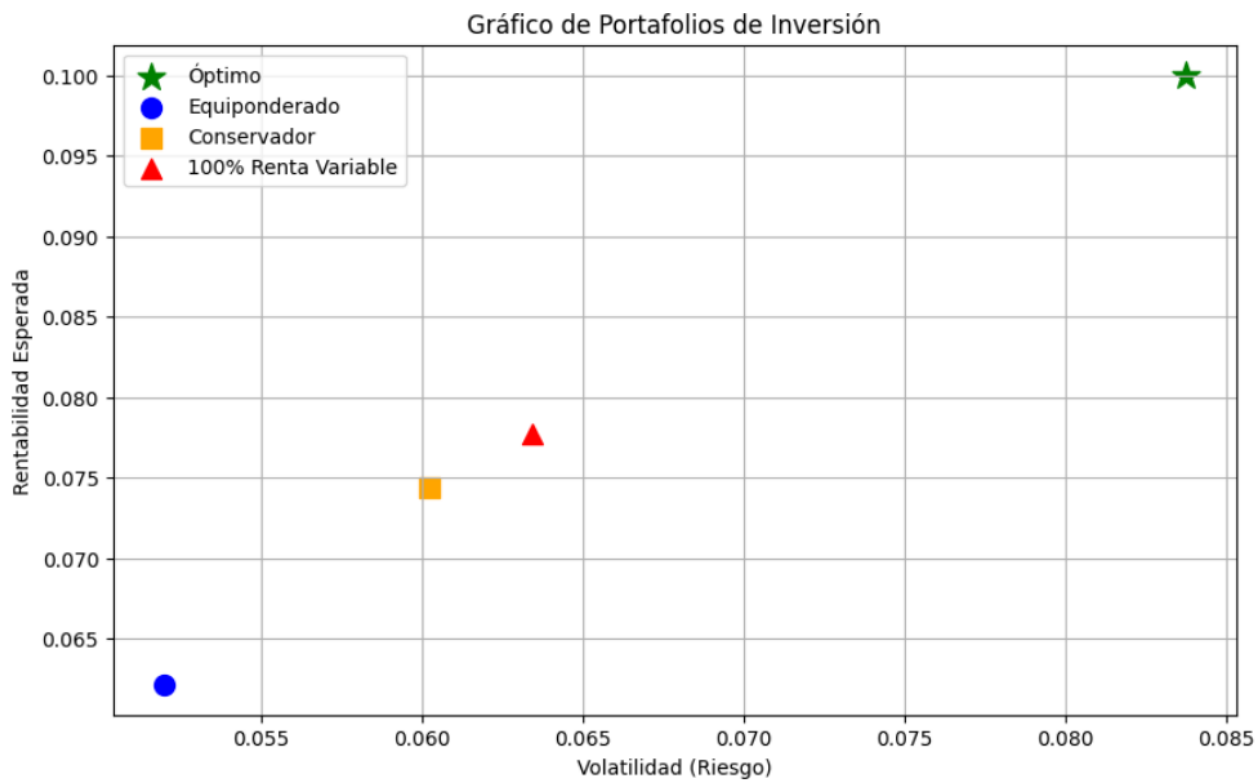
Portafolio	Rentabilidad Anual (%)	Volatilidad Anual (%)	Ratio de Sharpe
Óptimo	10,00%	8,37%	0,96
Equiponderado	6,22%	5,20%	0,81
Conservador	7,44%	6,02%	0,90
Renta variable	7,77%	6,34%	0,91

*Nota.* Trabajo propio.

El portafolio óptimo propuesto no solo supera en rentabilidad esperada a las demás estrategias, sino que también mantiene un control de riesgo eficiente, logrando el mejor rendimiento ajustado por riesgo.

**Figura 6.**

*Gráfico de portafolios de inversión*



*Nota.* Trabajo propio.

## **7.6. Limitaciones del Modelo o Sensibilidad Frente a Supuestos Macroeconómicos**

Si bien el modelo para la asignación óptima de activos del portafolio y la simulación de Monte Carlo desarrollada ofrece una aproximación robusta para la gestión de un fondo patrimonial, sus resultados dependen de los activos seleccionados y supuestos macroeconómicos definidos, tales como la inflación, tasas de interés, el crecimiento del PIB y tasa de retiro anual del fondo. Cabe mencionar que pequeñas variaciones en dichos parámetros pueden alterar significativamente los resultados del portafolio y, por lo tanto, las trayectorias de rendimiento proyectadas. En este sentido, se reconoce que el modelo presenta limitaciones inherentes a la incertidumbre económica y al comportamiento no lineal de los mercados financieros. Por ello, los resultados deben interpretarse como una guía para la toma de decisiones estratégicas, más que como proyecciones determinísticas del desempeño futuro del portafolio.

En consecuencia, se recomienda la actualización periódica de los supuestos y parámetros utilizados, incorporando nueva información macroeconómica y de mercado. Este ejercicio permitirá mantener la vigencia del modelo, fortalecer su capacidad predictiva y asegurar una gestión patrimonial alineada con las condiciones reales del entorno financiero.

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

En el periodo analizado 2026-2035, la asignación óptima de activos demostró ser una herramienta técnica clave para fortalecer la sostenibilidad financiera de un fondo patrimonial en la Fundación Universidad de Antioquia. Vale tener en cuenta que implementar un modelo con base en criterios cuantitativos permite tomar decisiones más informadas, controladas y sostenibles en el largo plazo.

La Teoría Moderna de Portafolio permitió construir la combinación de activos que maximiza la rentabilidad esperada ajustada por riesgo. El portafolio óptimo obtuvo un ratio de Sharpe de 0.96, una rentabilidad esperada del 10 por ciento y una volatilidad moderada del 8.37 por ciento. Además, demostró un desempeño por encima de otros portafolios evaluados: equiponderado (ratio de Sharpe 0.81, rentabilidad 6,22% y volatilidad 5,20%), conservador (ratio de Sharpe 0.90, rentabilidad 7,44% y volatilidad 6,02%) y renta variable (ratio de Sharpe 0.91, rentabilidad 7,77% y volatilidad 6,34%).

Las simulaciones de Monte Carlo realizadas para tres escenarios macroeconómicos (optimista, neutral y pesimista) permitieron evaluar el desempeño del fondo patrimonial durante diez años. En todos los casos, incluso considerando retiros anuales del 4 por ciento, el fondo logró preservar el capital invertido en más del 90 por ciento de las simulaciones.

El análisis del comportamiento del portafolio entre 2026 y 2035 demostró que, incluso bajo condiciones adversas (escenario pesimista), el valor final del portafolio se mantuvo por encima del total contribuido, con un VaR del 95 por ciento de más de COP 10.400 millones.

Las simulaciones de Monte Carlo en el horizonte 2026-2035 evidenció que el portafolio óptimo es sostenible incluso con un retiro anual del 4 por ciento. En el escenario optimista, el valor final del portafolio alcanzó hasta COP 21.103 millones, mientras que en el neutral entre COP 10.038 y COP 21.214 millones, y en el escenario pesimista entre COP 8.968 y COP 18.954

millones. Se demostró que fue posible preservar el capital invertido en el 95 por ciento de los casos.

Las simulaciones indican que el portafolio óptimo, incluso bajo condiciones macroeconómicas adversas, la estrategia de inversión y retiro planteada permitiría preservar el capital y generar valor a largo plazo.

Específicamente, las simulaciones de Monte Carlo realizadas confirmaron que el portafolio mantiene una trayectoria de crecimiento en los tres escenarios macroeconómicos. En caso de avanzar a una fase de implementación, se recomienda utilizar la simulación de escenarios como herramienta de seguimiento y evaluación anual del fondo, especialmente para monitorear sostenibilidad frente a la inflación y retiros planificados.

La validación comparativa mediante diferentes métricas con otros portafolios de inversión reafirmó que el modelo propuesto logra mayor rendimiento con un nivel de riesgo aceptable. El Sharpe del portafolio óptimo es el más alto entre todas las estrategias.

Se evidencia que la Fundación cuenta con excedentes anuales consistentes, un marco normativo que permite la inversión responsable y un compromiso con la sostenibilidad. Sin embargo, se recomienda consolidar internamente una política de inversión institucional con enfoque patrimonial de largo plazo.

Esta metodología permite capturar la importancia de la interacción entre las decisiones de asignación óptima de activos y los factores macroeconómicos relevantes para una entidad social como la Fundación Universidad de Antioquia, proporcionando una visión robusta de la viabilidad financiera del fondo patrimonial bajo condiciones de incertidumbre. En consecuencia, se recomienda reforzar la implementación gradual del modelo, acompañado de formación técnica al equipo financiero y revisión periódica del perfil de riesgo institucional.

## Referencias

- Acosta, A., & Betancur, J. (2014). *Buenas Prácticas de Sostenibilidad Financiera: El caso del desarrollo acelerado de las organizaciones no lucrativas coreanas Best Practices of Financial Sustainability: The case of accelerated development of Korean non-profit organizations*.
- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Front\\_view\\_of\\_national\\_museum\\_of\\_korea.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Front_view_of_national_museum_of_korea.jpg)
- Alarcón, H. (2014). Markowitz para N activos en Colombia. *Universidad Ean*, 12–14.
- <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/95ba156c-2b07-46c1-b441-7b1a6af548d8/content>
- Azlen, M. W., & Zermati, I. (2017). *Investing Like the Harvard and Yale Endowment Funds*. CAIA.
- [https://caia.org/sites/default/files/2\\_investing\\_11-13-17.pdf](https://caia.org/sites/default/files/2_investing_11-13-17.pdf)
- Baum, S., & Lee, V. (2019, July). *The Role of College and University Endowments*. Urban Institute.
- [https://www.urban.org/sites/default/files/publication/100536/the\\_role\\_of\\_college\\_and\\_university\\_endowments.pdf](https://www.urban.org/sites/default/files/publication/100536/the_role_of_college_and_university_endowments.pdf)
- Bejarano, F., Hallasi, J., & Huayllaso, J. (2025). Optimizing Investment Portfolios Using Quadratic Programming: An Approach from the Markowitz Model. *Minerva*, 6(sp), 7–10.
- <https://doi.org/10.47460/MINERVA.V6ISP.200>
- Berger, G., Aninat, M., Matute, J., Suárez, M., Olvera, M., Johansen, E., Bird, M., León, V., & Villar, R. (2017). Hacia el Fortalecimiento de la Filantropía Institucional en América Latina. *Fondo Editorial Universidad del Pacífico*, 48. [https://cefis.uai.cl/assets/uploads/2020/07/hacia\\_-fortalecimiento-\\_filantropa\\_-institucional\\_-amrica\\_-latina\\_07-02-2.pdf](https://cefis.uai.cl/assets/uploads/2020/07/hacia_-fortalecimiento-_filantropa_-institucional_-amrica_-latina_07-02-2.pdf)
- Bowman, W. (2011). Financial capacity and sustainability of ordinary nonprofits. *Nonprofit Management and Leadership*, 22(1), 37–51. <https://doi.org/10.1002/NML.20039>
- Ceballos, F., Hihuana, J., & Viza, J. (2025). Optimizing Investment Portfolios Using Quadratic Programming: An Approach from the Markowitz Model. *Minerva*, 6(sp), 7–11. <https://doi.org/10.47460/minerva.v6isp.200>
- Estatutos Fundación Universidad de Antioquia, Estatuto 13 (2014).
- <https://www.fundacionudea.com/sitio/img/Estatutos.pdf>
- Faber, M. (2009, May 19). *David Swensen's Ascent*. Vetaffi Advisor Perspectives.
- <https://www.advisorperspectives.com/articles/2009/05/19/david-swensen-s-ascent>

- Función Pública. (2016). *Decreto 1625 de 2016 Materia Tributaria - Gestor Normativo - Función Pública*. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=83233>
- Fundación Grupo Argos. (2024, November 24). *La Fundación Grupo Argos y las universidades EIA, EAFIT y CES lanzan Generación A, un legado para la educación en Colombia - Grupo Argos*. Grupo Argos. <https://www.grupoargos.com/noticias/la-fundacion-grupo-argos-y-las-universidades-eia-eafit-y-ces-lanzan-generacion-a-un-legado-para-la-educacion-en-colombia/>
- Fundación Universidad de Antioquia. (2025). *Informe de Gestión y Sostenibilidad*. <https://www.fundacionudea.com/sitio/files/infogestion/2025/boletin20250422105102.pdf>
- García, M. (2022). *El reconocimiento del valor del capital natural de la Amazonia colombiana a través de la financiación para la conservación*. FEDESARROLLO: Centro de Investigación Económica y Social. <http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4393>
- Grosso Rincón, C. A. (2013). La economía social desde tres perspectivas: tercer sector, organizaciones no gubernamentales y entidades sin ánimo de lucro. *Revista Tendencias & Retos, ISSN 0122-9729, ISSN-e 2389-8887, Vol. 18, Nº. 1, 2013 (Ejemplar Dedicado a: Enfoques Emergentes En Escenarios Tradicionales de Las Ciencias Sociales), Págs. 143-158, 18(1), 143–158*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4929405&info=resumen&idioma=SPA>
- Guzmán, A., & Valencia, L. (2023). Vista de Modelo de Monte Carlo para la predicción de la deserción: herramienta para la retroalimentación de las políticas públicas en la educación superior. *Razón Crítica, 17, 6–7*. <https://doi.org/oi.org/10.21789/25007807.2024>
- Hernández, E., Molina, F., Pacheco, N., Parra, J., Sánchez, G., & Swann, D. (2024). *Gestión financiera y de cooperación para la sostenibilidad de la Fundación Sientoxciento*. Universidad Externado de Colombia. <https://doi.org/10.57998/bdigital/handle.001.2653>
- Humphreys, J. (2010). Educational Endowments and the Financial Crisis: Social Costs and Systemic Risks in the Shadow Banking System (A Study of Six New England Schools). *SSRN Electronic Journal, 68*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.1613450>
- Lo, A. W., Matveyev, E., & Zeume, S. (2025). *The Risk, Reward, and Asset Allocation of Nonprofit Endowment Funds* \* (34078). <https://doi.org/10.3386/w34078>

Markov Processes International. (2023, November 16). *Rendimiento y riesgo de las dotaciones grandes y pequeñas*.

Markov Processes International. <https://www.markovprocesses.com/blog/large-and-small-endowment-performance-and-risk/>

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Harry Markowitz: Selected Works*, 79. <https://doi.org/10.2307/2975974>

NACUBO & Commonfund Institute. (2025, February 12). *Estudio NACUBO-Commonfund del año fiscal 24*.

Commonfund. <https://www.commonfund.org/research-center/press-releases/fy24-nacubo-commonfund-study-released>

SNHU. (2024, October 22). *Emprendimiento social: ¿Cuáles son sus elementos y sus tipos?* - SNHU. Southern New Hampshire University. <https://es.snhu.edu/blog/descubre-la-esencia-del-emprendimiento-social>

Torres, H., & Torres, G. (2019). *Prácticas de Sostenibilidad Financiera en las Organizaciones No Lucrativas*

(Español, Trans.) [Tesis, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/15967>

Valencia, M., Velasco, S., & Trespalacios, A. (2017). *Estructuración de un portafolio óptimo, a partir de los excedentes de liquidez, para una institución de educación superior IES de la ciudad de Popayán* [Tesis,

Universidad EAFIT]. <https://hdl.handle.net/10784/12264>

Vélez, L. (2020). *Obstáculos Administrativos de Organizaciones Sociales (ESAL) en Colombia* [Tesis, Universidad

EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/46a7833f-35ff-4aef-a16f-dfc44bf92b97/content>

Vélez, M., Arias, K., & Carvajal, D. (2022). Optimización de un portafolio de inversión mediante simulación Monte Carlo utilizando Descomposición de Cholesky. *Instituto Tecnológico Metropolitano*, 91–110.

[https://efectivo.itm.edu.co/docs/39/revista39\\_06\\_digramado.pdf](https://efectivo.itm.edu.co/docs/39/revista39_06_digramado.pdf)

Veronorte. (2025, June 9). *Inmortalidad vigorosa* - Veronorte. Veronorte.

<https://veronorte.substack.com/p/inmortalidad-vigorosa>

Xu, T. (2024). La aplicación de la simulación de Monte Carlo para el análisis de riesgos y comportamiento en los mercados financieros. *Highlights in Business, Economics and Management*, 45, 4–5.

<https://doi.org/https://doi.org/10.54097/djgy6809>

Yale. (2024, October 25). *Yale informa sobre el retorno de la inversión para el año fiscal 2024* | Noticias de Yale.

Yale News. <https://news.yale.edu/2024/10/25/yale-reports-investment-return-fiscal-2024>

Yale Investment Office. (2019). *The Yale Endowment 2019*. <https://investments.yale.edu/reports>