

27 de noviembre de 2023



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS APLICADAS

Sobre el rol de ESG en
selección de portafolios
con clustering

Diego Guzmán Cuevas

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: Sebastián Cea

SANTIAGO, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS APLICADAS

Certifico que he leído esta memoria y que en mi opinión su alcance y calidad son completamente adecuados como para ser considerada una memoria conducente al título de Ingeniero.

Sebastián Cea
(Profesor Guía)

© Diego Guzmán Cuevas 2023
Todos los derechos reservados.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia que me dio la oportunidad de estudiar en esta universidad, a cada uno de ellos por su constante apoyo el cual a sido la base de este logro. A mis amigos, les agradezco por haber sido una parte crucial tanto en mi aprendizaje académico como en mi desarrollo personal.

Agradezco a mis profesores que durante todos estos años me han preparado para afrontar la vida laboral. En especial quiero darle las gracias al profesor Sebastián Cea, cuya dedicación, paciencia y orientación fueron clave en el desarrollo de esta memoria. Por último, doy gracias a Dios por darme la fortaleza y la perseverancia durante todos estos años. Su guía ha sido fundamental en cada paso de este trayectoria académica y crecimiento personal.

Resumen

Esta tesis representa un avance significativo en el campo de la gestión de carteras al integrar un enfoque innovador basado en la clasificación ESG de las empresas y técnicas de *clustering* en la selección y optimización de activos. Este trabajo se basa en la metodología propuesta por Lorenzo & Arroyo (2023) quienes enfocaron su estudio en el mercado de criptomonedas. Sin embargo, a diferencia de ese enfoque, nuestra investigación se centra específicamente en el mercado de acciones local y extranjero. La adopción del enfoque ESG en línea con la tendencia actual en la gestión de inversiones representa no sólo una motivación, sino que se convierte en un enfoque ético y estratégico para impulsar decisiones financieras sostenibles y socialmente responsables en el mercado actual.

La metodología desarrollada aquí destaca por su enfoque dual en la clasificación y agrupación de activos. Se comienza con la clasificación de acciones según su valor ESG asignado por el ranking Merco ESG incluyendo activos locales y extranjeros que determinan la muestra a analizar. Posteriormente, se aplica una técnica de *clustering* que considera tanto la volatilidad como la clasificación ESG de los activos, generando grupos que reflejan la diversidad del mercado. A su vez, para establecer una comparación, se realiza un segundo *clustering* basado en la rentabilidad y la volatilidad de los activos.

Con estos *clusters*, se identifican prototipos que representan diferentes perfiles de riesgo y sostenibilidad. Estos prototipos se utilizan en la construcción de carteras optimizadas mediante el modelo de Markowitz. Los resultados muestran que las carteras creadas con criterios ESG destacan por sobre las creadas en base a su rentabilidad. Sin embargo, es importante notar que, en términos de rentabilidad, estas carteras no superan al benchmark. Esto sugiere que, aunque las inversiones éticas son valiosas, en términos puramente financieros, aún necesitan mayor competitividad para igualar los resultados del mercado.

Es crucial destacar que este estudio no sólo contribuye a la optimización de carteras, sino que también proporciona un marco para la toma de decisiones éticas en inversiones. La inclusión de criterios ESG no sólo sirve como un componente adicional en la construcción de carteras, sino que también representa una perspectiva valiosa para los inversores conscientes de la importancia de consideraciones ambientales, sociales y de gobernanza en sus estrategias de inversión.

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen	II
1. Introducción	1
1.1. Problema	1
1.2. Motivación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	3
1.5. Metodología	3
1.6. Estructura y desarrollo del documento	5
2. Marco Teórico	6
2.1. Creación de cartera tradicional	7
2.2. <i>Clustering</i> y Selección de prototipos	15
3. Datos	18
3.1. Comparación de precios de Cryptomonedas	18
3.2. Ranking ESG	20
3.3. Recopilación de Datos	22
4. Desarrollo Metodológico	27
4.1. Segmentación de Activos	29
4.2. Selección de Acciones Basada en Múltiples Parámetros	31
4.3. Creación de Carteras	35
5. Análisis de Resultados	40
5.1. Resultados Ratio de Sharpe	41
5.2. Resultados Value at Risk	46

5.3. Resultados Rendimiento Anualizado	51
6. Conclusiones y Recomendaciones	57
Bibliografía	62
Anexos	63
A. Anexos	63
A.1. Comparación de precio de criptomonedas	63

Índice de figuras

2.1. Selección de Cartera Tradicional	8
4.1. Diagrama de flujo del algoritmo de asignación de cartera.	28
5.1. Ratio de Sharpe Uniforme	41
5.2. Ratio de Sharp	44
5.3. Value at Risk Uniforme	47
5.4. Value at Risk	49
5.5. Rendimiento Analizado Uniforme	52
5.6. Rendimiento Anualizado	54
A.1. Criptomoneda ADA	63
A.2. Criptomoneda BNB	64
A.3. Criptomoneda BTC	64
A.4. Criptomoneda DOGE	65
A.5. Criptomoneda ETH	65
A.6. Criptomoneda LINK	66
A.7. Criptomoneda USDC	66
A.8. Criptomoneda USDT	67
A.9. Criptomoneda XLM	67
A.10. Criptomoneda XRP	68

Índice de cuadros

3.1. Valor Merco ESG 2022 de los activos	22
3.2. Merco ESG 2022 y Distribución de Retornos Diarios (31.1.2019-31.1.2021) .	26
4.1. Ratio de Sharpe (31.1.2019-31.1.2021)	32
4.2. <i>Value at Risk</i> (31.1.2019-31.1.2021)	33
4.3. Rendimiento Anualizado (31.1.2019-31.1.2021)	34
4.4. Merco ESG 2022, Ratio de Sharpe, VaR y Rendimiento Anualizado	38
5.1. Tabla de Rendimientos diarios prototipo según Ratio de Sharpe y cartera con distribución Uniforme	42
5.2. Tabla de Resultados de Ratio de Sharp	44
5.3. Tabla de Resultados de VaR Uniforme	47
5.4. Tabla de Resultados de VaR	49
5.5. Tabla Resultados Rendimiento Anualizado Uniforme	52
5.6. Tabla Resultados Rendimiento Anualizado	54
6.1. Tabla Resultados Finales Acumulados	58
6.2. Peso de los activos	60

Capítulo 1

Introducción

1.1. Problema

El problema que este trabajo busca resolver es la falta de opciones automatizadas y eficaces para la asignación de carteras de inversión basadas en criterios ESG (por las siglas en inglés de Ambientales, Sociales y de Gobernanza), lo cual ha llevado a una baja inversión en este enfoque debido a la percepción de un bajo rendimiento. Los inversores pueden estar interesados en invertir en empresas que cumplan con estos criterios, pero actualmente se cree que al invertir en este tipo de activos la rentabilidad va a ser menor.

1.2. Motivación

La motivación de este trabajo se puede desglosar en tres factores principales, que se relacionan directamente con el artículo “Sustainable Investing in Equilibrium” de Pástor, Stambaugh & Taylor (2021).

En primer lugar, las consideraciones éticas son una motivación clave. Los inversores pueden estar interesados en invertir en activos que cumplan con ciertos criterios ESG como una forma de apoyar a empresas socialmente responsables y éticas. El artículo “Sustainable Investing in Equilibrium” proporciona una base teórica sólida para comprender cómo los inversores pueden integrar consideraciones éticas en sus decisiones de inversión. Examina cómo las preferencias éticas de los inversores pueden influir en la formación de las carteras y cómo estos factores pueden tener un impacto en los rendimientos financieros.

En segundo lugar, la reducción del riesgo es otro factor motivador. La asignación de carte-

ras de inversión basada en riesgos puede ayudar a los inversores a disminuir su exposición a riesgos específicos, como la volatilidad del mercado o la inflación. El artículo mencionado también aborda la relación entre la sostenibilidad y el riesgo financiero. Explora cómo los factores ESG pueden afectar los rendimientos y el riesgo de las inversiones, y cómo los inversores pueden utilizar esta información para construir carteras más resilientes y equilibradas.

En tercer lugar, la maximización del rendimiento es otra motivación destacada. La asignación de carteras de inversión basada en riesgos puede ayudar a los inversores a encontrar un equilibrio óptimo entre el riesgo y el rendimiento, identificando oportunidades de inversión que se ajusten a su perfil de riesgo y objetivos de inversión. El artículo “Sustainable Investing in Equilibrium” también analiza cómo los factores ESG pueden influir en los rendimientos financieros a largo plazo y cómo los inversores pueden aprovechar esta información para lograr una maximización sostenible del rendimiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es desarrollar y evaluar una estrategia de cartera de inversiones que integre el método de clustering de los activos basado en volatilidad, junto con criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG), con el propósito de optimizar el rendimiento financiero y sostenible de la cartera. Se busca analizar el impacto de estos enfoques en la rentabilidad, el riesgo y el comportamiento de la cartera de inversiones, contribuyendo así al campo de las inversiones ESG y al análisis de volatilidad en un contexto financiero actual y en evolución.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Reconstrucción del Código con Enfoque ESG: desarrollar un código siguiendo la metodología empleada en el estudio de Lorenzo & Arroyo (2023), y adaptarlo a un enfoque que integre criterios ESG. Esto implicará la incorporación de parámetros y condiciones específicas relacionadas con aspectos ambientales, sociales y de gobernanza en el proceso de selección y gestión de activos.
- b) Evaluación Comparativa de Rendimiento: Realizar un análisis comparativo entre la cartera generada por el código reconstruido en base a los criterios ESG y las carteras generadas por enfoques de inversión tradicionales y el enfoque previamente utilizado. Eva-

luar el rendimiento financiero y sostenible de cada cartera en términos de rentabilidad, riesgo y alineación con criterios ESG. Esto permitirá determinar si la nueva metodología es capaz de generar resultados superiores y éticamente sostenibles en comparación con los enfoques convencionales.

1.4. Alcances

Esta tesis se enfocará en el desarrollo y evaluación de una estrategia de cartera de inversiones innovadora y sostenible basada en la metodología de *clusters* y criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). El trabajo incluirá la adaptación y mejora del sistema de inversión existente mediante la incorporación de elementos específicos que permitan la integración de criterios ESG en la selección de activos y la segmentación de acciones según su volatilidad histórica.

Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos a través de esta estrategia. Se evaluará el rendimiento financiero de la cartera generada por esta metodología, considerando tanto su rentabilidad como los niveles de riesgo asociados. Además, se examinará cómo los criterios ESG influyen la composición de la cartera y su sostenibilidad a largo plazo.

En línea con los objetivos propuestos, se incorporará un ranking ESG reconocido en la estrategia de cartera sobre la evaluación de un par de alternativas. Se realizará un análisis de los rankings disponibles, eligiendo uno que se ajuste a los criterios considerados más relevantes para este trabajo. Aunque se considerará la utilización de varios rankings, el enfoque se centrará en la evaluación del ranking ESG que se integre de manera más coherente con los objetivos de inversión y los valores éticos propuestos.

Es importante destacar que, aunque se evaluarán múltiples rankings, no se profundizará en la creación detallada de un nuevo ranking personalizado. El objetivo principal se centra en analizar la viabilidad y efectividad de la estrategia en un contexto conceptual y evaluativo, contribuyendo así al campo de las inversiones ESG y al análisis de volatilidad en el contexto financiero actual y en evolución.

1.5. Metodología

La metodología utilizada se basa en el estudio de Lorenzo & Arroyo (2023) el cual se enfoca en la optimización de carteras en el mercado de criptomonedas, considerando su alta

volatilidad y diversidad. A través de un enfoque basado en el modelo de Markowitz y técnicas de agrupación de datos, se busca mejorar la eficiencia y la precisión de las decisiones de inversión en este mercado. La metodología se divide en varias etapas clave:

- a) Recopilación de Datos: Se seleccionaron datos de 30 acciones que cotizan en bolsa. Estos datos incluyeron los precios históricos de las acciones y la clasificación ESG según el ranking Merco.
- b) Segmentación en Cuatro Grupos: Se aplicó un proceso de segmentación utilizando la mediana de la volatilidad y la mediana del ranking ESG. Las acciones se dividieron en cuatro grupos: alta volatilidad y alto ESG, baja volatilidad y alto ESG, alta volatilidad y bajo ESG y baja volatilidad y bajo ESG.
- c) Selección de Prototipos: Para cada grupo, se eligió un prototipo de acción. Esta selección se basó en varios criterios, incluyendo el mayor Ratio de Sharpe, el menor Valor en Riesgo (Value at Risk) y el mejor Rendimiento Anualizado. Estos prototipos se convirtieron en las “acciones líderes” de sus respectivos grupos.
- d) Optimización de Carteras: Se aplicó el modelo de Markowitz a cada cartera de cuatro acciones compuesta por los prototipos seleccionados. El objetivo era determinar la combinación óptima de activos que maximizara el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado.
- e) Evaluación de Desempeño: Cada cartera se sometió a un período de inversión de un año y seis meses. Se evaluó su desempeño en función de métricas como el Ratio de Sharpe, el Valor en Riesgo (Value at Risk) y el Rendimiento Anualizado. Esta evaluación permitió comparar la efectividad de las carteras en diferentes condiciones del mercado.

1.6. Estructura y desarrollo del documento

Este documento se ha organizado en cuatro hitos que marcan momentos fundamentales en el desarrollo de la investigación. En el primero (26 de mayo), se inició la investigación con un exhaustivo análisis de la tesis de Lorenzo & Arroyo (2023), así como del trabajo de Pástor, Stambaugh & Taylor (2021). Estos análisis proporcionaron una base teórica sólida y un contexto relevante para este estudio. A su vez en este hito se inició la extracción de datos obtenidos por Lorenzo y Arroyo, donde se encontraron diversas discrepancias de los datos en comparación a diferentes fuentes (ver sección 3.1).

En el segundo hito (23 de junio) se procedió a seleccionar el ranking ESG que sería esencial para la investigación. Luego de comparar varios rankings, se eligió el más adecuado para el estudio (ver sección 3.2). Posteriormente, se realizaron extracciones de datos financieros conforme a los criterios establecidos generando la tabla de estadística descriptiva (ver tabla 3.2).

La tercera fase (15 de septiembre) se centró en la segmentación de activos financieros en grupos utilizando métricas como el índice de Sharpe (ver tabla 4.1), *Value at Risk* (ver tabla 4.2) y el *Annualized Return* (ver tabla 4.3). Los prototipos representativos seleccionados de cada grupo se utilizaron para construir carteras de inversión, asegurando una diversificación efectiva basada en criterios ESG y de rendimiento.

Finalmente, en el cuarto hito (13 de octubre) se llevó a cabo la construcción de las carteras de inversión utilizando los prototipos seleccionados y la aplicación del modelo de Markowitz (ver peso de las carteras en tabla 6.2). Se realizó un análisis de los resultados obtenidos (capítulo 5), evaluando el rendimiento, el riesgo y la sostenibilidad de las carteras en relación con los objetivos planteados.

Estos hitos representan momentos críticos en el desarrollo de la investigación, cada uno de ellos esencial para avanzar hacia la conclusión y los hallazgos finales del estudio.

Capítulo 2

Marco Teórico

La metodología adoptada en esta investigación se fundamenta en gran medida en el estudio innovador llevado a cabo por Lorenzo & Arroyo (2023). Su enfoque, intrínsecamente conectado con la optimización de carteras en el mercado de criptomonedas, ha trascendido como una contribución significativa en la búsqueda de estrategias más efectivas en un entorno caracterizado por su alta volatilidad y diversidad.

En su investigación abordan los desafíos particulares que presenta el mercado de criptomonedas, utilizando una metodología que busca mejorar la eficiencia y precisión en las decisiones de inversión. Su enfoque se erige sobre la premisa fundamental de que la volatilidad, tan inherente a las criptomonedas, no debe ser simplemente vista como una fuente de riesgo, sino como una oportunidad para una toma de decisiones más informada y estratégica.

La innovación de Lorenzo & Arroyo radica en su capacidad para combinar el modelo de Markowitz y técnicas de agrupación de datos. Este enfoque híbrido no solo permite la gestión efectiva de la diversidad y volatilidad en el mercado de criptomonedas, sino que también abre el camino para estrategias de inversión más dinámicas y adaptativas.

Esta investigación reconoce la influencia significativa de su investigación en el campo de las finanzas y la inversión, particularmente en entornos volátiles y complejos. Su metodología ha sentado las bases para explorar estrategias análogas en diferentes contextos, como es el caso de esta investigación centrada en el mercado de acciones.

Esta investigación se encuentra conectada a su vez con la memoria Serra (2023), donde se aborda con detenimiento la inversión de carteras en el mercado de acciones. La elección del periodo de tiempo para nuestra propia inversión se fundamenta en la metodología que ha

demostrado en su estudio. Al adoptar este enfoque temporal similar, no solo buscamos establecer una coherencia metodológica, sino que también reconocemos la validez y la relevancia de considerar el factor temporal en las inversiones bursátiles.

La metodología abarca dos áreas interrelacionadas que permiten abordar de manera integral los desafíos específicos de este trabajo: la “Creación de cartera tradicional” y el “*Clustering* y selección de prototipos”. A continuación, se realiza una descripción detallada de cada una de ellas:

2.1. Creación de cartera tradicional

La creación y gestión de una cartera tradicional son procesos fundamentales en la inversión financiera, involucrando una serie de disciplinas interrelacionadas que garantizan una asignación efectiva de activos. Esta estrategia abarca varios componentes esenciales, incluyendo la selección de portafolio, la optimización, la determinación del tiempo óptimo de revisión o rebalanceo, la evaluación de rendimiento y el análisis de resultados.

Selección de portafolio

El proceso de selección de un portafolio de acciones comienza con la definición de objetivos financieros y restricciones específicas. Se establecen los rendimientos esperados y la tolerancia al riesgo del inversor, considerando plazos de inversión, necesidades financieras y limitaciones. Posteriormente, se inicia un análisis exhaustivo de los activos disponibles. Se examinan las acciones individualmente a través de análisis fundamental y técnico, evaluando sus estados financieros, posición en el mercado, patrones de precios y tendencias.

La diversificación se convierte en una piedra angular en esta etapa, seleccionando acciones de diferentes sectores o regiones para reducir el riesgo específico de cada acción. Luego, se lleva a cabo una evaluación detallada del riesgo y el rendimiento esperado de cada acción. Se analiza la volatilidad histórica, el rendimiento pasado y se proyecta el rendimiento futuro, considerando también la correlación entre las acciones para entender cómo se comportan en conjunto.

Una vez seleccionadas las acciones, se aplica la teoría moderna de carteras, como la propuesta por Harry Markowitz. Este enfoque busca optimizar el rendimiento del portafolio para un nivel de riesgo establecido o minimizar el riesgo para un nivel de rendimiento deseado. Se

determina así la combinación óptima de activos que logre un equilibrio entre riesgo y rendimiento.

Finalmente, se construye el portafolio de acciones asignando pesos específicos a cada una, basándose en los resultados del modelo de Markowitz y procurando alinear la combinación de activos con los objetivos y la tolerancia al riesgo del inversor. Este proceso detallado y analítico busca construir un portafolio diversificado que maximice el rendimiento para el nivel de riesgo aceptado por el inversor.

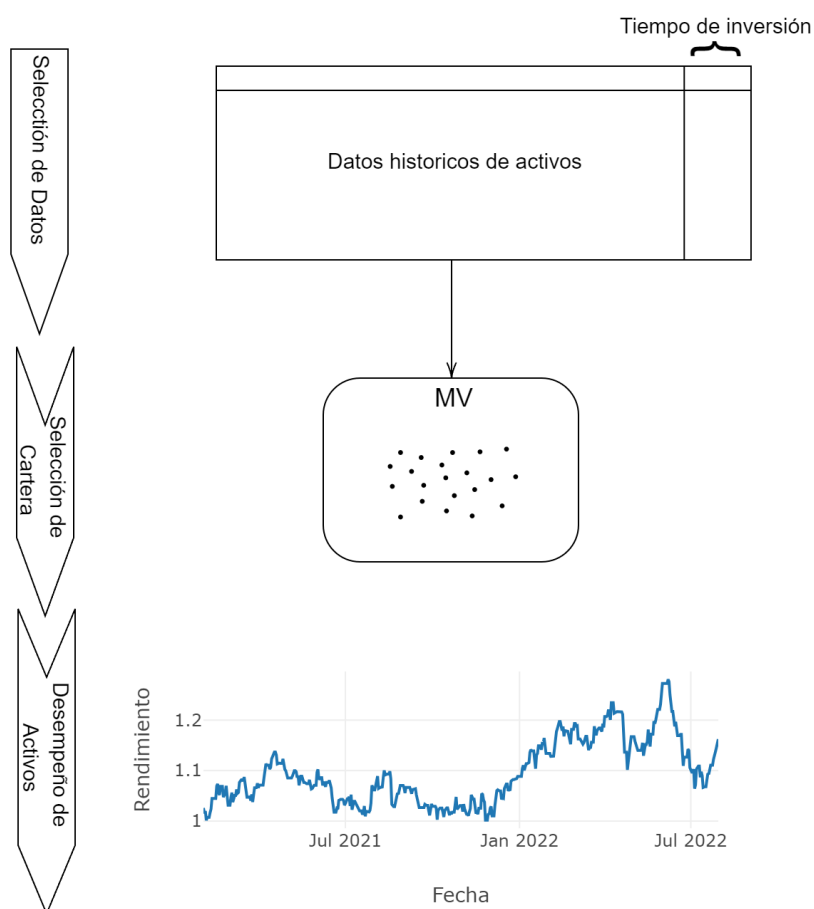


Figura 2.1: Selección de Cartera Tradicional

Optimización de Carteras

En primer lugar, se procede con la selección de un grupo de activos financieros que se consideran como candidatos para ser incluidos en el portafolio. Estos activos ya han sido previamente

agrupados utilizando técnicas de análisis, lo que simplifica la complejidad del proceso y permite agrupar activos con características similares.

Posteriormente, se establecen los objetivos de inversión y las restricciones que guiarán el proceso de optimización. Estos objetivos pueden variar desde maximizar el rendimiento hasta minimizar el riesgo, mientras que las restricciones pueden incluir límites en la asignación de activos, restricciones sectoriales u otras limitaciones específicas del inversor.

Una etapa crucial del proceso implica la estimación de los parámetros necesarios para el modelo de optimización. Esto incluye la creación de una matriz que representa la relación entre los rendimientos de los activos financieros, midiendo su nivel de riesgo relativo entre sí. Esta matriz es fundamental para calcular tanto el riesgo como la covarianza dentro del portafolio.

Se emplea el modelo de Markowitz (1952), conocido como la teoría moderna de carteras, como enfoque principal. Este modelo permite identificar el portafolio eficiente que ofrece la mejor combinación entre rendimiento y riesgo. Considerando las medias de los rendimientos históricos de los activos y la matriz de covarianza, se calcula el portafolio óptimo.

La fórmula de Markowitz se usa para calcular el rendimiento esperado y la varianza de un portafolio es la siguiente:

La fórmula del rendimiento esperado de un portafolio se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot E(R_i) \quad (2.1)$$

Donde:

- $E(R_p)$ es el rendimiento esperado del portafolio.
- w_i son los pesos de cada activo en el portafolio.
- $E(R_i)$ es el rendimiento esperado de cada activo individual.

La fórmula para calcular la varianza del portafolio es:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i \cdot w_j \cdot \sigma_{ij} \quad (2.2)$$

Donde:

- σ_p^2 es la varianza del portafolio.
- w_i y w_j son los pesos de los activos en el portafolio.
- σ_{ij} es la covarianza entre los rendimientos de los activos i y j .

La fórmula de Markowitz se utiliza para calcular tanto el rendimiento esperado como la varianza del portafolio en función de los rendimientos esperados y las covarianzas de los activos individuales. Esto permite encontrar la combinación de activos que minimice el riesgo para un nivel dado de rendimiento o maximice el rendimiento para un nivel de riesgo aceptable, formando así un portafolio eficiente desde el punto de vista de la teoría de carteras.

Este enfoque de la fórmula de Markowitz plantea un desafío de optimización importante en la gestión de carteras financieras. El problema central radica en determinar la distribución óptima de activos que minimice la volatilidad del portafolio para un nivel de rendimiento deseado o maximice el rendimiento para un nivel aceptable de riesgo. Esta búsqueda de la combinación óptima de activos se traduce en un problema de optimización donde se deben hallar los pesos adecuados para cada activo, considerando sus rendimientos esperados y las interrelaciones de sus variaciones (covarianzas). La meta es construir un portafolio que presente la menor exposición al riesgo posible sin comprometer significativamente el rendimiento, permitiendo así a los inversores alcanzar sus objetivos financieros dentro de un marco de riesgo aceptable.

En un esfuerzo por reducir el riesgo y obtener una perspectiva más amplia de la variabilidad de los activos, se utilizaron datos históricos que abarcan desde el año 2000 hasta el 31 de enero de 2021. La elección de este extenso período para el cálculo de Markowitz permitió una consideración más amplia de las fluctuaciones del mercado a lo largo del tiempo. Esta amplitud temporal se consideró fundamental para modelar y calcular con precisión la diversificación de activos y minimizar los riesgos asociados en la construcción de las carteras de inversión.

Tiempo óptimo de revisión o rebalanceo del portafolio

Este concepto se refiere al período de tiempo ideal en el que un inversor debería ajustar o rebalancear su portafolio para maximizar el rendimiento o minimizar el riesgo. El estudio de Chen, Jen & Zions (1971) analiza esta cuestión utilizando modelos matemáticos y estadísticos para determinar el intervalo óptimo entre las revisiones del portafolio. Otra referencia más reciente tratando este problema es Kuhn & Luenberger (2010) que analiza rebalanceo continuo versus discretos con costos de transacción.

El objetivo principal es encontrar un equilibrio entre la minimización de los costos asociados con el rebalanceo frecuente del portafolio y la necesidad de mantener una asignación de activos cercana a la estrategia deseada. El rebalanceo implica ajustar las ponderaciones de los activos en el portafolio para mantener la distribución de riesgo y rendimiento deseada.

En este estudio se examinan factores como los costos de transacción, la volatilidad del mercado y las expectativas de rendimiento para determinar el período óptimo de revisión del portafolio. A través de modelos de optimización, intenta encontrar el equilibrio adecuado entre rebalanceos frecuentes y el impacto de los costos asociados.

Dado que en este trabajo se evaluarán diferentes carteras de inversión que incluyen diversos activos, se ha decidido incorporar el estudio de Serra (2023) como referencia adicional. Según las directrices proporcionadas por este estudio, se establece un periodo de prueba de un año y seis meses para la inversión. Este enfoque implica la evaluación de la eficiencia de las carteras a lo largo de un período significativo, permitiendo analizar el rendimiento y la estabilidad en condiciones diversas del mercado.

La elección de este periodo de prueba se fundamenta en establecer un lapso fijo para permitir una comparación más precisa entre las carteras bajo estudio. Esta duración se considera adecuada para facilitar una evaluación comparativa significativa entre las diferentes carteras de inversión que se llevarán a cabo. Proporciona un equilibrio entre la capacidad de capturar tendencias y patrones a largo plazo, así como la flexibilidad para adaptarse a cambios en las condiciones del mercado en el corto plazo.

Evaluación del Rendimiento

Se procedió a evaluar el rendimiento de los activos individuales empleando diversas métricas, tales como el índice de Sharpe y el *Value at Risk* (VaR) y el *annualized return*. Esto permitió medir la eficacia de cada activo como parte de la estrategia de inversión y comparar su desempeño con otros activos y enfoques. Esta evaluación jugó un papel fundamental en la comprensión de cómo cada activo evolucionó con el tiempo y respondió a las cambiantes condiciones del mercado durante los últimos dos años al igual que en el trabajo de Lorenzo & Arroyo (2023).

Dentro del contexto de la gestión de carteras, se reconoció la importancia del reequilibrio

periódico. Cada activo fue sometido a un proceso de reevaluación regular, manteniendo el objetivo de mantener la asignación de activos deseada. Este procedimiento se llevó a cabo considerando los precios y rendimientos de los activos, asegurando la congruencia con los objetivos de inversión a lo largo del tiempo y corrigiendo cualquier desviación para mantener el enfoque y la estrategia iniciales.

Además, una vez que se construyeron las carteras basadas en la selección de prototipos de *cluster*, fue esencial medir y analizar cómo estos conjuntos de activos se desempeñaron en términos de rendimiento y riesgo. La evaluación de rendimiento les permitió obtener una visión completa de cómo estos conjuntos de activos se comportaron y si estaban cumpliendo con los objetivos de inversión establecidos, considerando la data de los últimos dos años. Este proceso fue fundamental para tomar decisiones informadas y adaptar la estrategia de inversión a medida que las condiciones del mercado cambiaban.

A continuación, se describen los aspectos clave de la evaluación de rendimiento, considerando la data de los últimos dos años al igual que en el trabajo de Lorenzo & Arroyo (2023):

- a) Índice de Sharpe: Se calculó la relación entre el rendimiento de cada activo y su riesgo durante los últimos dos años, considerando la volatilidad relativa y el rendimiento en exceso sobre una inversión libre de riesgo.

La fórmula del Ratio de Sharpe es:

$$SharpeRatio = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p} \quad (2.3)$$

Donde:

- R_p es el rendimiento esperado de la cartera o inversión.
 - R_f es la tasa de interés libre de riesgo.
 - σ_p es la desviación estándar de la cartera o inversión.
- b) *Value at Risk* (VaR): Se estimó la pérdida máxima que cada activo podría experimentar en un período de tiempo determinado con un nivel de confianza específico durante los

últimos dos años, evaluando el riesgo percibido de cada activo.

La fórmula del Valor en Riesgo (VaR) es:

$$VaR_{\alpha} = - \left(R_{\text{acción}} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \right) + z_{\alpha} \sigma_{\text{acción}} \quad (2.4)$$

Donde:

- VaR_{α} es el Valor en Riesgo a un nivel de confianza α para la acción.
- $R_{\text{acción}}$ es el rendimiento esperado de la acción.
- n es el número de observaciones en el historial de rendimientos.
- R_i son los rendimientos individuales de la acción para el período de tiempo considerado.
- z_{α} es el valor crítico de la distribución normal estándar para el nivel de confianza α .
- $\sigma_{\text{acción}}$ es la desviación estándar de los rendimientos históricos de la acción.

- c) *Annualized Returns*: Se evaluó cómo evolucionó el valor de cada activo a lo largo del últimos dos años, representando la ganancia total o pérdida desde el inicio hasta el final de este período.

La fórmula de *Annualized Returns* es:

$$AnnualizedReturns = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (2.5)$$

Donde:

- P_i es el valor inicial de la inversión.
- P_f es el valor final de la inversión.
- n es el número de años (en este caso 2).

Este ajuste se centra en la evaluación de rendimiento de los activos individuales y recalca la importancia de considerar la data de los últimos 2 años para reflejar el contexto actual del mercado y los riesgos asociados con los activos en ese período.

Análisis de resultados

Tras completar la evaluación de rendimiento de las carteras generadas, es fundamental realizar un análisis minucioso de los resultados obtenidos. Este análisis engloba aspectos clave que arrojan luz sobre el desempeño de las carteras y su alineación con los objetivos de inversión, sin enfocarse en una clase específica de activos.

Una parte crucial de este análisis es identificar las fortalezas y debilidades de las carteras construidas a través de la metodología propuesta, examinando en qué áreas estas carteras pueden superar a otros enfoques y en qué áreas pueden presentar deficiencias, lo que proporciona información valiosa para entender sus puntos fuertes y áreas de mejora.

Además, se incluye la comparación de las carteras generadas con los mismos criterios de prototipos pero en base a ESG y rendimiento. Asimismo, se compararán estas carteras con las creadas mediante la aplicación de Markowitz y las carteras de peso uniforme. Esta comparación permite evaluar cómo se comportan las carteras bajo diferentes estrategias de construcción y criterios de selección.

El análisis también considera el impacto del tamaño del mercado en las estrategias de inversión, buscando determinar si ciertas estrategias son más efectivas en algunos mercados.

El equilibrio entre riesgo y rendimiento sigue siendo un aspecto clave a abordar en el análisis, determinando si las carteras logran un equilibrio adecuado entre la obtención de rendimientos sólidos y la gestión eficiente del riesgo, aspecto esencial para los inversores.

Además, se examina cómo las carteras responden a diversas condiciones del mercado, como períodos de alta volatilidad o tendencias alcistas y bajistas. Esto permite evaluar la robustez de las estrategias en diferentes contextos del mercado.

El proceso de agrupación de activos y la selección de prototipos también se somete a un análisis exhaustivo. Esto permite comprender cómo estas etapas impactan en el rendimiento de las carteras y si mejoran la precisión de las estimaciones y la toma de decisiones.

En última instancia, basándose en el análisis de resultados, se extraen las conclusiones y se formulan recomendaciones para los inversores, considerando cuándo y cómo aplicar las estrategias propuestas según las condiciones del mercado y los objetivos de inversión

2.2. *Clustering* y Selección de prototipos

A continuación, se destacarán las diferencias significativas entre el método de *clustering* empleado en este estudio y la creación convencional de carteras. Esta comparativa permitirá entender las ventajas y particularidades del enfoque de *clustering*, que se centra en la segmentación de activos según similitudes, frente al enfoque tradicional que se basa en la diversificación mediante la combinación de diferentes clases de activos y ponderación de activos individuales basada en criterios de riesgo y rendimiento. Este análisis resaltará las capacidades únicas del *clustering* para generar agrupaciones específicas en los activos financieros, ofreciendo una visión más detallada de las oportunidades y riesgos presentes en el mercado.

Método de *Clustering*

Cabe destacar que el *clustering* es una técnica de análisis en la que se agrupan datos similares en conjuntos llamados “*clusters*”. Estos grupos se forman basándose en la similitud entre las características o atributos de los datos. En finanzas, el *clustering* se usa para identificar grupos de activos con características comunes, lo que ayuda a los inversores a comprender patrones, riesgos y oportunidades en sus carteras.

El *clustering* de criptomonedas se revela como un componente fundamental en la metodología empleada por Lorenzo & Arroyo (2023) para optimizar carteras en el mercado de criptomonedas. Dado que este mercado se caracteriza por su extrema diversidad y engloba un amplio espectro de criptomonedas, se enfocaron en aplicar técnicas de agrupación o *clustering* con el objetivo de reducir la complejidad y mejorar la precisión en sus decisiones de inversión. El proceso se llevó a cabo de la siguiente manera:

En primer lugar, se dedicaron a la selección de las características o atributos relevantes de cada activo que serían empleados en el proceso de *clustering*. Estas características incluyeron la volatilidad histórica, el volumen de negociación, la capitalización de mercado, el rendimiento pasado y otras métricas consideradas de relevancia para los inversores.

Luego, eligieron un algoritmo de *clustering* adecuado para agrupar los activos en función de

sus características. Entre las opciones consideradas se encontraron el algoritmo K-Means, el *clustering* jerárquico y el DBSCAN, seleccionando aquel que mejor se adaptara a la naturaleza de los datos y los objetivos del estudio, eligiendo el algoritmo de K-Means.

El número óptimo de grupos o *clusters* en los que se dividirían las criptomonedas fue determinado mediante técnicas como la validación cruzada o la inspección visual de la estructura de los datos. Esta elección fue de suma importancia, ya que afectaba directamente la calidad de los resultados.

En mi enfoque, se optó por dividir los activos financieros en cuatro grupos basados en la mediana de la volatilidad y el valor ESG. Este método permitió una segmentación clara de los activos en función de su riesgo y su nivel ESG. Además, se llevó a cabo otro análisis similar considerando la rentabilidad en lugar del valor ESG, lo que proporcionó otra perspectiva para la evaluación y selección de activos.

Esta diferenciación radica en el enfoque específico de segmentación en cuatro partes mediante la mediana de la volatilidad y el valor ESG para un caso, y para otro caso similar pero sin considerar los criterios ESG, enfocándose en la rentabilidad. Estos métodos permiten una visión detallada de los activos y ofrecen una herramienta efectiva para clasificar y comparar activos financieros, facilitando la toma de decisiones de inversión al proporcionar una comprensión más completa de las oportunidades y riesgos en el mercado.

Ambos enfoques de *clustering*, tanto según ESG como rentabilidad, ofrecieron una manera efectiva de clasificar y comparar los activos financieros, brindando a los inversores una visión más completa y detallada de las posibles oportunidades de inversión en el mercado.

Selección de prototipos del *cluster*

En el estudio de Lorenzo & Arroyo (2023) utilizaron una estrategia similar para la selección de prototipos de sus *clusters* a la que se va a llevar a cabo en este trabajo. Ellos también se basaron en métricas de desempeño y riesgo para identificar los activos más adecuados para cada categoría. Se centraron en los activos con una alta relación riesgo-rendimiento, una menor exposición al riesgo y un historial de rendimiento sólido a lo largo del tiempo.

Esta estrategia, adoptada por Lorenzo y Arroyo, proporcionó una base sólida para la selección de prototipos en su enfoque de carteras de inversión en criptomonedas. En línea con este

enfoque, en la presente investigación, se utilizó una metodología similar, aunque adaptada al mercado de acciones. Se evaluaron las mismas métricas fundamentales de rendimiento y riesgo para identificar los activos más prometedores en cada segmento del cluster.

El proceso de selección se enfocó en encontrar un equilibrio entre el riesgo y el rendimiento, priorizando activos con indicadores sólidos de rendimiento ajustado por riesgo. Esta estrategia permitió la formación de carteras que mostraron un historial de rendimiento positivo y una menor exposición al riesgo, alineándose con el objetivo de maximizar el rendimiento de la cartera mientras se gestionaba prudentemente el riesgo asociado a ella.

La selección de prototipos de este trabajo se basó en una evaluación exhaustiva de los activos mediante métricas clave como el Índice de Sharpe, el *Value at Risk* (VaR) y el Rendimiento Anualizado. Estas métricas proporcionaron una visión holística del desempeño de cada activo, considerando su riesgo y rendimiento.

El proceso se enfocó en dividir las empresas en cuatro secciones distintas, cada una basada en un criterio establecido por estas métricas. En cada sección del *cluster*, se eligieron los activos que mostraban el mejor equilibrio entre riesgo y rendimiento.

Primero, se priorizaron los activos con un índice de Sharpe más alto, indicando un rendimiento ajustado por riesgo favorable. Luego, se seleccionaron activos con el VaR más bajo, lo que implicaba una menor exposición al riesgo. Además, se prefirieron los activos con el mayor rendimiento anualizado, lo que indicaba un desempeño sólido en el período considerado.

Esta metodología de selección permitió crear tres carteras de inversión, cada una compuesta por cuatro activos seleccionados de manera estratégica. Estos activos destacaban por su sólido rendimiento ajustado por riesgo, su menor exposición al riesgo y su historial de rendimiento positivo a lo largo del tiempo. El objetivo de este proceso fue maximizar el potencial de rendimiento de las carteras mientras se minimizaba el riesgo asociado a ellas.

Capítulo 3

Datos

La efectividad y precisión de las estrategias de inversión dependen en gran medida de la selección del período temporal para la evaluación de los rendimientos. En este estudio, se emplearon diferentes ventanas de tiempo para analizar y comparar los rendimientos de las carteras. Una ventana temporal clave se estableció durante un período de dos años previo a la inversión (31.1.2019-31.1.2021). Esta ventana se utilizó para evaluar indicadores cruciales como el ratio de Sharpe, *el Value at Risk* y el rendimiento anualizado. Este enfoque de análisis a corto plazo permitió una evaluación más detallada de las estrategias de inversión en un período más reciente y relevante para las condiciones actuales del mercado.

Por otro lado, el modelo de Markowitz, ampliamente conocido por su enfoque en la diversificación y la minimización del riesgo, se basa en una ventana temporal de datos históricos más extensa, desde el 1 de diciembre de 2000. Esta ventana temporal prolongada permitió una comprensión a largo plazo de las tendencias, patrones y comportamientos de los activos, contribuyendo a un análisis más profundo de la efectividad de las carteras.

Posteriormente, se procederá a invertir durante un año y seis meses para evaluar el rendimiento y la efectividad de las estrategias desarrolladas a partir de la información recopilada durante esta ventana de tiempo específica.

3.1. Comparación de precios de Cryptomonedas

Con el propósito de replicar el código desarrollado previamente por Lorenzo y Arroyo, se emprendió la tarea de recrear las tablas previamente generadas. Este proceso implicó la creación de un código en *Python* diseñado específicamente para llevar a cabo comparaciones entre los precios de diversas criptomonedas. Con el fin de alcanzar resultados similares a los obtenidos

anteriormente, se recurrió a múltiples fuentes de datos, incluyendo *Yahoo Finance*, *Cryptocompare*, y una base de datos proporcionada por Lorenzo y Arroyo, todas correspondientes a una fecha específica.

La primera etapa del código implica la extracción de los precios de las criptomonedas desde las fuentes de datos mencionadas previamente. Para lograr esto, se emplearon la API de *Yahoo Finance* para obtener los precios de algunas criptomonedas, y la API de *Cryptocompare* para otras. Ambas API permiten el acceso a los precios históricos y en tiempo real de las criptomonedas.

Una vez que los precios de las criptomonedas han sido adquiridos desde diversas fuentes de datos, se procedió a consolidar esta información en un solo marco de datos mediante el uso de una biblioteca de análisis de datos en Python, como Pandas. La consolidación de datos en un único marco de datos facilita las comparaciones y análisis subsiguientes.

Adicionalmente, al contar con los datos en formato de marco de datos, se pueden realizar diversas manipulaciones y cálculos adicionales. Esto incluye la capacidad de calcular promedios de precios de criptomonedas, identificar la criptomoneda con el precio más alto o más bajo, y detectar tendencias de mercado basadas en los precios históricos.

Finalmente, una vez que se llevaron a cabo todas las comparaciones y análisis requeridos, es posible exportar el marco de datos resultante a un archivo de Excel. Esta exportación permite disponer de los datos en un formato más accesible y sencillo de compartir con otros interesados en el estudio.

Al realizar la comparación entre los datos obtenidos de *Cryptocompare* y los descargados en una fecha posterior desde la misma plataforma, se descubrieron discrepancias notables. Estas diferencias se volvieron aún más evidentes al tratar de equipararlos con los datos proporcionados por *Yahoo Finance*. Las tres columnas correspondientes a los datos de Lorenzo y Arroyo, *Cryptocompare* y *Yahoo Finance* exhibían información sustancialmente divergente como se puede observar en el Anexo A.1, donde se realizó la comparación de las primeras 10 criptomonedas que analizan en su trabajo.

Este desajuste en los datos, los cuales en algunas ocasiones podía ser despreciable en otras era muy notoria la diferencia, se tradujo en discrepancias significativas en la volatilidad y el rendimiento promedio de las criptomonedas en cuestión. Estas discrepancias plantearon

preguntas cruciales en relación con la calidad y la consistencia de los datos recopilados de diferentes fuentes. Además, este descubrimiento subrayó la importancia de comprender que, aunque el mercado es uno, los datos continúan fluctuando con el tiempo, y las plataformas a menudo realizan ajustes en la información que han publicado. Dado este panorama, el objetivo de recopilar datos precisos y exactos se torna aún más desafiante y requiere una consideración meticulosa de los posibles factores que puedan afectar la coherencia de los datos a lo largo del tiempo.

Es importante señalar que una de las razones subyacentes de estas discrepancias podría estar relacionada con la naturaleza continua y global del mercado de criptomonedas. A diferencia de los mercados tradicionales de acciones, bonos o divisas, el mercado de criptomonedas no tiene un horario de cierre establecido y opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Esto significa que los precios y los datos pueden fluctuar constantemente, incluso durante las horas en las que los mercados financieros tradicionales están cerrados.

Cuando se intenta comparar y extraer datos de diferentes fuentes, es fundamental considerar que estos datos podrían haber sido recopilados en momentos ligeramente diferentes. Una pequeña diferencia en la hora de recopilación de datos puede llevar a variaciones notables en los precios y en otros indicadores clave. Dada esta consideración, se tomó la decisión de centrar el estudio en el mercado de acciones tradicional, que sigue un horario de operación más estructurado y tiene cierres diarios, lo que facilita la comparación y la obtención de datos más consistentes para el análisis.

3.2. Ranking ESG

Como punto de partida, era necesaria la consideración de criterios ESG en la toma de decisiones de inversión no solo refleja un enfoque ético hacia las prácticas empresariales, sino que también se ha convertido en un factor clave para el rendimiento financiero sostenible a largo plazo. En un mundo donde la conciencia ambiental y social está en constante aumento, los inversores buscan no solo rentabilidad, sino también alineación con valores sostenibles. La integración de estos criterios proporciona una visión integral de la gestión de riesgos y oportunidades asociadas con las inversiones.

En el contexto de esta investigación, la inclusión de criterios ESG se presenta como vital. No solo se trata de cumplir con estándares éticos y sostenibles, sino también de anticipar y mitigar riesgos relacionados con estos aspectos. Además, la creciente demanda de inversiones

socialmente responsables destaca la importancia de evaluar las empresas desde una perspectiva más amplia que solo la rentabilidad financiera.

La investigación reconoce que, en este paradigma cambiante, la elección de un ranking ESG apropiado es crucial para garantizar una evaluación precisa de las prácticas empresariales. Esta elección no solo define la base ética de la inversión, sino que también impacta directamente en la calidad y confiabilidad de los datos utilizados en el proceso de segmentación y construcción de carteras. En este sentido, se exploran tres destacados: Monitor Empresarial de Reputación Corporativa - Medio Ambiente, Social y Gobierno (Merco ESG), *Carbon Disclosure Project* (CDP), y *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI).

Merco ESG se destaca por su enfoque integral, que abarca desde aspectos ambientales hasta gobernanza. Su relevancia se subraya por la extensa cobertura de acciones en Chile, lo que alinea perfectamente con el enfoque geográfico de esta investigación. Este factor proporciona una contextualización regional crucial para evaluar las prácticas empresariales en un entorno específico, consideración esencial para la calidad y relevancia de los datos en el proceso de segmentación y construcción de carteras.

El *Carbon Disclosure Project* (CDP) se distingue por su foco en la divulgación climática. Su énfasis en el cambio climático brinda una perspectiva específica y valiosa sobre cómo las empresas abordan este desafío global. Sin embargo, su aplicación puede ser más específica y no abarcar la amplitud de los criterios ESG.

Por otro lado, el *Dow Jones Sustainability Index* (DJSI), al ser un índice amplio, proporciona una visión completa de la sostenibilidad y el rendimiento financiero. Su alcance global lo convierte en una herramienta valiosa para evaluar prácticas empresariales desde una perspectiva global.

La elección de Merco ESG para esta investigación se fundamenta en su equilibrio entre amplitud y profundidad, proporcionando un marco completo para evaluar las prácticas empresariales en el contexto chileno. Esta elección no solo define la base ética de la inversión, sino que también asegura datos relevantes y precisos para el análisis de carteras en este entorno específico.

Cuadro 3.1: Valor Merco ESG 2022 de los activos

	SYMBOL	ESG		SYMBOL	ESG
1	BCI.SN	10.000	16	CENCOSUD.SN	5.752
2	BCH	9.282	17	NFLX	5.686
3	BSANTANDER.SN	9.199	18	KO	5.633
4	NESN.SW	8.699	19	ENEL.MI	5.625
5	MELI	8.349	20	ULVR.L	5.593
6	FALABELLA.SN	8.061	21	TM	5.346
7	CONCHATORO.SN	8.036	22	ADS.DE	5.190
8	COPEC.SN	7.902	23	NKE	4.975
9	ENTEL.SN	7.789	24	IBM	4.974
10	CCU.SN	6.834	25	PEP	4.243
11	MSFT	6.728	26	BMW.DE	4.210
12	PFE	6.388	27	MET	3.900
13	BNS	6.095	28	CMPC.SN	3.772
14	005930.KS	5.911	29	AAL.L	3.562
15	AAPL	5.756	30	JNJ	3.102

3.3. Recopilación de Datos

La recopilación de datos desempeña un papel esencial en la metodología de este estudio, ya que sienta las bases para la investigación y el análisis posterior. En esta sección, se describe en detalle cómo se llevaron a cabo las diversas etapas de recopilación de datos.

En el contexto de esta investigación, el ranking Merco ESG, desempeña un papel esencial en la selección de empresas para la inversión. Esta clasificación anual ofrece una visión integral y rigurosa de la actuación empresarial en áreas críticas como el medio ambiente, el ámbito social y el gobierno corporativo. Su sólida metodología, que involucra a diversos grupos de interés, como analistas financieros, consumidores, expertos en RSE, ONGs y sindicatos, garantiza una evaluación equilibrada y confiable de las prácticas empresariales en materia de sostenibilidad y responsabilidad social. Este enfoque colaborativo y participativo asegura que el ranking Merco ESG sea una herramienta de referencia en los mercados financieros y empresariales, respaldando la inversión en empresas comprometidas con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. Al utilizar el ranking Merco ESG como criterio de selección, esta investigación busca contribuir a la promoción de prácticas empresariales más éticas y sostenibles, impulsando así una inversión más consciente y alineada con los valores de la responsabilidad social y ambiental.

Tras analizar el ranking, la selección de empresas abiertas a la bolsa es un paso crítico en la metodología utilizada en esta investigación. Dado que el enfoque está en la inversión en acciones, es esencial limitar la selección a empresas que cotizan en bolsa, ya que estas ofrecen la liquidez necesaria para la inversión y la posibilidad de seguir sus movimientos en tiempo real. En este caso, se aplicó una selección rigurosa, ya que de las 100 empresas que figuran en el ranking Merco ESG, solo 30 se encontraban disponibles en los mercados bursátiles. Esta selección se basó en la disponibilidad de datos históricos de precios de acciones y la viabilidad de la inversión. Al centrarse en estas 30 empresas, la investigación se asegura de que los resultados sean aplicables en un entorno de inversión práctico y realista. Esta limitación también se alinea con el objetivo de evaluar cómo las empresas cotizadas en bolsa que lideran el ranking Merco ESG se desempeñan en términos de sostenibilidad y responsabilidad corporativa, lo que proporciona una perspectiva valiosa para los inversores que desean alinear sus carteras con principios ESG.

Para cada una de las 30 empresas seleccionadas, se buscó la recopilación de datos financieros y de mercado. Para llevar a cabo un análisis eficaz de las acciones seleccionadas, se recopilaron datos financieros históricos y datos de mercado relevantes. Este proceso se realizó utilizando el lenguaje de programación *Python*, que permite automatizar la extracción y almacenamiento de datos de manera eficiente. En particular, se utilizaron fuentes de datos como *Yahoo Finance* para obtener precios históricos de las acciones seleccionadas, lo que proporciona una visión detallada de su rendimiento en el mercado a lo largo del tiempo. Estos datos se guardaron en hojas de cálculo de *Excel* para facilitar su manipulación y análisis posterior. Esta etapa de recopilación de datos es crítica, ya que proporciona la base sobre la cual se construirán los modelos y se evaluará el rendimiento de las inversiones. Además, al tratarse de datos financieros y de mercado en tiempo real, permite una toma de decisiones informada y en línea con el enfoque ESG, lo que respalda el objetivo principal de la investigación de promover la inversión sostenible y responsable en empresas cotizadas en bolsa.

El uso de *Python* como herramienta principal para la recopilación y gestión de datos desempeñó un papel crítico y estratégico. *Python* es un lenguaje de programación ampliamente reconocido y utilizado en el ámbito del análisis de datos y las finanzas debido a su versatilidad, facilidad de uso y una amplia gama de bibliotecas y herramientas disponibles. A continuación, se describen varios aspectos clave relacionados con el uso de *Python* en este contexto:

- a) Automatización de la Recopilación de Datos: *Python* permitió automatizar la recopilación de datos financieros y de mercado. Se desarrollaron *scripts* personalizados para

extraer automáticamente los precios históricos de las acciones de las 30 empresas seleccionadas a partir del ranking Merco ESG. Esto no solo agilizó el proceso, sino que también redujo la posibilidad de errores humanos en la recopilación de datos, garantizando así su integridad.

- b) Acceso a Fuentes de Datos en Línea: Para obtener los precios históricos de las acciones, se utilizó la biblioteca y la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de *Yahoo Finance*, que ofrece datos confiables y actualizados sobre una amplia variedad de instrumentos financieros. Python facilitó la interacción con esta fuente de datos en línea, lo que resultó en una recopilación de datos eficiente y oportuna.
- c) Gestión Eficiente de Datos: Una vez recopilados, los datos se gestionaron y organizaron de manera eficiente. Python se utilizó para la creación y manipulación de hojas de cálculo en Excel, donde se almacenaron los datos de manera estructurada y sistemática. Esto facilitó el posterior análisis de los datos y permitió generar informes y visualizaciones de manera efectiva.
- d) Flexibilidad y Adaptabilidad: Python es conocido por su flexibilidad y capacidad para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto. Esto fue fundamental, ya que la investigación requería la manipulación y el análisis de datos financieros de manera personalizada. Python permitió la creación de funciones y algoritmos específicos para llevar a cabo tareas específicas de acuerdo con los objetivos de la tesis.
- e) Reproducibilidad y Documentación: Python fomenta las prácticas de reproducibilidad en la investigación. Todos los pasos relacionados con la recopilación, limpieza y gestión de datos se documentaron en forma de código, lo que facilita la revisión, la replicación y la comprensión de los procesos por parte de otros investigadores.

Luego el almacenamiento de datos se realizó en Excel, el cual representó una parte esencial y altamente funcional de la metodología empleada en este estudio centrado en la inversión ESG. Esta herramienta proporcionó un entorno versátil y fácil de usar para gestionar y organizar los datos financieros y de mercado recopilados. La capacidad de Excel para manejar grandes conjuntos de datos y realizar cálculos complejos facilitó la tarea de calcular métricas clave, como la volatilidad anualizada, el retorno y otros indicadores financieros esenciales. Además, la estructura de hojas de cálculo de Excel permitió una presentación ordenada y clara de los datos, lo que resultó fundamental para la generación de gráficos e informes visuales para el análisis de inversión. La flexibilidad de Excel también fue evidente en su capacidad para automatizar tareas repetitivas, lo que agilizó significativamente el proceso de recopilación y actualización

de datos. En última instancia, el uso de Excel como plataforma de almacenamiento de datos desempeñó un papel fundamental en la eficacia de la investigación, garantizando la precisión y la accesibilidad de los datos utilizados para la toma de decisiones de inversión ESG.

Dada la naturaleza cambiante de los mercados financieros y las actualizaciones periódicas en las calificaciones y clasificaciones de empresas según el ranking Merco ESG, fue esencial establecer un sólido proceso de validación y actualización de datos. Esto garantizó la integridad y precisión de la información utilizada en el análisis y la toma de decisiones. Se implementaron rigurosos controles de calidad para verificar la coherencia de los datos y se establecieron procedimientos automatizados para buscar y descargar datos actualizados de fuentes confiables, como Yahoo Finance. Además, se estableció un calendario regular de actualizaciones para garantizar que los datos reflejaran siempre la información más reciente. Este enfoque proactivo de validación y actualización de datos fortaleció la fiabilidad de los resultados y garantizó que las decisiones de inversión se basaran en información precisa y oportuna, lo que es fundamental en el contexto de los mercados financieros en constante evolución y la dinámica de las calificaciones ESG.

Cuadro 3.2: Merco ESG 2022 y Distribución de Retornos Diarios (31.1.2019-31.1.2021)

	Variable	ESG	Min	Media	Desv Est	Max
1	005930.KS	5.911	-0.1492065	0.0008333	0.0185286	0.1305260
2	AAL.L	3.562	-0.2012050	0.0005081	0.0306480	0.2279147
3	AAPL	5.756	-0.1791952	0.0011104	0.0199405	0.1390491
4	ADS.DE	5.190	-0.1537037	0.0007284	0.0190493	0.1365839
5	BCH	9.282	-0.1360982	0.0004728	0.0198849	0.2765957
6	BCI.SN	10.000	-0.1214166	0.0005454	0.0177324	0.1099122
7	BMW.DE	4.210	-0.1318504	0.0004850	0.0206569	0.1483847
8	BNS	6.095	-0.1494127	0.0003434	0.0174965	0.1756678
9	BSANTANDER.SN	9.199	-0.1465378	0.0004098	0.0169696	0.1387039
10	CCU.SN	6.834	-0.0753426	0.0004374	0.0155816	0.1766555
11	CENCOSUD.SN	5.752	-0.1549296	0.0001027	0.0187597	0.1516349
12	CMPC.SN	3.772	-0.1407262	0.0002450	0.0176913	0.1736193
13	CONCHATORO.SN	8.036	-0.1124517	0.0002169	0.0149634	0.1093493
14	COPEC.SN	7.902	-0.1231752	0.0001208	0.0164108	0.1215457
15	ENEL.MI	5.625	-0.1984663	0.0004318	0.0179462	0.1836959
16	ENTEL.SN	7.789	-0.1496778	0.0000614	0.0168262	0.3902435
17	FALABELLA.SN	8.061	-0.1966527	0.0001880	0.0170537	0.1406251
18	IBM	4.974	-0.1285075	0.0002645	0.0150659	0.1151502
19	JNJ	3.102	-0.1003788	0.0004466	0.0113823	0.1222920
20	KO	5.633	-0.0967249	0.0003300	0.0123885	0.1387953
21	MELI	8.349	-0.2119867	0.0015256	0.0337824	0.3600000
22	MET	3.900	-0.2676976	0.0005150	0.0294652	0.2799999
23	MSFT	6.728	-0.1473903	0.0008015	0.0179166	0.1860468
24	NESN.SW	8.699	-0.0682963	0.0003701	0.0109263	0.0816018
25	NFLX	5.686	-0.3489565	0.0019925	0.0327307	0.4222351
26	NKE	4.975	-0.1183473	0.0008425	0.0181079	0.1517517
27	PEP	4.243	-0.1193133	0.0003605	0.0120349	0.1293659
28	PFE	6.388	-0.1031518	0.0004098	0.0144453	0.1017172
29	TM	5.346	-0.1652358	0.0002729	0.0160941	0.1417083
30	ULVR.L	5.593	-0.0807952	0.0004635	0.0137618	0.1342792

Capítulo 4

Desarrollo Metodológico

La investigación se centra en la creación de dos tipos de portafolios con enfoques diferentes. El primero se basa en la selección de activos teniendo en cuenta características ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), reflejando un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. El objetivo principal de este portafolio es construir una cartera compuesta por empresas que sobresalen en estos aspectos, buscando no solo rendimientos financieros, sino también un impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad.

El segundo portafolio se diferencia al centrarse en características puramente monetarias y financieras. En este caso, la selección de activos se basa en parámetros tradicionales de inversión, como el rendimiento financiero, el crecimiento de los ingresos, los márgenes de beneficio y otros indicadores financieros clave. El objetivo principal de este portafolio es maximizar los retornos financieros sin necesariamente priorizar los criterios ESG.

La comparación de estos dos enfoques de inversión es el núcleo de la memoria, con un análisis exhaustivo del rendimiento, el riesgo y las características distintivas de cada uno. Este estudio comparativo arrojará luz sobre la efectividad de la inversión ESG en relación con enfoques financieros más tradicionales. Además, la investigación tiene como objetivo proporcionar información valiosa para inversores y gestores de fondos que buscan equilibrar los objetivos financieros con un compromiso creciente con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa.

En última instancia, esta memoria no sólo busca contribuir al crecimiento del conocimiento en el campo de las inversiones sostenibles, sino que también poder tener aplicación práctica en la toma de decisiones de inversión y la gestión de carteras, ayudando a los inversores a alinear sus metas financieras con sus valores y preocupaciones sociales y ambientales.

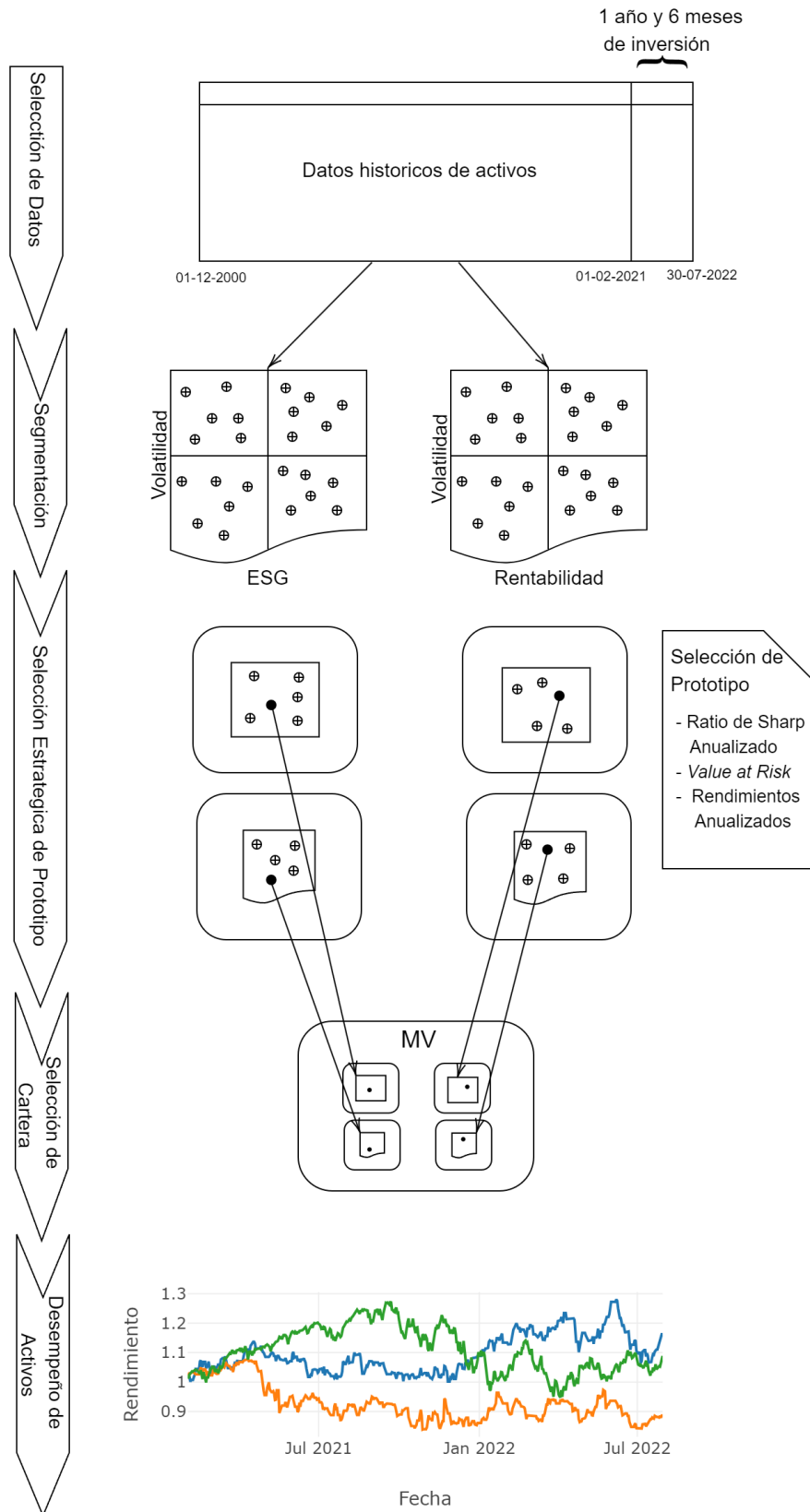


Figura 4.1: Diagrama de flujo del algoritmo de asignación de cartera.

La metodología empleada involucró las siguientes etapas:

- a) Recopilación de Datos: Se seleccionaron datos de 30 acciones que cotizan en bolsa. Estos datos incluyeron los precios históricos de las acciones y la clasificación ESG según el ranking Merco.
- b) Segmentación en Cuatro Grupos: Se aplicó un proceso de segmentación utilizando la mediana de la volatilidad y la mediana del ranking ESG. Las acciones se dividieron en cuatro grupos: alta volatilidad y alto ESG, baja volatilidad y alto ESG, alta volatilidad y bajo ESG y baja volatilidad y bajo ESG.
- c) Selección de Prototipos: Para cada grupo, se eligió un prototipo de acción. Esta selección se basó en varios criterios, incluyendo el mayor Ratio de Sharpe, el mayor *Value at Risk* y el mejor Rendimiento Anualizado. Estos prototipos se convirtieron en las “acciones líderes” de sus respectivos grupos.
- d) Optimización de Carteras: Se aplicó el modelo de Markowitz a cada cartera de cuatro acciones compuesta por los prototipos seleccionados. El objetivo era determinar la combinación óptima de activos que maximizara el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado.
- e) Evaluación de Desempeño: Cada cartera se sometió a un período de inversión de un año y seis meses. Se evaluó su desempeño en función de métricas como el Ratio de Sharpe, el *Value at Risk* y el Rendimiento Anualizado. Esta evaluación permitió comparar la efectividad de las carteras en diferentes condiciones del mercado.

Este proceso metodológico dio como resultado la creación de dos carteras de inversión con enfoques distintos: una basada en criterios ESG y la otra en indicadores financieros. La comparación del desempeño de ambas carteras arrojó información valiosa para inversores interesados en equilibrar el rendimiento financiero con la sostenibilidad en un mercado dinámico y cambiante.

4.1. Segmentación de Activos

En la primera etapa de la clasificación de empresas, se calculó exhaustivamente la volatilidad anualizada, un componente fundamental de este estudio. La volatilidad, en el contexto financiero, es esencial para comprender y gestionar el riesgo de inversión. Se utilizaron los precios históricos de las acciones de las 30 empresas seleccionadas recopilados meticulosamente a través de la plataforma *Yahoo Finance*. El cálculo de la volatilidad anualizada se basó en

técnicas estadísticas robustas y estándar aceptadas en el ámbito financiero. Esta medida proporcionó una visión profunda de cómo las acciones de cada empresa habían experimentado fluctuaciones de precio a lo largo del tiempo, permitiendo una evaluación rigurosa del riesgo asociado con cada empresa.

La segunda fase del proceso implicó la evaluación de la nota del ranking Merco ESG, que desempeñó un papel crucial en este estudio. Esta clasificación es ampliamente reconocida por su metodología rigurosa y su enfoque en la evaluación de prácticas empresariales responsables y sostenibles. Cada empresa fue puntuada en función de su desempeño en indicadores que abarcan desde cuestiones ambientales hasta aspectos de gobierno corporativo y responsabilidad social. La evaluación permitió una clasificación precisa de las empresas en función de su compromiso con las prácticas ESG.

Con las dos métricas clave en mano, se procedió a la segmentación en cuatro grupos, basada en la volatilidad anualizada y la nota del ranking. Esta segmentación permitió una distribución efectiva de las empresas en categorías específicas, teniendo en cuenta tanto su rendimiento financiero como su compromiso con la sostenibilidad. Aquellas empresas con volatilidades superiores a la mediana se agruparon en el “Grupo A”, permitiéndoles beneficiarse de su potencial de crecimiento, aunque con niveles de riesgo más elevados. Por otro lado, las empresas con volatilidades inferiores a la mediana se clasificaron en el “Grupo B”, donde la estabilidad fue un factor clave en la estrategia de inversión. La consideración de la nota del ranking ESG como criterio de segmentación garantizó que solo las empresas más comprometidas con prácticas empresariales sostenibles formaran parte de las carteras de “Grupo C” y “Grupo D”. Esta estrategia de segmentación en cuatro grupos permitió una diversificación efectiva de la cartera, manteniendo el enfoque en la sostenibilidad y gestionando el riesgo de manera proactiva.

Esta elección estratégica de segmentar las empresas según la volatilidad y la nota del ranking se fundamenta en la naturaleza particular de nuestro estudio centrado en el mercado de acciones. A diferencia del enfoque de Lorenzo & Arroyo (2023), que se basó en el mercado de criptomonedas, adaptamos nuestra metodología para abordar las características únicas y la dinámica del mercado de acciones. La volatilidad es un indicador crucial en el mercado bursátil, donde la estabilidad y el riesgo son factores determinantes. Al combinar la volatilidad con la nota ESG, hemos creado un enfoque que no solo considera la variabilidad de los precios, sino también el compromiso de las empresas con prácticas sostenibles y responsables.

Aunque el clustering ha demostrado ser efectivo en diversos contextos, en el caso de nues-

tro estudio sobre acciones, consideramos que la segmentación basada en la volatilidad y el ranking ESG proporciona una perspectiva más específica y relevante para el mercado de acciones. Esta decisión se alinea con nuestro objetivo de construir carteras que no solo optimicen el rendimiento financiero, sino que también integren criterios ESG para una gestión sostenible del riesgo. Así, la elección de esta metodología de segmentación refleja la adaptabilidad y la precisión necesarias para abordar las particularidades del mercado de acciones y cumplir con nuestros objetivos específicos.

4.2. Selección de Acciones Basada en Múltiples Parámetros

La selección de acciones en este estudio se realizó mediante un enfoque integral que consideró varios parámetros críticos para evaluar el rendimiento y el riesgo de cada acción. Estos parámetros incluyeron, pero no se limitaron a, el *Sharpe Ratio*, *Annualized Returns* y *Value-at-Risk*.

- a) Ratio de Sharpe: se elige como una métrica esencial en la evaluación de la eficiencia de una cartera de inversiones. Este indicador, de suma relevancia en el ámbito financiero y bursátil, desempeña un papel crucial al proporcionar una medida cuantitativa del rendimiento ajustado al riesgo de una cartera a lo largo del tiempo. Su importancia radica en su capacidad para ayudar a los inversores a tomar decisiones informadas sobre dónde asignar sus recursos financieros en busca de rendimientos óptimos y sostenibles.

La Ratio de Sharpe se calcula al dividir el exceso de rendimiento de una cartera (es decir, el rendimiento por encima de una tasa libre de riesgo) por su volatilidad, que es una medida de la variabilidad de los rendimientos. El resultado es una métrica que proporciona información sobre cuánto rendimiento adicional se ha logrado por unidad de riesgo asumido. En otras palabras, cuanto mayor sea la Ratio de Sharpe, más eficiente se considera la cartera, ya que está generando rendimientos superiores en relación con su nivel de riesgo. Esto es particularmente relevante en el contexto de la inversión sostenible, donde se busca equilibrar las metas financieras con consideraciones ESG.

Cuadro 4.1: Ratio de Sharpe (31.1.2019-31.1.2021)

SYMBOL		Sharpe	SYMBOL		Sharpe
1	MELI	0.1216441	16	MET	0.0126369
2	AAPL	0.0798146	17	BCI.SN	0.0114995
3	005930.KS	0.0778835	18	BNS	0.0098680
4	NFLX	0.0698209	19	TM	0.0083917
5	NKE	0.0594011	20	BSANTANDER.SN	0.0081606
6	MSFT	0.0558501	21	PEP	0.0028081
7	CENCOSUD.SN	0.0476587	22	ENTEL.SN	-0.0023037
8	AAL.L	0.0369830	23	ADS.DE	-0.0032936
9	JNJ	0.0262719	24	ULVR.L	-0.0058819
10	COPEC.SN	0.0246368	25	IBM	-0.0072076
11	BMW.DE	0.0233697	26	FALABELLA.SN	-0.0098043
12	CMPC.SN	0.0218539	27	NESN.SW	-0.0146699
13	BCH	0.0209363	28	CCU.SN	-0.0146993
14	PFE	0.0148102	29	CONCHATORO.SN	-0.0195936
15	ENEL.MI	0.0145364	30	KO	-0.0249649

La elección de acciones basada en la Ratio de Sharpe permite a los inversores seleccionar activos que ofrezcan el mejor equilibrio entre riesgo y rendimiento, lo que es fundamental para la creación de carteras sostenibles y rentables. Además, esta métrica puede ser especialmente valiosa cuando se combinan enfoques ESG, ya que ayuda a identificar acciones que no solo cumplen con criterios de sostenibilidad, sino que también generan un rendimiento ajustado al riesgo positivo a lo largo del tiempo.

- b) El *Value-at-Risk* (VaR) es una herramienta crítica en la gestión de carteras de inversiones enfocadas en el entorno ESG, ya que proporciona una medida fundamental de riesgo financiero. Este mide la peor pérdida esperada durante un intervalo determinado en condiciones normales de mercado y con un nivel de confianza determinado (cuanto más bajo, mejor). Esta métrica, ampliamente utilizada en el ámbito de las finanzas, se adapta de manera específica al contexto de inversiones responsables, donde la evaluación de riesgos va más allá de las consideraciones puramente financieras y abarca factores ESG.

El VaR se define como la estimación del peor escenario de pérdida que una cartera de inversiones podría enfrentar en un período de tiempo y a un nivel de confianza específico. En otras palabras, cuantifica el riesgo de pérdida de valor financiero que una cartera podría experimentar en circunstancias normales de mercado, y esto es esencial para

los inversionistas comprometidos con la inversión sostenible. Para una cartera ESG, el VaR no sólo tiene en cuenta las fluctuaciones de precios habituales en los mercados financieros, sino que también incorpora el riesgo adicional relacionado con eventos no financieros, como escándalos de gobernanza o problemas medioambientales.

Cuadro 4.2: *Value at Risk* (31.1.2019-31.1.2021)

	SYMBOL	VaR		SYMBOL	VaR
1	COPEC.SN	-0.0576640	16	CMPC.SN	-0.0446062
2	MELI	-0.0572647	17	MSFT	-0.0442436
3	AAL.L	-0.0568632	18	IBM	-0.0439010
4	FALABELLA.SN	-0.0541886	19	ADS.DE	-0.0436419
5	005930.KS	-0.0536543	20	CCU.SN	-0.0427612
6	ENTEL.SN	-0.0501787	21	MET	-0.0421543
7	ULVR.L	-0.0492149	22	NKE	-0.0418075
8	BCI.SN	-0.0489545	23	ENEL.MI	-0.0389799
9	CENCOSUD.SN	-0.0488353	24	PEP	-0.0381414
10	NFLX	-0.0487688	25	CONCHATORO.SN	-0.0371463
11	BCH	-0.0478646	26	KO	-0.0368195
12	BSANTANDER.SN	-0.0475559	27	PFE	-0.0365479
13	BNS	-0.0473355	28	JNJ	-0.0314871
14	AAPL	-0.0466754	29	TM	-0.0303519
15	BMW.DE	-0.0462906	30	NESN.SW	-0.0226098

En el contexto ESG, el VaR se convierte en una métrica aún más valiosa, ya que ayuda a los inversionistas a evaluar el riesgo financiero asociado con la exposición a factores ESG. Por ejemplo, el VaR puede indicar cuánto podría perderse en el valor de una cartera si una empresa que promueve prácticas insostenibles experimenta un evento adverso importante. Por lo tanto, el VaR permite a los inversionistas sostenibles considerar el riesgo financiero en el contexto más amplio de su compromiso con ESG, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la construcción de carteras más alineadas con los valores éticos y sostenibles. En resumen, el VaR es una herramienta crucial para evaluar y gestionar el riesgo financiero en carteras ESG, brindando una perspectiva integral de los riesgos que pueden afectar tanto el rendimiento financiero como la sostenibilidad y responsabilidad corporativa.

- c) *Annualized Returns* (Rendimientos Anualizados) constituyen un indicador cardinal en la evaluación de la rentabilidad de una cartera de inversiones en el contexto de un mer-

cado centrado en la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. Estos retornos anualizados representan la ganancia o pérdida promedio que un inversor ha obtenido en su cartera durante un año calendario. En el ámbito de la inversión sostenible, esta métrica cobra una relevancia aún mayor, ya que permite a los inversionistas evaluar no solo la rentabilidad financiera, sino también la alineación de sus inversiones con criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG).

Los *Annualized Returns* se calculan como un promedio ponderado de los rendimientos obtenidos por los activos que componen la cartera, teniendo en cuenta el tiempo que se mantuvieron en la cartera durante el año. En este contexto, una cartera que haya invertido en empresas con un fuerte enfoque ESG puede obtener rendimientos anualizados que reflejen tanto las consideraciones financieras como la generación de valor a largo plazo a través de prácticas sostenibles. Los inversores que buscan equilibrar sus objetivos financieros con sus valores éticos y ESG pueden utilizar los *Annualized Returns* para evaluar el desempeño de sus carteras a lo largo del tiempo y tomar decisiones de inversión más informadas y alineadas con sus principios.

Cuadro 4.3: Rendimiento Anualizado (31.1.2019-31.1.2021)

	SYMBOL	Rendimiento		SYMBOL	Rendimiento
1	MELI	2.684027	16	BNS	0.9756500
2	AAPL	1.705405	17	MET	0.9686180
3	005930.KS	1.453901	18	BCI.SN	0.9683467
4	NKE	1.387227	19	PEP	0.9616251
5	MSFT	1.362627	20	NESN.SW	0.9404024
6	CENCOSUD.SN	1.288081	21	BSANTANDER.SN	0.9396312
7	AAL.L	1.215753	22	ULVR.L	0.9352597
8	JNJ	1.095788	23	ADS.DE	0.9167250
9	BMW.DE	1.088126	24	ENTEL.SN	0.8571429
10	COPEC.SN	1.081233	25	CCU.SN	0.8520878
11	CMPC.SN	1.070845	26	NFLX	0.8427570
12	ENEL.MI	1.042775	27	IBM	0.8287066
13	BCH	1.031658	28	KO	0.8244863
14	PFE	1.016074	29	CONCHATORO.SN	0.8206983
15	TM	1.012100	30	FALABELLA.SN	0.8011146

Dado que los *Annualized Returns* ofrecen una visión a largo plazo del rendimiento de una cartera, son esenciales para evaluar la efectividad de la estrategia de inversión en

empresas comprometidas con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. Estos retornos anualizados permiten a los inversores determinar si sus inversiones están generando beneficios tanto en términos financieros como en cuanto a la creación de valor a través de prácticas comerciales social y ambientalmente responsables. En última instancia, los *Annualized Returns* desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones de inversión que buscan fomentar un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente, al tiempo que se persiguen objetivos financieros sólidos y sostenibles.

4.3. Creación de Carteras

Inicialmente, se agrupan las acciones en cuatro categorías según la volatilidad anualizada y la nota del ranking. Cada grupo representa un conjunto de empresas con características similares en términos de riesgo y sostenibilidad. Esta segmentación es fundamental para la posterior selección de activos.

La “Selección de Grupos de Acciones” representa un componente esencial de la metodología propuesta para la inversión sostenible. Este proceso estratégico implica la agrupación de empresas en categorías o grupos basados en dos criterios fundamentales: la volatilidad anualizada y la nota obtenida en el ranking Merco ESG. Estos grupos se forman con el propósito de simplificar y optimizar aún más la toma de decisiones de inversión.

En primer lugar, la volatilidad anualizada sirve como un indicador clave de riesgo. Las empresas se dividen en grupos según su nivel de volatilidad, lo que permite a los inversionistas considerar su tolerancia al riesgo al seleccionar activos. Por ejemplo, el “Grupo A” podría incluir empresas con volatilidades significativamente superiores al promedio, lo que podría atraer a inversores dispuestos a asumir mayores riesgos en busca de rendimientos potencialmente más altos.

En segundo lugar, la nota de la clasificación ESG refleja el compromiso de las empresas con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. Este ranking es un indicador crucial de las prácticas empresariales éticas y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Las empresas se agrupan nuevamente en función de sus calificaciones ESG, lo que permite a los inversionistas identificar y respaldar empresas que se alinean con sus valores éticos y sostenibles.

La “Selección de Grupos de Acciones” no solo simplifica el proceso de elección de activos, sino que también brinda a los inversionistas una mayor transparencia y control sobre su carte-

ra. Al segmentar las empresas en categorías claras, se facilita la toma de decisiones en función de las preferencias de riesgo y los objetivos de inversión sostenible. Esto respalda la creación de carteras equilibradas y coherentes con los valores éticos y financieros de los inversionistas.

Para cada grupo de acciones, se selecciona una métrica de desempeño específica, donde la “Elección de Métricas de Desempeño” representa un componente esencial en el proceso de inversión en empresas con un enfoque ESG. Esta etapa estratégica implica la selección cuidadosa de métricas de rendimiento que evalúan la eficacia y el impacto de las carteras de inversión en línea con los objetivos ESG y financieros. Las métricas seleccionadas abordan tanto los aspectos tradicionales de rentabilidad y riesgo como los criterios ESG, brindando una evaluación integral de las inversiones.

La elección de métricas financieras clásicas, como el *Sharpe Ratio* y el *Annualized Returns* permite a los inversionistas evaluar el rendimiento financiero de sus carteras en términos de riesgo asumido y ganancias generadas. Estas métricas tradicionales proporcionan información valiosa sobre la capacidad de las inversiones para generar retornos consistentes y equilibrar el riesgo asociado.

La inclusión de métricas ESG, como el “Impacto Ambiental” y la “Calificación de Responsabilidad Social Empresarial (RSE)”, permite una evaluación más profunda de cómo las inversiones contribuyen a los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad corporativa. Estas métricas miden el grado en que las empresas en cartera están cumpliendo con sus compromisos ambientales, sociales y de gobierno corporativo. Esto brinda a los inversionistas una visión clara de cómo sus inversiones están influyendo en la promoción de prácticas empresariales éticas y sostenibles.

La Elección de Métricas de Desempeño garantiza que el proceso de inversión sea holístico y se alinee con los valores y objetivos de los inversionistas en relación con la sostenibilidad y el rendimiento financiero. Al combinar métricas financieras tradicionales con métricas ESG, los inversionistas pueden evaluar de manera integral el impacto de sus decisiones de inversión y promover activamente prácticas empresariales responsables. Esta elección de métricas empodera a los inversionistas para tomar decisiones informadas y éticas que respalden tanto sus objetivos financieros como su compromiso con un futuro sostenible.

Luego se debe hacer la “Selección de la Mejor Acción” el cual es un paso crucial en el proceso de inversión en empresas con un enfoque ESG. Este proceso implica la evaluación detallada

de múltiples métricas de rendimiento y criterios ESG para determinar la acción óptima dentro de cada grupo de inversión predefinido. La elección se basa en una combinación de métricas clave, como el ratio de Sharpe, que mide el equilibrio entre riesgo y retorno, el *Annualized Returns*, que refleja el rendimiento financiero, y métricas ESG, como el “Impacto Ambiental” y la “Calificación de Responsabilidad Social Empresarial” (RSE), que evalúan el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa.

Este proceso de selección se basa en un enfoque integral que tiene en cuenta tanto los aspectos financieros como los ESG. La acción seleccionada debe demostrar un historial sólido de rendimiento financiero, mitigación de riesgos y un compromiso efectivo con prácticas empresariales sostenibles. Además, la elección considera cómo la acción contribuirá a los objetivos ESG del inversor, como la promoción de prácticas ambientalmente responsables y la mejora del impacto social positivo.

La “Selección de la Mejor Acción” representa la culminación de un proceso de inversión que integra consideraciones financieras y ESG. Esta selección es esencial para garantizar que las inversiones no solo generen rendimientos sólidos, sino que también promuevan prácticas empresariales éticas y sostenibles. Al elegir la acción óptima en cada grupo de inversión, los inversores pueden construir carteras que reflejen sus valores y objetivos, alineando así sus intereses financieros con un enfoque responsable y sostenible hacia la inversión. La recopilación de todas estas métricas se puede observar en el Cuadro 4.4

Uno de los últimos procesos es la “Construcción de Carteras” representa la etapa final y crítica en el proceso de inversión en empresas con un enfoque ESG. En esta fase, se combinan las acciones cuidadosamente seleccionadas de cada uno de los grupos previamente definidos en una cartera equilibrada y diversificada. Esta construcción se basa en el principio de la optimización de la relación entre riesgo y retorno, donde se busca maximizar el rendimiento financiero esperado para un nivel de riesgo determinado. Para lograrlo, se consideran métricas clave como el *Sharpe Ratio* y el *Annualized Returns* que reflejan tanto el potencial de ganancia como la exposición al riesgo de la cartera.

La diversificación juega un papel fundamental en este proceso, ya que reduce la concentración del riesgo al distribuir los activos entre diferentes acciones. Además, se busca equilibrar la exposición a diferentes sectores de la economía y regiones geográficas para mitigar la volatilidad y mejorar la estabilidad de la cartera. La selección de ponderaciones para cada acción se basa en modelos de optimización que buscan alcanzar un equilibrio adecuado entre los activos.

Cuadro 4.4: Merco ESG 2022, Ratio de Sharpe, VaR y Rendimiento Anualizado

	SYMBOL	ESG	Sharpe	VaR	Rendimiento
1	005930.KS	5.911	0.0778835	-0.0536543	1.4539007
2	AAL.L	3.562	0.0369830	-0.0568632	1.2157534
3	AAPL	5.756	0.0798146	-0.0466754	1.7054054
4	ADS.DE	5.190	-0.0032936	-0.0436419	0.9167250
5	BCH	9.282	0.0209363	-0.0478646	1.0316583
6	BCI.SN	10.000	0.0114995	-0.0489545	0.9683467
7	BMW.DE	4.210	0.0233697	-0.0462906	1.0881257
8	BNS	6.095	0.0098680	-0.0473355	0.9756500
9	BSANTANDER.SN	9.199	0.0081606	-0.0475559	0.9396312
10	CCU.SN	6.834	-0.0146993	-0.0427612	0.8520878
11	CENCOSUD.SN	5.752	0.0476587	-0.0488353	1.2880808
12	CMPC.SN	3.772	0.0218539	-0.0446062	1.0708447
13	CONCHATORO.SN	8.036	-0.0195936	-0.0371463	0.8206983
14	COPEC.SN	7.902	0.0246368	-0.0576640	1.0812325
15	ENEL.MI	5.625	0.0145364	-0.0389799	1.0427753
16	ENTEL.SN	7.789	-0.0023037	-0.0501787	0.8571429
17	FALABELLA.SN	8.061	-0.0098043	-0.0541886	0.8011146
18	IBM	4.974	-0.0072076	-0.0439010	0.8287066
19	JNJ	3.102	0.0262719	-0.0314871	1.0957883
20	KO	5.633	-0.0249649	-0.0368195	0.8244863
21	MELI	8.349	0.1216441	-0.0572647	2.6840272
22	MET	3.900	0.0126369	-0.0421543	0.9686180
23	MSFT	6.728	0.0558501	-0.0442436	1.3626271
24	NESN.SW	8.699	-0.0146699	-0.0226098	0.9404024
25	NFLX	5.686	0.0698209	-0.0487688	0.8427570
26	NKE	4.975	0.0594011	-0.0418075	1.3872273
27	PEP	4.243	0.0028081	-0.0381414	0.9616251
28	PFE	6.388	0.0148102	-0.0365479	1.0160741
29	TM	5.346	0.0083917	-0.0303519	1.0121003
30	ULVR.L	5.593	-0.0058819	-0.0492149	0.9352597

Como última etapa se encuentra el monitoreo continuo, en esta etapa se implementa un sistema de seguimiento constante de las carteras de inversión creadas, con el propósito de evaluar su desempeño y asegurar que se mantengan alineadas con los objetivos y valores del inversor.

Este proceso abarca varios aspectos fundamentales. En primer lugar, se realiza un seguimiento constante de las métricas financieras y ESG de las empresas en la cartera. Se supervisa la evolución de factores clave, como los rendimientos financieros, los indicadores ESG, y las noticias relevantes que puedan afectar a las empresas en las que se invierte. Esto garantiza que las empresas sigan cumpliendo con los criterios de sostenibilidad y responsabilidad corporativa establecidos.

Además, se lleva a cabo un análisis comparativo del rendimiento de la cartera en relación con sus índices de referencia y otras estrategias de inversión disponibles en el mercado. Esto permite evaluar si la cartera está cumpliendo con sus objetivos financieros y si se mantiene competitiva en términos de rendimiento.

La revisión y monitoreo continuo también incluye la consideración de eventos extraordinarios, como cambios significativos en el mercado, crisis económicas o acontecimientos globales que puedan tener un impacto en las inversiones. En tales casos, se pueden realizar ajustes en la cartera para adaptarse a las nuevas condiciones del mercado y gestionar el riesgo de manera efectiva.

Capítulo 5

Análisis de Resultados

Los resultados de esta investigación representan un análisis de la implementación de modelos de selección de carteras basados en una combinación única de características ESG, volatilidad y rendimiento anualizado. Cada una de las cuatro carteras, generadas a partir de la segmentación según la mediana de la volatilidad y el ranking ESG de Merco, se construyó en torno al activo con el mayor ratio de Sharpe, el menor Value at Risk (VaR) y el mayor rendimiento anualizado en su respectivo grupo. Estas carteras se monitorean durante un período de inversión de un año y seis meses, y sus resultados se compararon con el benchmark S&P 500.

Cabe destacar que, al inicio de cada sección, se analizarán dos tipos de paquetes de acciones. En el primer enfoque, al cual se le dio el nombre de “uniforme”, ya que se asigna el mismo peso a todas las acciones dentro de cada cartera. En el segundo enfoque, se utiliza el modelo de Markowitz para determinar la asignación óptima de activos en función de la matriz de covarianza, buscando maximizar el rendimiento ajustado al riesgo. Este enfoque dual permite evaluar la influencia de la diversificación y la gestión de riesgos en el rendimiento de las carteras. En esta sección, se detallarán y analizarán los rendimientos, volatilidades y ratios de Sharpe obtenidos por cada una de las carteras, destacando cómo estas estrategias se desempeñaron en relación con los diferentes perfiles ESG, niveles de volatilidad y rendimiento. Asimismo, se presentarán los resultados de la comparación con el benchmark, lo que permitirá evaluar la eficacia y el valor añadido de estas estrategias en el contexto del mercado.

A continuación, procederemos con los resultados específicos y análisis detallados de las carteras individuales y la comparación con el benchmark.

5.1. Resultados Ratio de Sharpe

La siguiente sección presenta las carteras de inversión resultantes de la aplicación del Ratio de Sharpe. Estas carteras se han construido considerando el ratio más alto de cada uno de los *clusters* creados. La distinción se realiza entre dos tipos de carteras: aquella etiquetada como “ESG”, conformada por el *cluster* basado en el ranking Merco 2022, y la denominada “Rentabilidad”, constituida por el *cluster* relacionado con el rendimiento financiero. Esta diferenciación permitirá una comparación directa entre las estrategias generadas a partir de distintos enfoques, destacando la influencia de criterios ESG en la formación de las carteras de inversión.

Ratio de Sharpe para distribución de cartera Uniforme (US)

En la Figura 5.1 se muestra el rendimiento de las carteras de acciones elegidas por su Ratio de Sharpe con un peso igual para cada una de las acciones, tanto para el rendimiento según ESG como para el rendimiento según su rentabilidad.

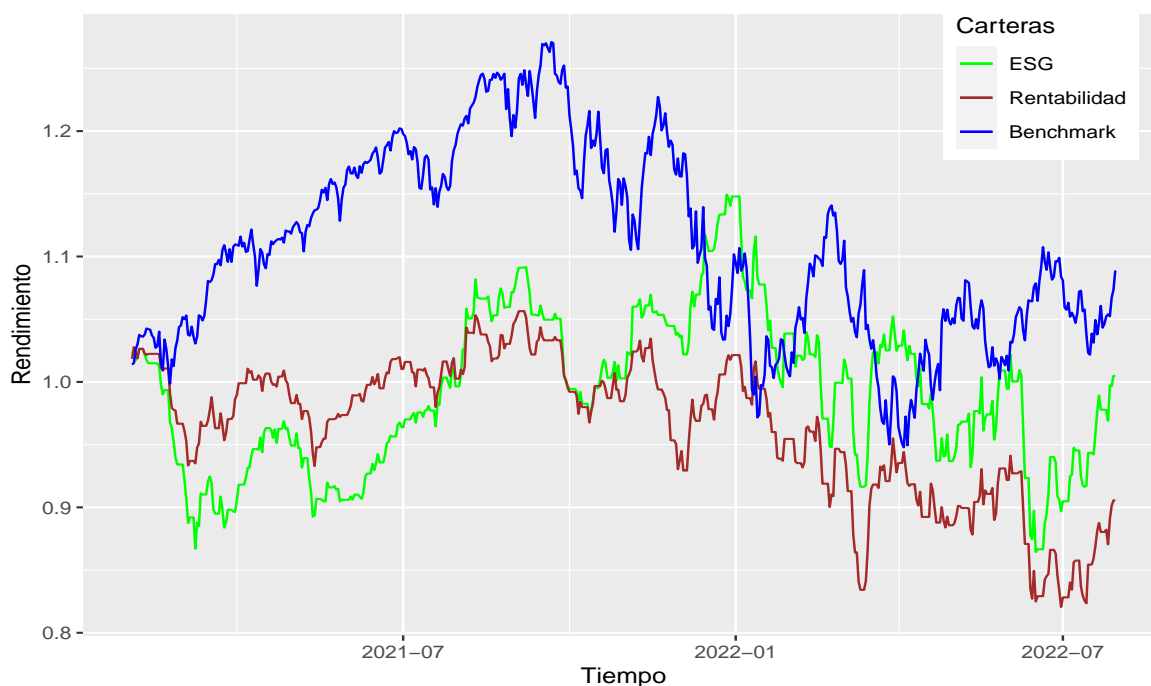


Figura 5.1: Ratio de Sharpe Uniforme

Cuadro 5.1: Tabla de Rendimientos diarios prototipo según Ratio de Sharpe y cartera con distribución Uniforme

Variable	Min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	0.8643703	0.9944038	0.9910454	0.0614424	1.149479
Rendimiento Rentabilidad	0.8204966	0.9775297	0.9637521	0.0562934	1.056462
Benchmark	0.9478438	1.1010954	1.1074584	0.0764888	1.270996

Los resultados de las carteras reflejados en el Cuadro 5.1, se proporciona una visión detallada del rendimiento de cada estrategia a lo largo del período de inversión de un año y seis meses. Aquí hay algunas observaciones clave basadas en los valores presentados:

- a) Rendimiento ESG: La cartera basada en el enfoque ESG mostró un rendimiento mínimo de 0.8644 y un máximo de 1.1495. Esto indica que, en el peor de los casos, la cartera tuvo un rendimiento del 86.44 %, mientras que en el mejor de los casos, logró un rendimiento del 114.95 %. La mediana se sitúa en 0.9944, lo que sugiere que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 0.9910, indicando un rendimiento promedio cercano al valor mediano. La desviación estándar de 0.0614 muestra una baja variabilidad en el rendimiento, lo que se traduce en un riesgo relativamente bajo.
- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera basada en la rentabilidad tuvo un rendimiento mínimo de 0.8205 y un máximo de 1.0565. La mediana se encuentra en 0.9775, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 0.9638, lo que refleja un rendimiento promedio ligeramente inferior a la mediana. La desviación estándar de 0.0563 muestra una baja variabilidad en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo relativamente bajo.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2710. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras basadas en ESG y rentabilidad.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.0048

- Rendimiento Rentabilidad: 0.9056
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Estos resultados indican que la cartera basada en ESG logró un rendimiento superior al principio del período, aumentando su valor a 1.0048. Por otro lado, la cartera basada en la rentabilidad experimentó una disminución en su valor, llegando a 0.9056. El S&P 500 tuvo un rendimiento de 1.0889, lo que sugiere un rendimiento positivo en el mercado en general.

Estos resultados finales muestran cómo las carteras evolucionaron a lo largo del tiempo y ofrecen información crítica para evaluar su desempeño en el contexto del mercado. En particular, destacan la diferencia en el rendimiento final entre las carteras basadas en ESG y rentabilidad, lo que subraya la importancia de considerar factores ESG al construir una cartera.

Ratio de Sharpe (MS)

En la Figura 5.2 se presenta el rendimiento de las carteras de acciones seleccionadas según su Ratio de Sharpe, pero con pesos optimizados mediante el modelo de Markowitz. En esta configuración, la ponderación de cada activo se determina no solo por su rendimiento individual sino también por su relación con los demás activos en el portafolio, buscando así lograr una combinación eficiente en términos de riesgo y rendimiento. Se comparará el rendimiento de estas carteras con aquellas de igual peso para evaluar cómo la aplicación de la teoría de Markowitz impacta en la eficiencia de la cartera y su desempeño en los aspectos ESG y de rentabilidad

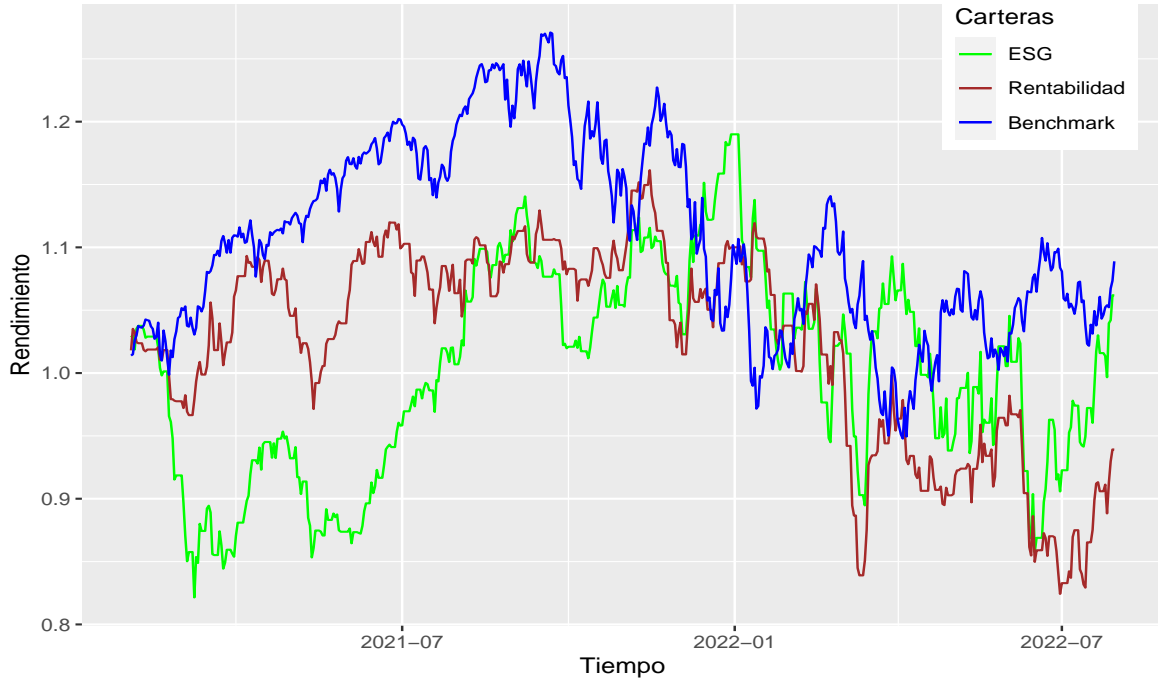


Figura 5.2: Ratio de Sharp

Cuadro 5.2: Tabla de Resultados de Ratio de Sharp

variable	Min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	0.8214551	1.012825	1.001448	0.0815331	1.189949
Rendimiento Rentabilidad	0.8242614	1.042013	1.022624	0.0805682	1.161422
Benchmark	0.9478438	1.101095	1.107458	0.0764888	1.270996

Los resultados que se pueden observar en el Cuadro 5.2, corresponden a las carteras con ponderaciones optimizadas utilizando el enfoque de Markowitz son fundamentales para comprender el impacto de la optimización en la construcción de carteras. Aquí está el análisis de los resultados basados en el índice de Sharpe:

- a) Rendimiento ESG: La cartera con ponderaciones Markowitz basada en el enfoque ESG mostró un rendimiento mínimo de 0.8215 y un máximo de 1.1899. La mediana se encuentra en 1.0128, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 1.0014, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0815 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras con ponderaciones iguales.

- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera con ponderaciones Markowitz basada en la rentabilidad tuvo un rendimiento mínimo de 0.8243 y un máximo de 1.1614. La mediana se sitúa en 1.0420, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.0226, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0806 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras con ponderaciones iguales.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2710. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras con ponderaciones iguales.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.0619
- Rendimiento Rentabilidad: 0.9392
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Los resultados resaltan la importancia de aplicar el enfoque de Markowitz para la construcción de carteras. La cartera con ponderaciones Markowitz basada en ESG logró un rendimiento significativamente superior al principio del período, aumentando su valor a 1.0619. Por otro lado, la cartera con ponderaciones Markowitz basada en la rentabilidad experimentó una disminución en su valor, llegando a 0.9392. El S&P 500 tuvo un rendimiento de 1.0889, lo que sugiere un rendimiento positivo en el mercado en general.

Los resultados finales destacan cómo la optimización de la cartera con el enfoque Markowitz puede contribuir a un mejor desempeño en el mercado en comparación con las carteras de peso uniforme. Esta optimización busca equilibrar el rendimiento y el riesgo, lo que es esencial para los inversores que buscan maximizar sus rendimientos y gestionar eficazmente el riesgo.

5.2. Resultados Value at Risk

Esta sección presenta las carteras de inversión generadas a partir del *Value at Risk* (VaR). En contraste con el método anterior, en este análisis se selecciona la cartera que muestra el menor valor de VaR en cada uno de los *clusters* creados. De este modo, se establece una comparación entre las estrategias de inversión basadas en la minimización del riesgo según el VaR. Así, se mostrarán dos carteras diferenciadas: una denominada “ESG”, derivada del *cluster* basado en el ranking Merco 2022, y otra llamada “Rentabilidad”, formada por el *cluster* relacionado con el rendimiento financiero. Esta comparación permitirá visualizar cómo la gestión del riesgo influye en la composición de las carteras, brindando una perspectiva complementaria a la sección anterior.

Value at Risk Uniforme (UVaR)

En la Figura 5.3 se ilustra el rendimiento de las carteras de acciones seleccionadas utilizando el enfoque de Value at Risk (VaR) uniforme, con pesos iguales para cada uno de los activos. En este método, la elección de activos se basa en su capacidad para minimizar el riesgo según el VaR. Esta estrategia busca gestionar el riesgo a través de la diversificación de activos sin considerar las interrelaciones entre ellos. La comparación con las carteras de igual peso y las optimizadas por Markowitz proporcionará una visión completa de cómo diferentes enfoques afectan el rendimiento de la cartera en los aspectos ESG y de rentabilidad.

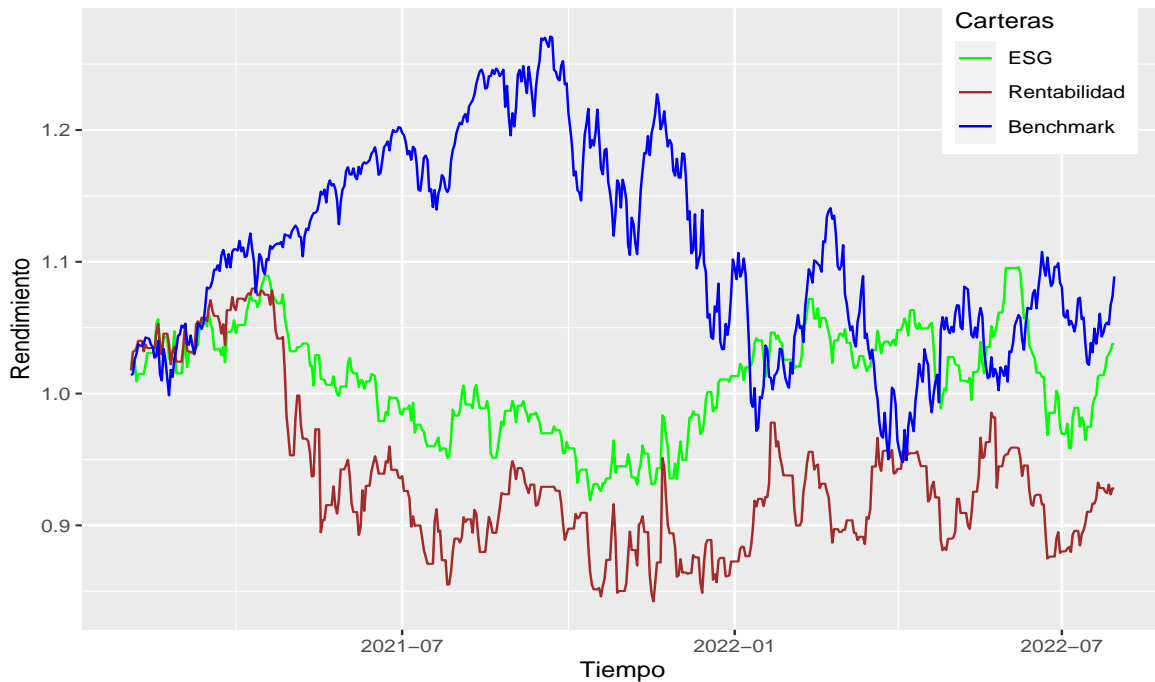


Figura 5.3: Value at Risk Uniforme

Cuadro 5.3: Tabla de Resultados de VaR Uniforme

variable	Min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	0.9188759	1.0133262	1.0091626	0.0392902	1.096015
Rendimiento Rentabilidad	0.8422637	0.9231961	0.9346958	0.0589361	1.079722
Benchmark	0.9478438	1.1010954	1.1074584	0.0764888	1.270996

Los resultados de las carteras con ponderaciones iguales en cada uno de los activos, aplicando el enfoque de Value at Risk (VaR) uniforme, proporcionan información relevante sobre el rendimiento de estas carteras, esta información se puede observar en el Cuadro 5.3. Aquí está el análisis de los resultados basados en el índice de riesgo VaR:

- Rendimiento ESG: La cartera con ponderaciones VaR uniforme basada en el enfoque ESG mostró un rendimiento mínimo de 0.9189 y un máximo de 1.0960. La mediana se encuentra en 1.0133, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 1.0092, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0393 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.

- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera con ponderaciones VaR uniforme basada en la rentabilidad tuvo un rendimiento mínimo de 0.8423 y un máximo de 1.0797. La mediana se sitúa en 0.9232, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 0.9347, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0589 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2700. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras de peso uniforme.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.0377
- Rendimiento Rentabilidad: 0.9281
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Los resultados finales indican que las carteras con ponderaciones VaR uniforme lograron un rendimiento positivo, aunque ligeramente superior al del principio para la cartera ESG, sin embargo sucedió lo contrario para el paquete de acciones basado en rendimiento en comparación entre el principio y el final del período. La cartera basada en el enfoque ESG alcanzó un rendimiento de 1.0377, mientras que la cartera basada en la rentabilidad llegó a 0.9281. El S&P 500 tuvo un rendimiento de 1.0889, sugiriendo un rendimiento positivo en el mercado en general.

De esta forma, se puede observar que las carteras con ponderaciones VaR de igual peso en cada activo proporcionaron una estrategia de inversión sólida y equilibrada, con un enfoque en la gestión del riesgo a través del VaR. A pesar de la ligera disminución en el rendimiento, estas carteras mantuvieron su capacidad para generar resultados positivos en un mercado dinámico.

Value at Risk (MVaR)

En la Figura 5.4 se presenta el rendimiento de las carteras de acciones elegidas mediante el enfoque de Value at Risk (VaR) optimizado por Markowitz. Este método de selección de activos no solo considera el riesgo individual de cada activo, sino que también tiene en cuenta las correlaciones entre ellos. La aplicación de la teoría moderna de carteras de Markowitz busca optimizar las ponderaciones de los activos para lograr un equilibrio óptimo entre rendimiento y riesgo. La comparación con las carteras de igual peso y las basadas en VaR uniforme permitirá evaluar la eficacia de la optimización de Markowitz en la gestión del riesgo y el rendimiento en comparación con enfoques más uniformes.

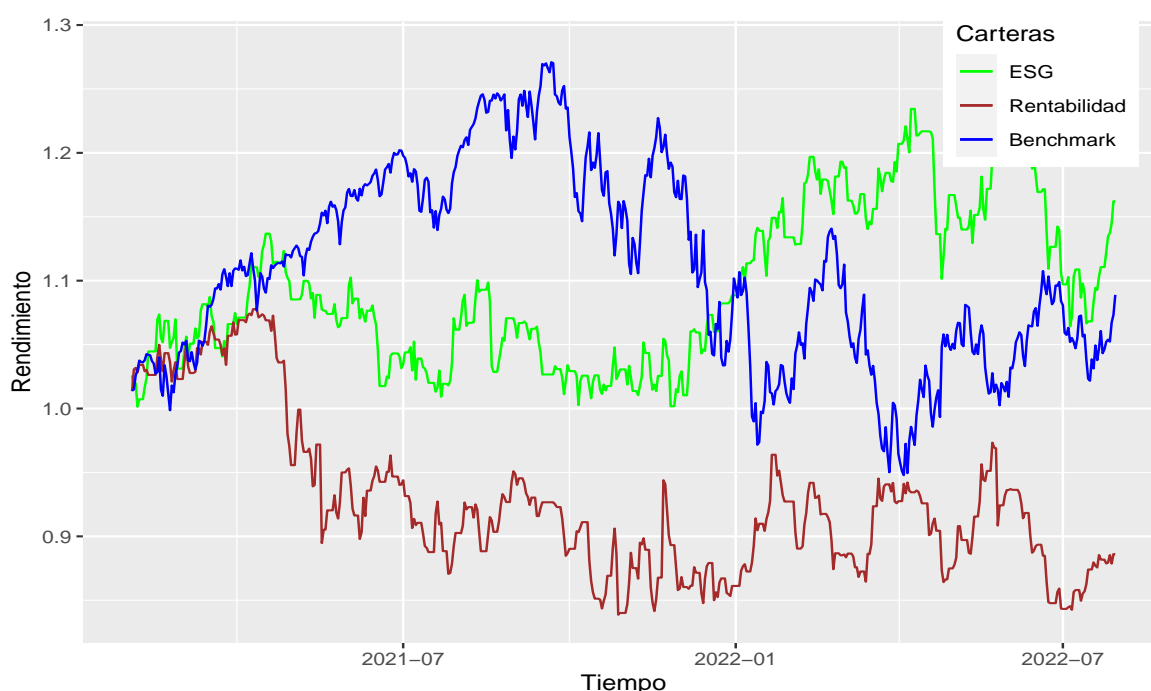


Figura 5.4: Value at Risk

Cuadro 5.4: Tabla de Resultados de VaR

variable	Min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	1.0013752	1.0816335	1.0955443	0.0636644	1.280692
Rendimiento Rentabilidad	0.8386871	0.9170669	0.9272986	0.0607054	1.077755
Benchmark	0.9478438	1.1010954	1.1074584	0.0764888	1.270996

El análisis de las carteras Markowitz basadas en Value at Risk (VaR) resalta la importancia de utilizar este enfoque en la gestión de carteras. Aquí está el análisis de los resultados presentado en el Cuadro 5.4 de las carteras Markowitz con ponderaciones optimizadas por VaR:

- a) Rendimiento ESG: La cartera basada en el enfoque ESG y ponderada por VaR mostró un rendimiento mínimo de 1.0014 y un máximo de 1.2807. La mediana se encuentra en 1.0816, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 1.0955, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0815 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera basada en la rentabilidad y ponderada por VaR tuvo un rendimiento mínimo de 0.8387 y un máximo de 1.0778. La mediana se sitúa en 0.9171, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 0.9273, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0806 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2700. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras de peso uniforme.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.1622
- Rendimiento Rentabilidad: 0.8861
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Los resultados finales subrayan la ventaja de utilizar el enfoque Markowitz en la construcción de carteras basadas en el VaR. La cartera basada en el enfoque ESG obtuvo un rendimiento de 1.1622, superando sus valores iniciales. La cartera basada en la rentabilidad experimentó un rendimiento de 0.8861, y el S&P 500 mantuvo un rendimiento de 1.0889.

Este análisis demuestra cómo las carteras optimizadas por Markowitz lograron un rendimiento superior, lo que destaca la importancia de la diversificación y la optimización de ponderaciones en la gestión de carteras. Además, estos resultados enfatizan la eficacia de la estrategia Markowitz en el contexto de un mercado en constante evolución.

Cabe destacar el rendimiento de la cartera basada en el enfoque ESG, el cual superó significativamente al benchmark y a la cartera basada en rentabilidad. La cartera ESG obtuvo un rendimiento final que destacó por su desempeño impresionante en comparación con las otras estrategias, superando al benchmark (S&P 500) en 0.0733 y a la cartera basada en rentabilidad en 0.2761. Esto demuestra la eficacia de la estrategia ESG en la gestión de carteras.

5.3. Resultados Rendimiento Anualizado

En esta sección, se muestran las carteras de inversión creadas en base al Rendimiento Anualizado. En contraposición a los métodos anteriores, en este análisis se selecciona la cartera con el mayor valor de Rendimiento Anualizado en cada uno de los *clusters* identificados. Así, se generan dos carteras diferenciadas: una denominada “ESG”, derivada del *cluster* relacionado con el ranking Merco 2022, y otra titulada “Rentabilidad”, formada por el *cluster* basado en el rendimiento financiero. Esta comparación permite evaluar cómo la búsqueda del rendimiento influye en la composición de las carteras, ofreciendo un panorama adicional a las estrategias de inversión exploradas en las secciones anteriores.

Rendimiento Anualizado Uniforme (URA)

En la Figura 5.5 se exhibe el rendimiento de las carteras de acciones seleccionadas según el rendimiento anualizado uniforme. Estas carteras se han estructurado asignando el mismo peso a cada uno de los activos. Este enfoque simplificado permite una fácil comparación con otras estrategias, como aquellas optimizadas por Markowitz. A través de esta comparación, se busca entender cómo la consideración del rendimiento anualizado uniforme afecta la composición y el rendimiento de la cartera en comparación con estrategias más complejas y optimizadas.

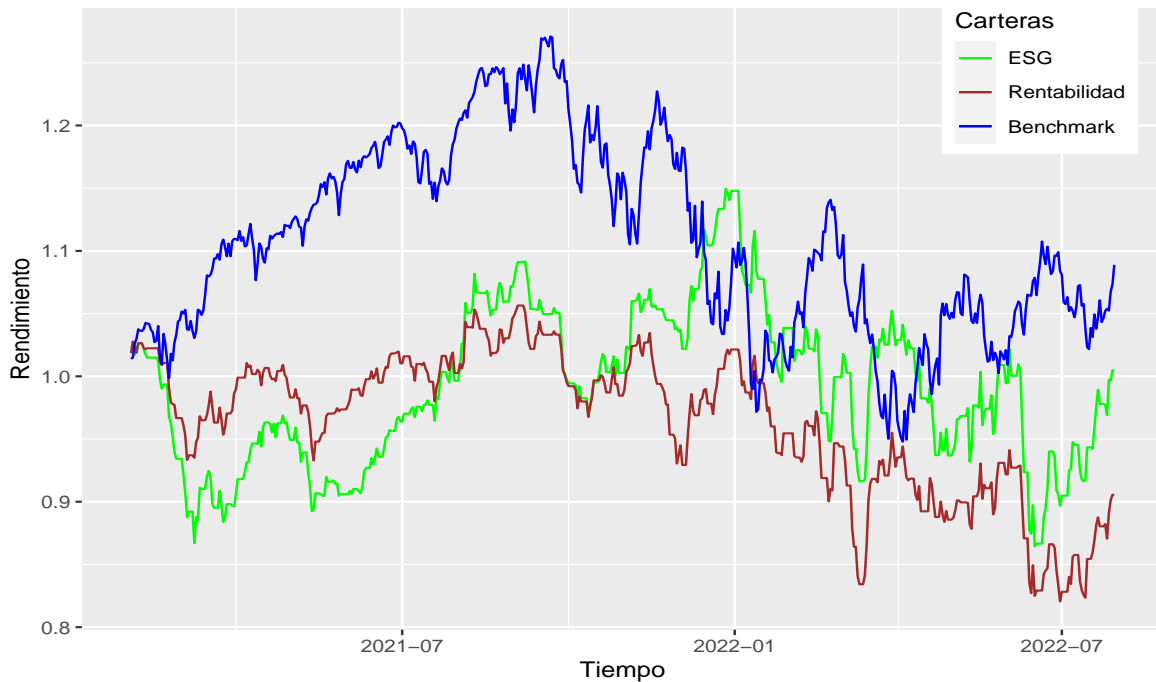


Figura 5.5: Rendimiento Analizado Uniforme

Cuadro 5.5: Tabla Resultados Rendimiento Anualizado Uniforme

variable	Min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	0.8643703	0.9944038	0.9910454	0.0614424	1.149479
Rendimiento Rentabilidad	0.8204966	0.9775297	0.9637521	0.0562934	1.056462
Benchmark	0.9478438	1.1010954	1.1074584	0.0764888	1.270996

El análisis de las carteras uniformes basadas en el rendimiento anualizado resalta la importancia de diversificar la selección de activos y considerar el rendimiento anualizado. A continuación, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos en el Cuadro 5.5 de las carteras uniformes lo cual hace referencia a ponderaciones iguales, en te caso basadas en el rendimiento anualizado:

- a) Rendimiento ESG: La cartera basada en el enfoque ESG y ponderada por rendimiento anualizado mostró un rendimiento mínimo de 0.8644 y un máximo de 1.1495. La mediana se encuentra en 0.9944, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 0.9910, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0614 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.

- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera basada en la rentabilidad y ponderada por rendimiento anualizado tuvo un rendimiento mínimo de 0.8205 y un máximo de 1.0565. La mediana se sitúa en 0.9775, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.0233, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0563 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2700. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras de peso uniforme.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.0048
- Rendimiento Rentabilidad: 0.9056
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Los resultados finales resaltan la ventaja de utilizar el enfoque de rendimiento anualizado en la construcción de carteras uniformes basadas en activos con ponderaciones iguales. La cartera basada en el enfoque ESG obtuvo un rendimiento de 1.0048, superando sus valores iniciales. La cartera basada en la rentabilidad experimentó un rendimiento de 0.9056, y el S&P 500 mantuvo un rendimiento de 1.0889.

Los resultados de las carteras, ya sea basadas en el enfoque ESG o en rentabilidad, muestran un rendimiento final inferior en comparación con el benchmark representado por el S&P 500. No solo el rendimiento final de las carteras fue más bajo, sino que también sus valores mínimos durante el año y seis meses de inversión estuvieron significativamente por debajo del valor mínimo del benchmark. Esto subraya la importancia de comprender el rendimiento de las carteras en relación con un índice de referencia y recalca que, en este período específico, las carteras presentaron desafíos en términos de rendimiento en comparación con el mercado

en general.

Retorno Anualizado (MRA)

En la Figura 5.6 se ilustra el rendimiento de las carteras de acciones seleccionadas mediante el enfoque de rendimiento anualizado, utilizando el método de Markowitz para la asignación de pesos. En este caso, la construcción de la cartera se realiza considerando la correlación y la covarianza entre los activos, lo que permite una asignación más eficiente de los pesos. Este enfoque optimizado busca maximizar el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado. La figura proporciona una visión comparativa de cómo las carteras construidas mediante Markowitz se desempeñan en términos de rendimiento anualizado en comparación con el enfoque de igual ponderación

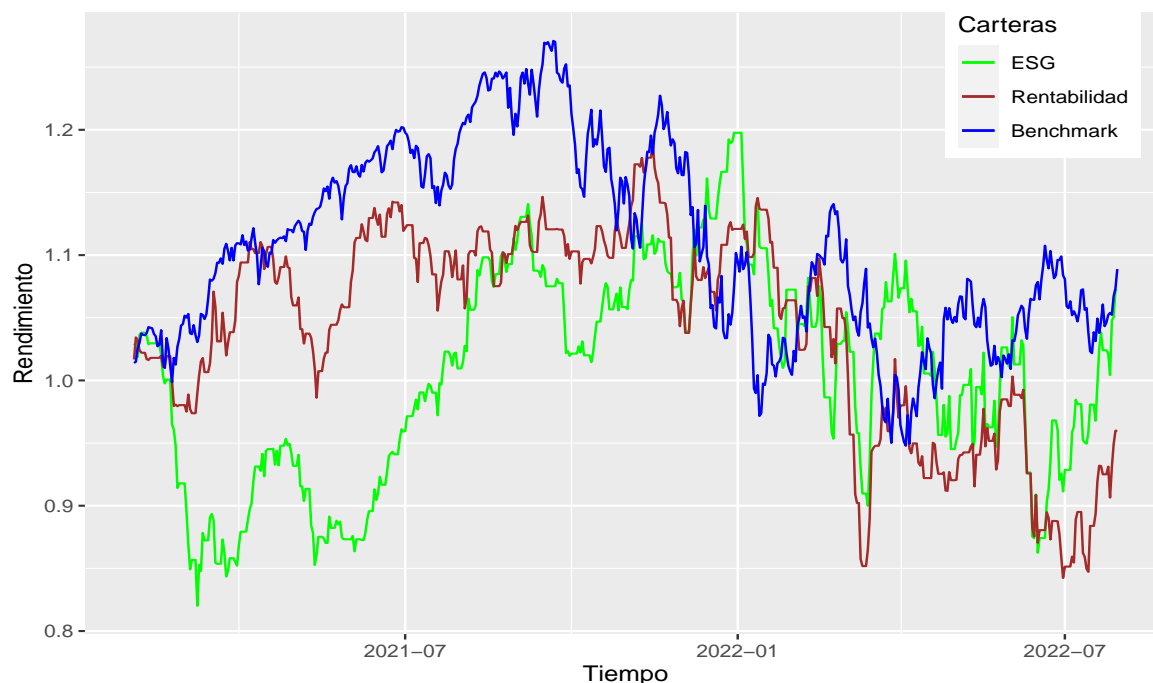


Figura 5.6: Rendimiento Anualizado

Cuadro 5.6: Tabla Resultados Rendimiento Anualizado

variable	min	Mediana	Media	Desv Est	Max
Rendimiento ESG	0.8201012	1.017842	1.005007	0.0829295	1.197633
Rendimiento Rentabilidad	0.8423304	1.063967	1.040924	0.0822624	1.189407
Benchmark	0.9478438	1.101095	1.107458	0.0764888	1.270996

El análisis de las carteras Markowitz basadas en el Rendimiento Anualizado resalta la importancia de utilizar este enfoque en la gestión de carteras. Aquí está el análisis de los resultados observados en el Cuadro 5.6 de las carteras Markowitz con ponderaciones optimizadas por el Rendimiento Anualizado:

- a) Rendimiento ESG: La cartera basada en el enfoque ESG y ponderada por el Rendimiento Anualizado tuvo un rendimiento mínimo de 0.8201 y un máximo de 1.1976. La mediana se encuentra en 1.0178, lo que indica que la mayoría de los resultados se centraron alrededor de este valor. La media es de 1.005, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0829 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- b) Rendimiento Rentabilidad: La cartera basada en la rentabilidad y ponderada por el Rendimiento Anualizado tuvo un rendimiento mínimo de 0.8423 y un máximo de 1.1894. La mediana se sitúa en 1.0639, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.0409, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0804 muestra una variabilidad moderada en el rendimiento, lo que sugiere un riesgo ligeramente mayor en comparación con las carteras de peso uniforme.
- c) Benchmark (S&P 500): El índice de referencia S&P 500 tuvo un rendimiento mínimo de 0.9478 y un máximo de 1.2710. La mediana se sitúa en 1.1011, lo que indica que la mayoría de los resultados estuvieron cerca de este valor. La media es de 1.1075, lo que refleja un rendimiento promedio cercano a la mediana. La desviación estándar de 0.0765 muestra una variabilidad ligeramente mayor en el rendimiento en comparación con las carteras de peso uniforme.

Resultados Finales:

Después de un año y seis meses de inversión, los resultados finales son los siguientes:

- Rendimiento ESG: 1.0720
- Rendimiento Rentabilidad: 0.9598
- Benchmark (S&P 500): 1.0889

Estos resultados resaltan la ventaja de utilizar el enfoque Markowitz en la construcción de carteras basadas en el Rendimiento Anualizado. A pesar de que las carteras Markowitz basadas en el Rendimiento Anualizado no superaron al benchmark, lograron un rendimiento

comparable. Esto demuestra la importancia de la diversificación y la optimización de ponderaciones en la gestión de carteras, lo que puede contribuir a un rendimiento sólido en un mercado dinámico.

Estos resultados resaltan la ventaja de emplear el enfoque Markowitz en la construcción de carteras. Las carteras Markowitz, basadas en el Rendimiento Anualizado, experimentaron un crecimiento significativo en su valor, superando a las carteras de peso uniforme. El Rendimiento Anualizado permitió una mejor optimización de las ponderaciones, lo que se tradujo en un rendimiento más competitivo en comparación con el benchmark. La cartera ESG basada en Markowitz aumentó su rendimiento en un 6.7 % en comparación con su contraparte de peso uniforme, mientras que la cartera basada en la rentabilidad obtuvo un aumento del 6 %. Este análisis subraya la importancia de considerar el enfoque de Markowitz en la gestión de carteras, lo que puede contribuir a un mejor rendimiento y una gestión más efectiva del riesgo en un mercado en constante cambio.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una perspectiva reveladora sobre la efectividad de las estrategias de inversión basadas en los criterios ESG, la volatilidad y el rendimiento anualizado. De manera inesperada, las carteras construidas bajo el enfoque ESG mostraron un rendimiento general positivo al cabo del año y seis meses, lo que destaca la importancia de considerar factores ambientales, sociales y de gobernanza en la toma de decisiones de inversión.

Sin embargo, es crucial señalar que, a pesar de estos resultados favorables, ambas carteras, tanto la basada en el índice de Sharpe como la construida con el método de *Value at Risk* (VaR) y el rendimiento anualizado, exhibieron un rendimiento inferior en comparación con el benchmark S&P 500. Este resultado plantea la pregunta de si el enfoque en carteras más pequeñas y específicas puede hacerlas más volátiles y sensibles a los cambios en las empresas seleccionadas.

La limitación en la diversificación, al elegir solo cuatro acciones de un universo de treinta, puede haber contribuido a esta mayor volatilidad y menor rendimiento en comparación con el índice de referencia. Sin embargo, en base a los mismos datos, en varias instancias las carteras compuestas por solo cuatro activos demostraron tener una volatilidad menor, como se evidencia al observar la desviación estándar de estas carteras en comparación con el benchmark. Esto quiere decir que la dependencia de un número reducido de activos en las carteras podría haber magnificado los riesgos específicos de las empresas individuales, afectando así el rendimiento final.

A pesar de estas limitaciones, los resultados resaltan que la inclusión de criterios ESG puede aportar beneficios tangibles a las carteras de inversión, mostrando ser un aspecto crucial en la

gestión de activos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la construcción de carteras más pequeñas y específicas puede incidir en el rendimiento, aspecto relevante para los inversores en la toma de decisiones financieras.

En la comparación de las dos carteras creadas en cada uno de los casos (ver Cuadro 6.1), tanto en el modelo uniforme como en el que ocupó Markowitz, los resultados fueron consistentemente favorables a la cartera ESG. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar no solo los aspectos monetarios y el desempeño pasado de las acciones, sino también los factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) al construir una cartera de inversiones.

Cuadro 6.1: Tabla Resultados Finales Acumulados

Variable	US	MS	UVaR	MVaR	URA	MRA
Rendimiento ESG	1.0048	1.0619	1.0377	1.1622	1.0048	1.0250
Rendimiento Rentabilidad	0.9056	0.9392	0.9281	0.8861	0.9419	0.9794
Benchmark	1.0889	1.0889	1.0889	1.0889	1.0889	1.0889

En repetidas ocasiones, la cartera ESG mostró números considerablemente más positivos, lo que sugiere que la integración de criterios ESG en la toma de decisiones de inversión puede ofrecer un rendimiento superior a lo largo del tiempo. Este hallazgo destaca la relevancia de incorporar un enfoque sostenible y ético en la gestión de carteras, no solo por sus beneficios potenciales para la sociedad y el medio ambiente, sino también por su impacto positivo en el crecimiento y la estabilidad de los activos en el futuro.

En otras palabras, estos resultados respaldan la idea de que la consideración de factores ESG puede ser un componente clave para construir carteras de inversión más robustas y sostenibles en un mercado en constante cambio. Este enfoque no solo tiene el potencial de generar rendimientos financieros atractivos, sino que también puede contribuir a un impacto positivo más amplio en términos de sostenibilidad y responsabilidad corporativa.

Los resultados obtenidos han revelado una tendencia clara y significativa en las carteras generadas a partir de la elección de prototipos basados en el Value at Risk (VaR) y criterios ESG. Los prototipos seleccionados con base en estas métricas demostraron un desempeño destacado en comparación con otras estrategias de asignación de activos. Este hallazgo sugiere una correlación positiva entre la adopción de criterios ESG y la consideración del VaR en la conformación de las carteras de inversión.

La superioridad de los prototipos elegidos con estos criterios indica una mayor estabilidad en las carteras, subrayando la importancia de considerar no solo los rendimientos esperados, sino también los riesgos asociados con cada activo. La combinación de criterios ESG y VaR parece haber proporcionado una perspectiva más holística y equilibrada en la selección de activos, lo que ha conducido a un mejor desempeño general de las carteras. Estos hallazgos respaldan la premisa de que la consideración del riesgo y los factores sostenibles puede influir significativamente en la rentabilidad de las inversiones.

También, se puede destacar que en casi todas las carteras creadas, específicamente en 5 de las 6 configuradas con Markowitz, se observaron resultados mejorados en comparación con sus contrapartes. Este patrón consistente subraya la importancia de utilizar herramientas como el modelo de Markowitz en la gestión de carteras. La aplicación de técnicas de optimización y diversificación proporcionadas por Markowitz no solo mejoró la eficiencia de las carteras en términos de riesgo y rendimiento, sino que también demostró ser una herramienta valiosa para los inversores.

Estos resultados refuerzan la idea de que la implementación de estrategias basadas en la teoría moderna de carteras de Markowitz puede marcar la diferencia en la construcción y gestión efectiva de carteras de inversión. La herramienta de Markowitz no solo ofrece una mayor sofisticación en la selección de activos, sino que también contribuye a la creación de carteras más equilibradas y adaptadas a los objetivos específicos del inversor.

Esta consistente mejora en los resultados de las carteras configuradas con Markowitz resalta su papel fundamental en la toma de decisiones de inversión. Este hallazgo respalda la idea de que la utilización de herramientas analíticas avanzadas, como el modelo de Markowitz, debería ser una consideración esencial en la gestión de carteras para aquellos que buscan optimizar el rendimiento y gestionar eficazmente el riesgo en un entorno dinámico del mercado financiero.

Cuadro 6.2: Peso de los activos

USharp ESG	MSharp ESG	USharp ~ESG	MSharp ~ESG	UVaR ESG	MVaR ESG
MELI	0.3331377	MELI	0.1993468	COPEC.SN	0.2065395
AAPL	0.2054979	BMW.DE	0.1113014	AAL.L	0.0083774
PFE	0.0082336	005930.KS	0.6853153	ULVR.L	0.4902429
005930.KS	0.4531307	JNJ	0.0040365	005930.KS	0.2948403

UVaR ~ESG	MVaR ~ESG	URA ESG	MRA ESG	URA ~ESG	MRA ~ESG
COPEC.SN	0.2832968	MELI	0.2988575	MELI	0.2562105
ENTEL.SN	0.1381920	AAPL	0.1639698	BMW.DE	0.0865415
005930.KS	0.2976648	PFE	0.0052015	005930.KS	0.6489244
BCI.SN	0.2808464	005930.KS	0.5319712	JNJ	0.0083236

La presencia recurrente de varios activos, como el caso específico de 005930.KS (Samsung Electronics), en todas las carteras, independientemente de la inclusión de criterios ESG, se fundamenta en su mejor desempeño en métricas críticas de gestión de riesgos y rendimiento. Este activo en particular ha demostrado un Value at Risk (VaR) favorable, una relación de Sharpe significativa y una rentabilidad anualizada sólida en el período analizado.

La consistencia en la inclusión de 005930.KS en todas las carteras sugiere su contribución sustancial a la diversificación de riesgos y al potencial de rendimiento de las estrategias de inversión. Su presencia constante resalta su atractivo no solo desde una perspectiva de rendimiento sino también desde un punto de vista de gestión de riesgos, lo que lo convierte en un componente clave dentro de las 30 acciones para la construcción de las carteras.

En conclusión, los objetivos planteados en esta memoria se han alcanzado de manera satisfactoria, contribuyendo significativamente al campo de las inversiones y la gestión de carteras. La reconstrucción del código con un enfoque ESG ha permitido no solo adaptar la metodología existente a criterios ambientales, sociales y de gobernanza, sino también mejorar la eficacia y sostenibilidad ética de la cartera resultante.

La evaluación comparativa de rendimiento entre la cartera generada por el código reconstruido en base a los criterios ESG y las carteras generadas por enfoques tradicionales ha proporcionado resultados reveladores. Se ha demostrado que la inversión ESG no solo es capaz de alinearse con los criterios éticos y sostenibles, sino que también puede superar en rendimiento a las estrategias convencionales. Este hallazgo sugiere que, en el contexto financiero actual y en evolución, la inversión ESG no solo es éticamente responsable, sino también financiera-

mente atractiva.

En última instancia, esta investigación ha proporcionado una perspectiva valiosa sobre la integración de criterios ESG en estrategias de inversión, destacando su potencial para generar resultados superiores y sostenibles. Estos resultados respaldan la relevancia y la viabilidad de adoptar un enfoque ESG en la toma de decisiones de inversión, contribuyendo así a la creciente comprensión de la intersección entre rendimiento financiero y responsabilidad social en el ámbito de las inversiones.

Bibliografía

- Chen, A. H. Y., Jen, F. C., & Zions, S. (1971). The Optimal Portfolio Revision Policy. *The Journal of Business*, 44(1), 51–61. Publisher: University of Chicago Press.
- Kuhn, D. & Luenberger, D. G. (2010). Analysis of the rebalancing frequency in log-optimal portfolio selection. *Quantitative Finance*, 10(2), 221–234. Publisher: Routledge _eprint: <https://doi.org/10.1080/14697680802629400>.
- Lorenzo, L. & Arroyo, J. (2023). Online risk-based portfolio allocation on subsets of crypto assets applying a prototype-based clustering algorithm. *Financial Innovation*, 9.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. Publisher: [American Finance Association, Wiley].
- Pástor, L., Stambaugh, R. F., & Taylor, L. A. (2021). Sustainable investing in equilibrium. *Journal of Financial Economics*, 142(2), 550–571.
- Serra, M. (2023). ESTRATEGIA ACTIVA DE TRADING BASADA EN ANÁLISIS TÉCNICO EMPLEANDO VAR Y LSTM.

Apéndice A

Anexos

A.1. Comparación de precio de criptomonedas

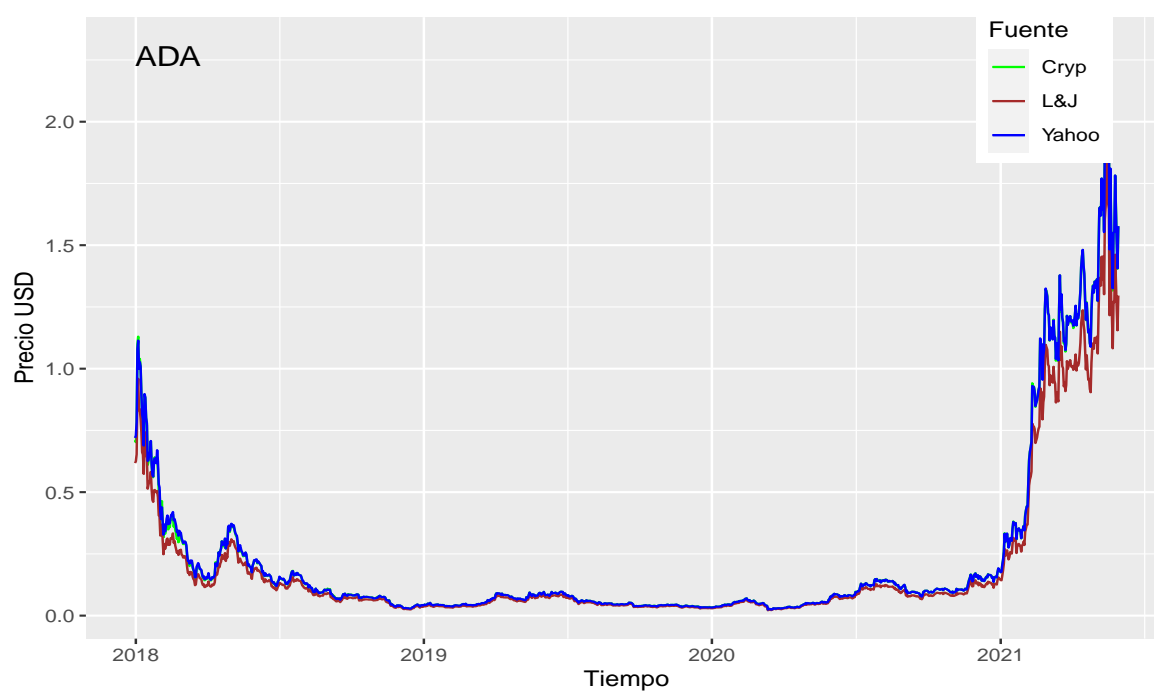


Figura A.1: Criptomoneda ADA

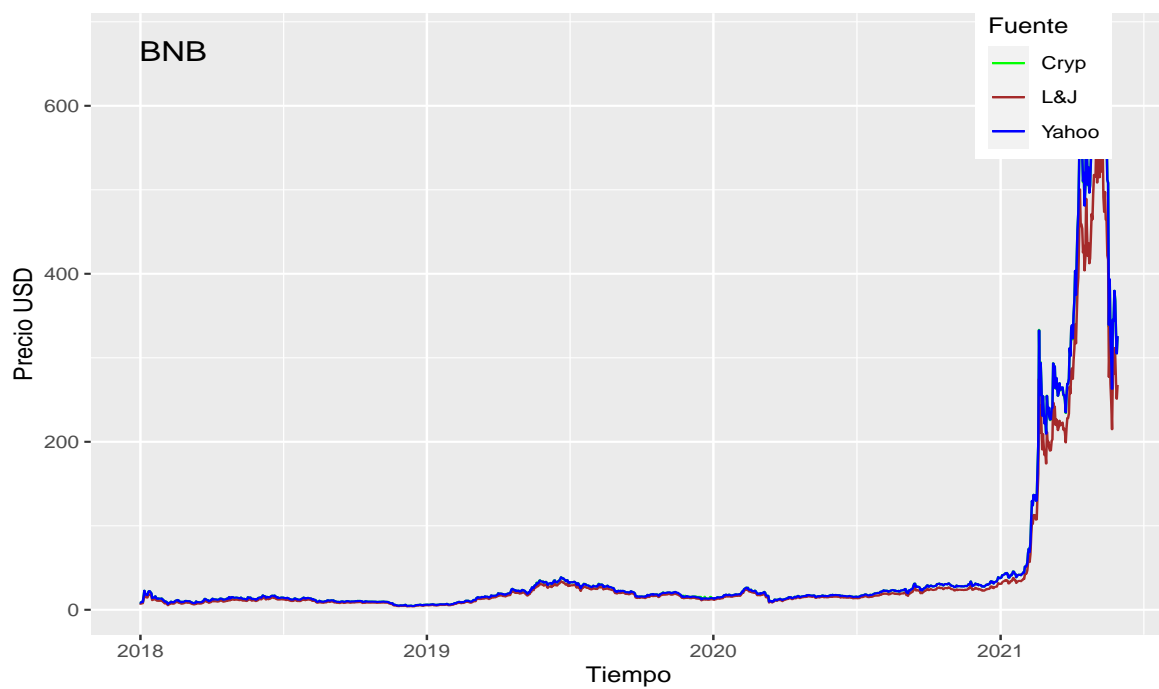


Figura A.2: Criptomoneda BNB

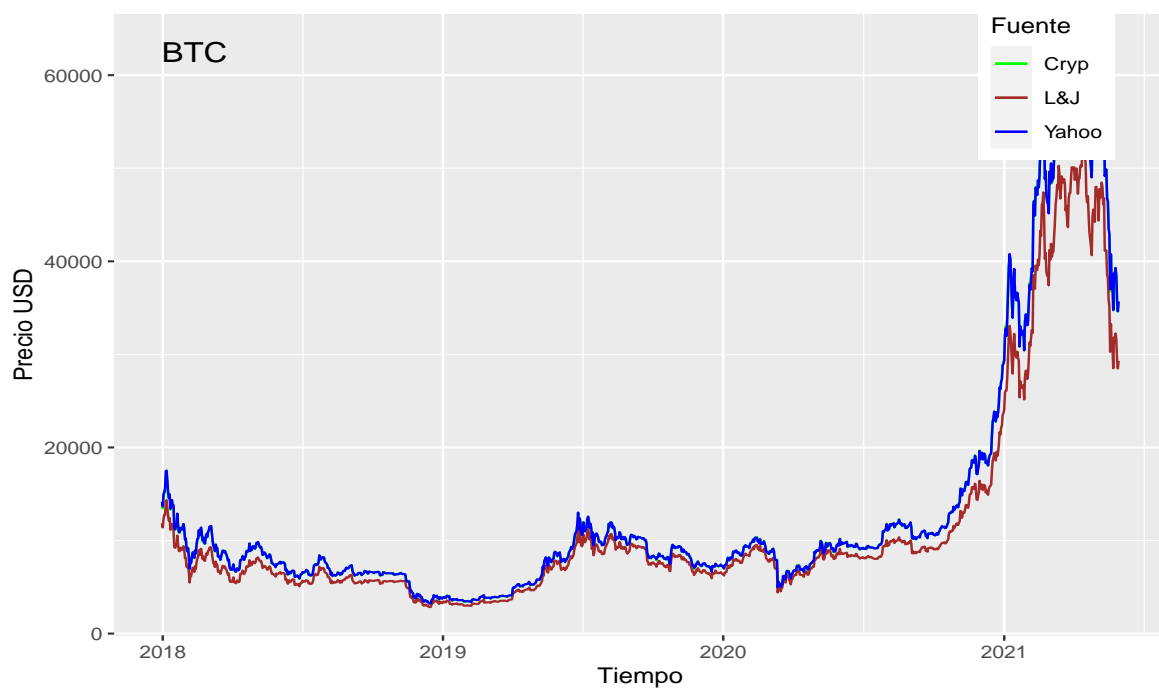


Figura A.3: Criptomoneda BTC

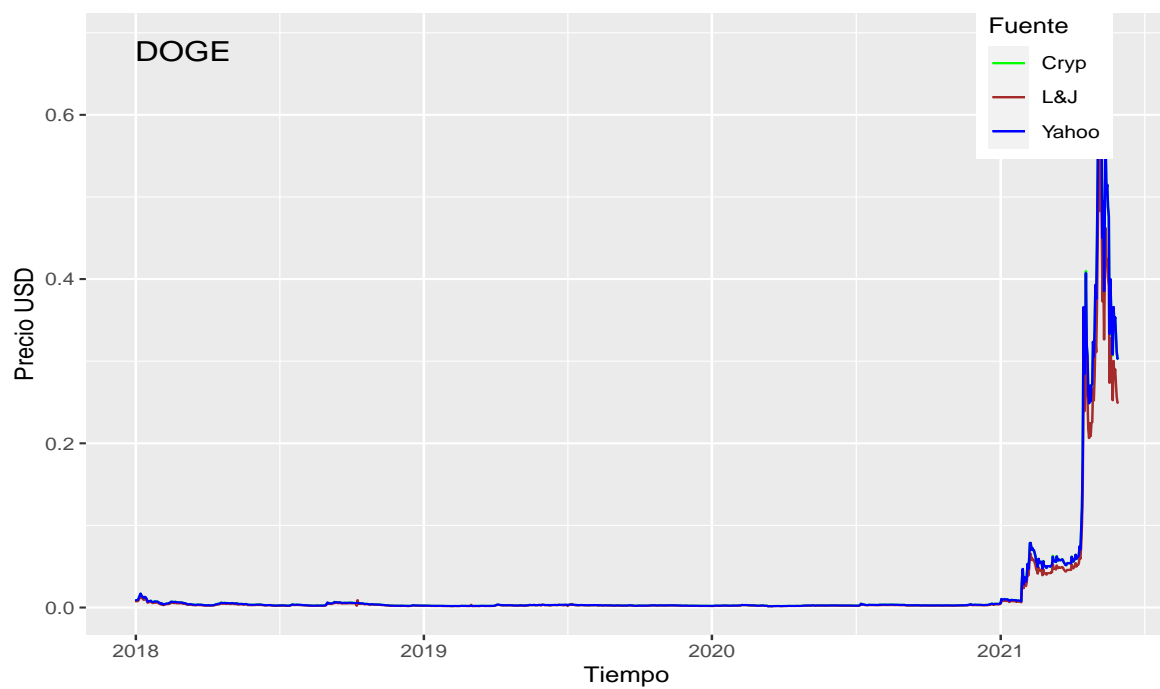


Figura A.4: Criptomoneda DOGE

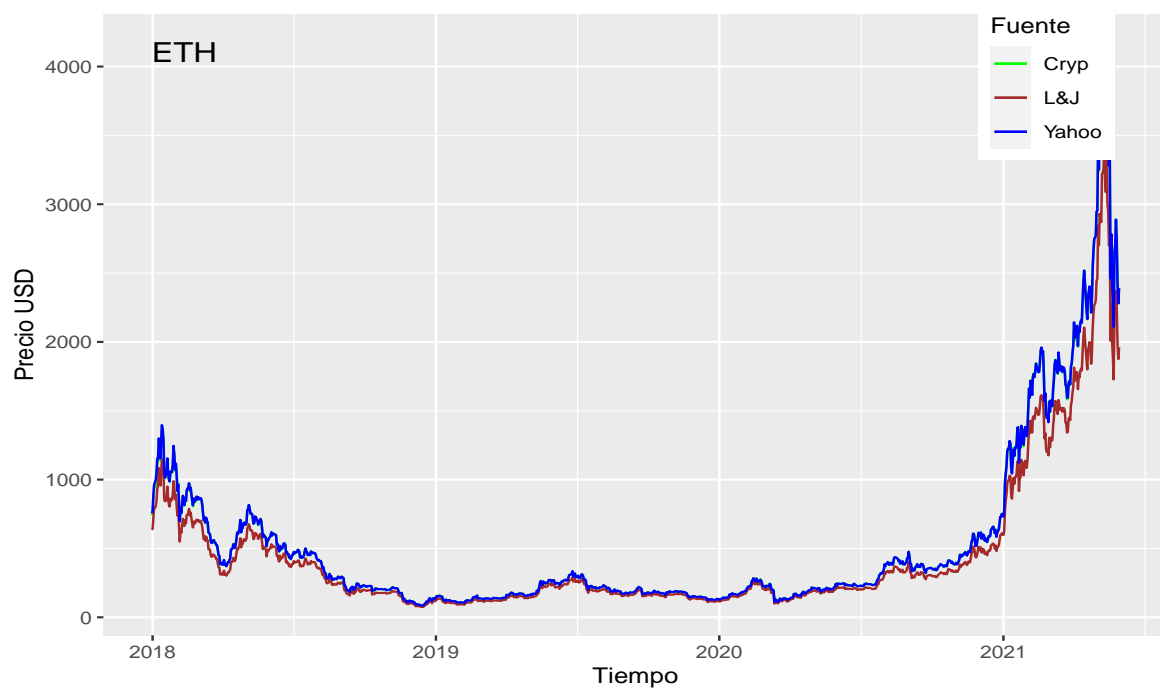


Figura A.5: Criptomoneda ETH

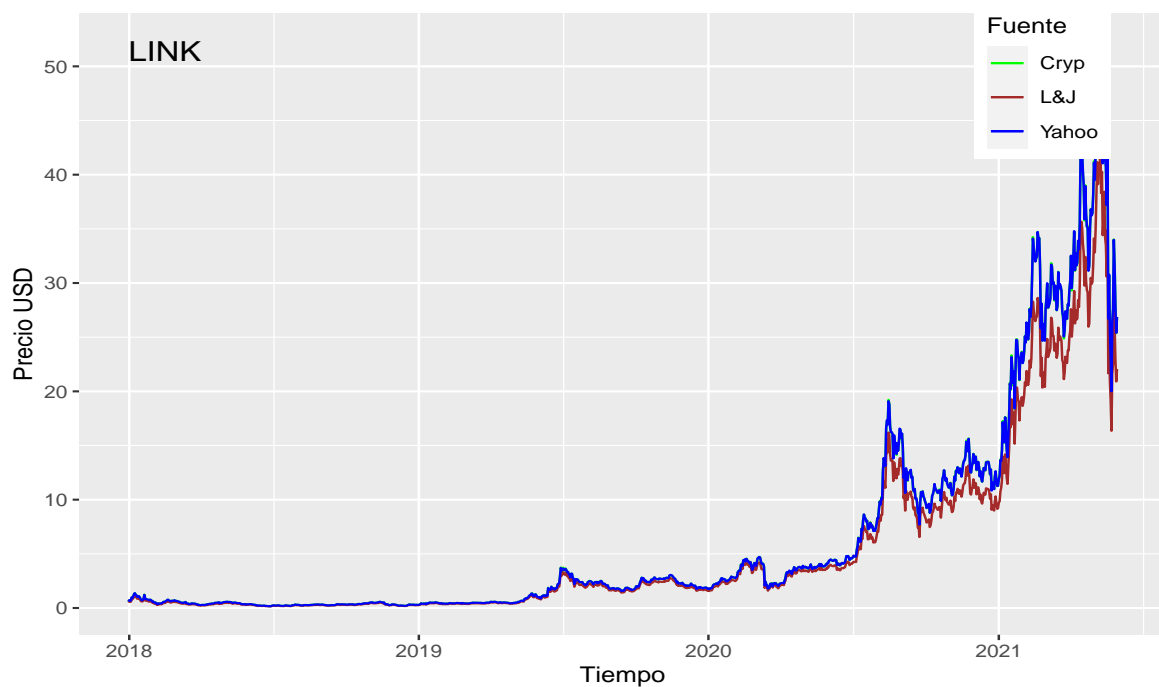


Figura A.6: Criptomoneda LINK

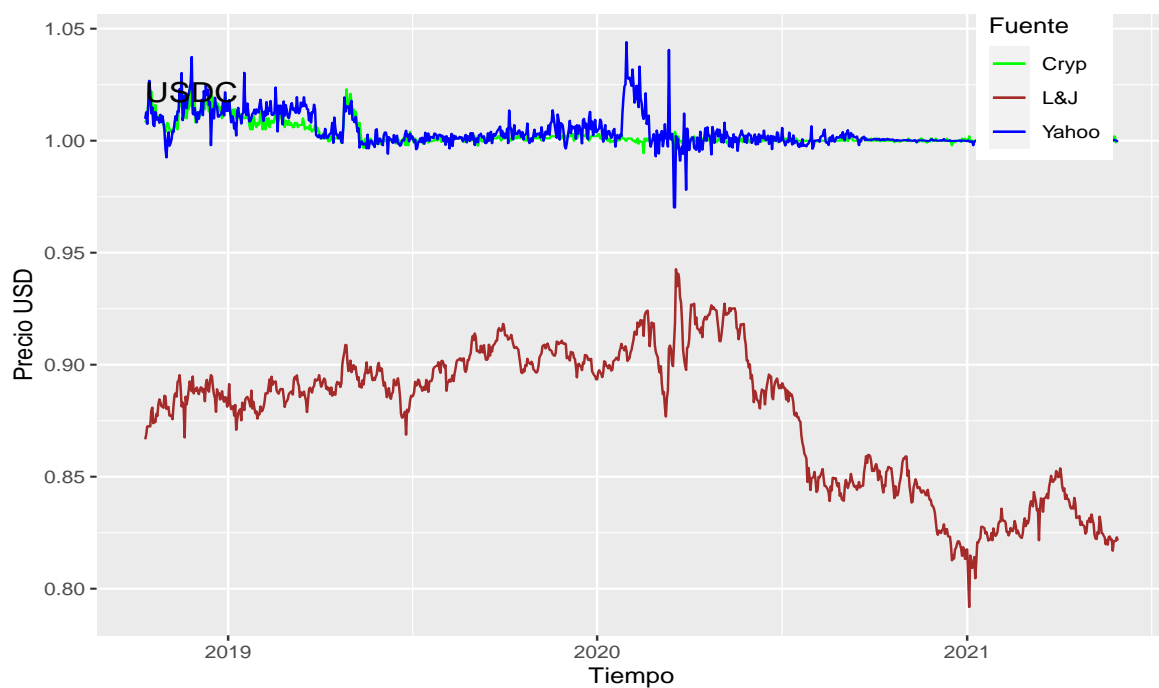


Figura A.7: Criptomoneda USDC

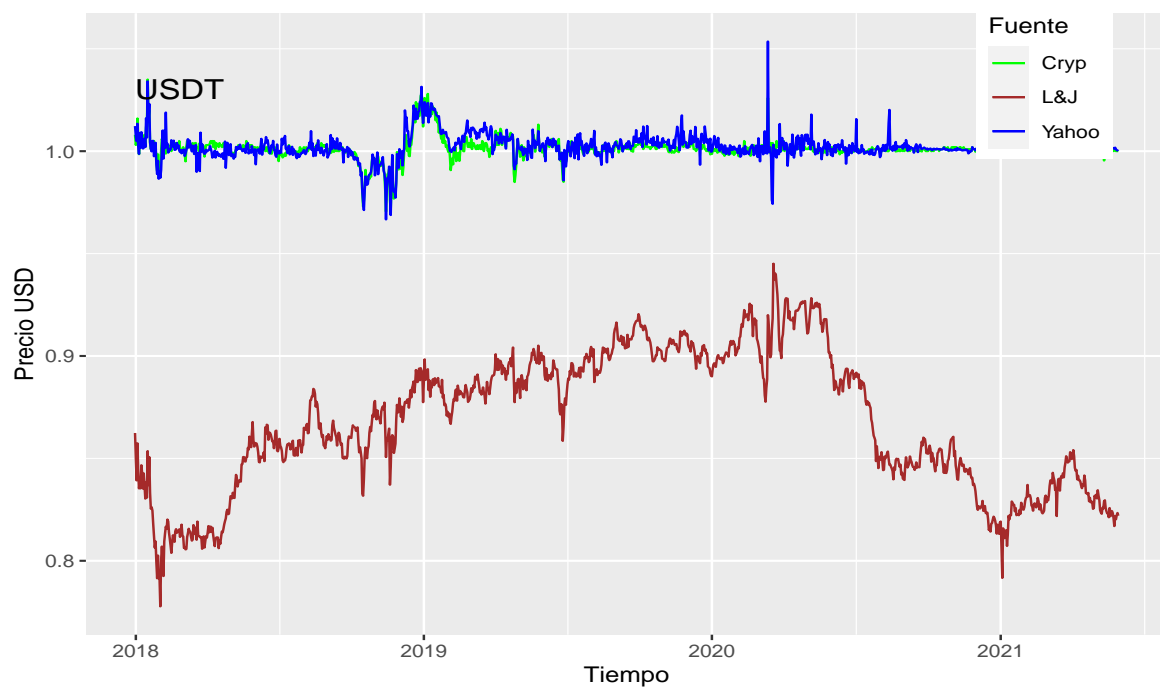


Figura A.8: Criptomoneda USDT

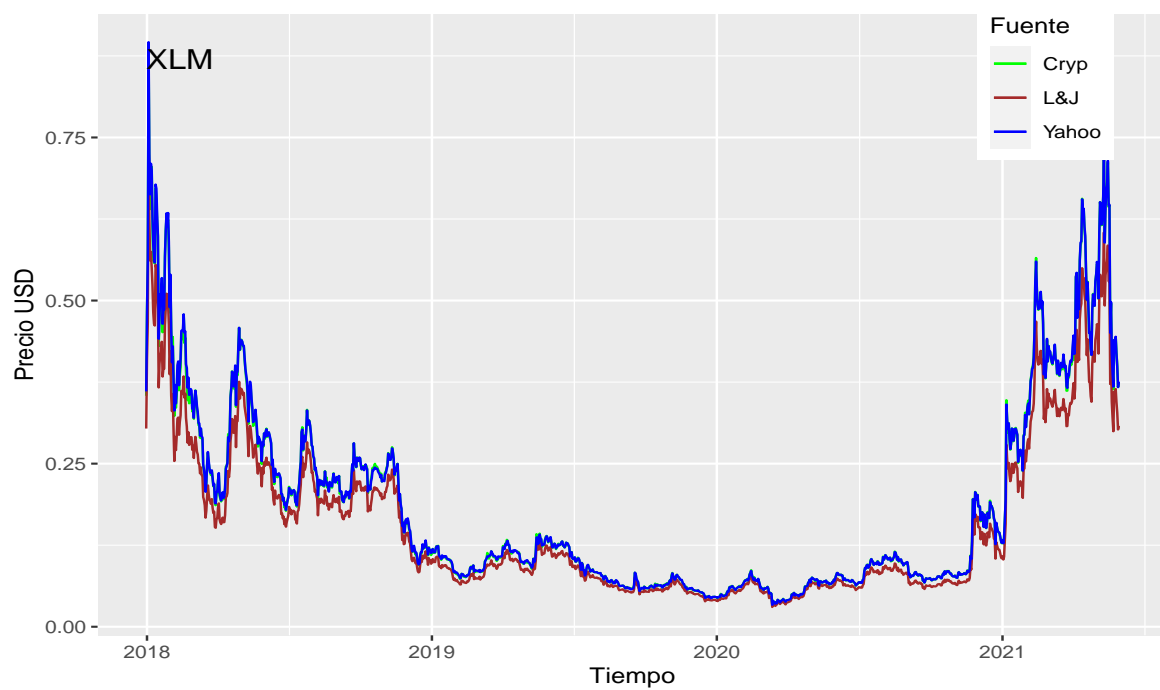


Figura A.9: Criptomoneda XLM

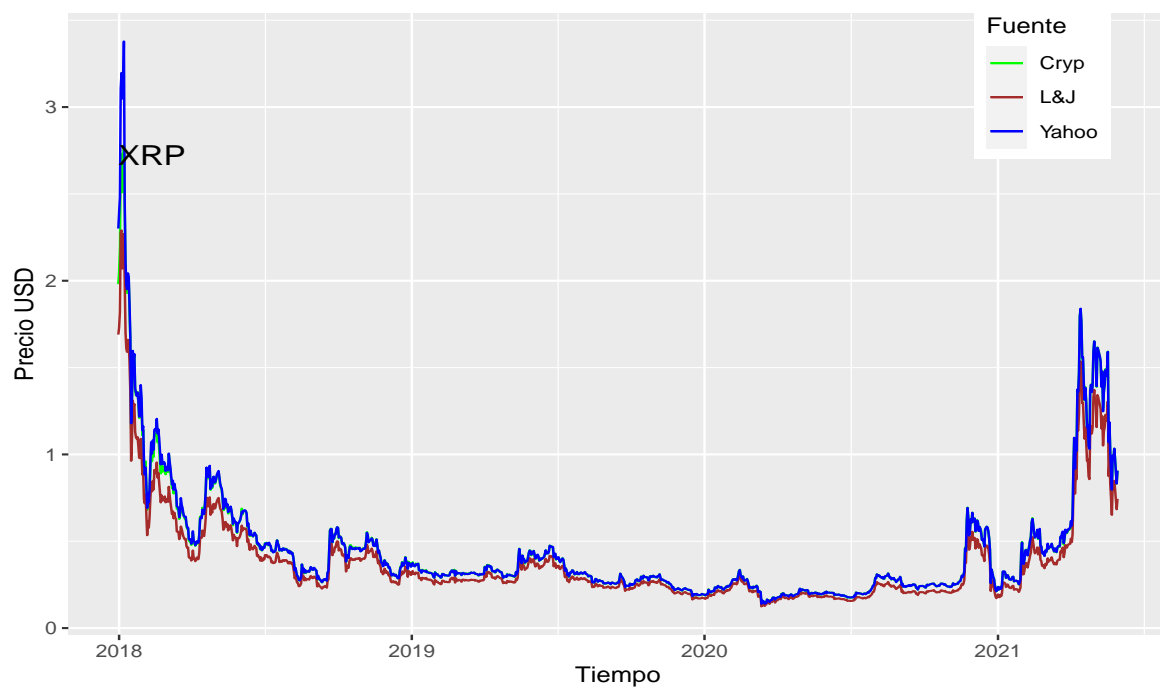


Figura A.10: Criptomoneda XRP