



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
ICADE

**Gestión de carteras y alimentación sostenible:  
estrategias de inversión para un futuro  
responsable**

Autor: Gabriel Domínguez Lázaro

Directora: Karin Alejandra Irene Martín Bujack

MADRID | Junio 2025

## Índice

<b>1.-Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2.-Metodología .....</b>	<b>6</b>
<b>3.- Criterios ESG, ODS, alimentación sostenible, inversión pública e impacto del COVID-19 .....</b>	<b>8</b>
3.1.- <i>Criterios ESG.....</i>	9
3.2.- <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible.....</i>	10
3.3.- <i>Alimentación Sostenible.....</i>	12
3.4.- <i>Inversión pública en el sector de la alimentación sostenible.....</i>	13
3.5.- <i>Impacto del COVID-19 en el sector de la alimentación sostenible (2021–2024) .....</i>	15
<b>4.- Carteras ESG.....</b>	<b>16</b>
<b>5.-Marco teórico.....</b>	<b>19</b>
5.1.- <i>Teoría de Carteras de Markowitz.....</i>	19
5.2.- <i>Ratio de Sharpe .....</i>	20
<b>6.- Base de datos.....</b>	<b>21</b>
6.1.- <i>Muestra de datos .....</i>	21
6.2.- <i>Tasa libre de riesgo .....</i>	28
<b>7.- Programación en Python .....</b>	<b>31</b>
<b>8.- Análisis y resultados .....</b>	<b>33</b>
8.1.- <i>Evolución de los sectores de alimentación sostenible por año .....</i>	33
8.2.- <i>Análisis de los Porfolios por año y sector.....</i>	39
8.3.- <i>Reflexión de la inversión privada y pública en el sector de la Alimentación Sostenible.....</i>	46
<b>9.- Conclusión.....</b>	<b>47</b>
<b>10.-Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado .....</b>	<b>49</b>
<b>11.-Bibliografía.....</b>	<b>50</b>
<b>12.-Anexos .....</b>	<b>57</b>
12.1.- <i>Rentabilidades y volatilidades anuales de la muestra .....</i>	57
12.2.- <i>Código de Python.....</i>	65

Ilustración 1: Descriptivo de la muestra de las 95 compañías distribuidas por sector y región. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de los sectores a los que se dedican las 95 compañías y la región donde cotizan, obtenidos de Facset..... 27

Tabla 1: Descriptivo de las 95 compañías empleadas en el análisis. Fuente: elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Facset..... 23

Tabla 2: Tasa promedia anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Estados Unidos. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset. .... 29

Tabla 3: Tasa promedia anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Alemania. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset. .... 30

Tabla 4: Tasa promedia anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Japón. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset. .... 30

Tabla 5: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Infraestructura y Cadena de Valor. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset..... 31

Tabla 6: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Materiales químicos y plásticos. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset..... 31

Tabla 7: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Producción alimentaria. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset. .... 31

Tabla 8: Resultados de rentabilidad anualizada y volatilidad anualizada de los portafolios con mayor ratio de Sharpe para cada región, y año. Fuente: elaboración propia a partir de los portafolios generados, utilizando como tasa libre de riesgo la previamente comentada. .... 33

Tabla 9: Ratio de Sharpe de los portafolios generados para cada región, y año. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos..... 33

Tabla 10: Composición de los portafolios de Infraestructura y cadena de valor con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos..... 39

Tabla 11: Composición de los portafolios de Materiales químicos y plásticos con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos..... 42

Tabla 12: Composición de los portafolios de Producción y alimentación con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos..... 44

Tabla 13: Descriptivo de la rentabilidad y volatilidad media diaria y anual de las 95 compañías analizadas. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos 57

## **RESUMEN**

Este estudio presenta una evaluación financiera de las inversiones en el sector de la alimentación sostenible mediante el análisis del comportamiento de empresas dedicadas a la innovación agrícola, la producción de alimentos, la infraestructura de la cadena de suministro y los insumos químicos. El análisis se basa en carteras construidas a partir de compañías clasificadas en tres segmentos distintos (producción alimentaria, infraestructura y cadena de valor, y materiales químicos y plásticos) según los datos proporcionados por FactSet. Utilizando precios diarios entre 2021 y 2024, el estudio aplica la Teoría Moderna de Carteras (Markowitz, 1952) y el Ratio de Sharpe (Sharpe, 1966) para evaluar el rendimiento anualizado, la volatilidad y la rentabilidad ajustada al riesgo de cada sector. El objetivo es comprender el comportamiento financiero de las empresas vinculadas a la alimentación sostenible e identificar qué sectores atraen inversión privada bajo condiciones óptimas de cartera, subrayando aquellos ámbitos donde puede ser necesaria la intervención pública para respaldar segmentos menos rentables, pero estratégicamente relevantes.

Palabras clave: inversión sostenible, seguridad alimentaria, Markowitz, Sharpe, métricas ESG, área geográfica, diversificación.

## **ABSTRACT**

This study offers a financial assessment of investments in the sustainable food sector by analyzing the performance of companies involved in agricultural innovation, food production, supply chain infrastructure, and chemical inputs. The analysis is based on portfolios constructed from firms classified under three distinct segments (food production, infrastructure and supply chain, and chemical and plastics) according to FactSet data. Using daily prices data from 2021 to 2024, the study applies Modern

Portfolio Theory (Markowitz, 1952) and the Sharpe Ratio (Sharpe, 1966) to evaluate the annualized return, volatility, and risk-adjusted performance of each sector. The objective is to understand the financial behavior of sustainable food-related companies and to identify which sectors attract private investment under optimal portfolio conditions, highlighting areas where public intervention may be necessary to support less profitable but strategically important segments.

Keywords: sustainable investment; food security; Markowitz; Sharpe; ESG metrics; geographic diversification.

## 1.-Introducción

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2, propone "poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible" ([United Nations, 2020](#)). El ODS 2 reconoce la importancia de transformar los sistemas alimentarios para que no solo proporcionen suficientes alimentos, sino que también lo hagan de manera sostenible. A esto se suma el ODS 12, que promueve "garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles", subrayando la necesidad de un cambio hacia prácticas más responsables a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos.

En un mundo donde la desnutrición sigue afectando a casi una de cada diez personas, principalmente en regiones vulnerables a conflictos armados y a los efectos del cambio climático ([FAO, 2019](#)), invertir en sectores agrícolas sostenibles y productores de alimentos nutritivos puede proporcionar soluciones escalables y de largo plazo. Esto permite impulsar el desarrollo global y combatir el hambre, canalizando recursos hacia sistemas alimentarios que cuidan el medio ambiente, la economía y el bienestar social, a este fenómeno se le denomina "alimentación sostenible".

Según [Johnston et al. \(2014\)](#), "la alimentación sostenible implica la creación de sistemas alimentarios que sean ambientalmente sanos, económicamente viables y socialmente justos", lo que abarca desde la minimización de recursos no renovables y la huella de carbono hasta el manejo eficiente del agua y la garantía de seguridad alimentaria y bienestar comunitario.

En el contexto de la alimentación sostenible, las inversiones responsables (que integran criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG)) han demostrado no solo ofrecer rendimientos financieros competitivos, sino también generar impactos positivos en la sociedad ([Friede et al., 2015](#)). Al apostar por empresas de agricultura sostenible, los inversores facilitan la transición hacia prácticas más limpias y eficientes, contribuyendo a mejorar la nutrición y la seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables ([Clark et al., 2015](#)).

Hasta la fecha, se han realizado estudios financieros acerca de la alimentación sostenible: [Conca et al. \(2021\)](#) demostraron que la divulgación ambiental y social se asocia positivamente con la rentabilidad de empresas agroalimentarias europeas; [Gerber et al. \(2023\)](#) evidenciaron la heterogeneidad y escasa armonización en los informes ESG de

agronegocios en Sudáfrica, Australia y Chile; [Zairis et al. \(2024\)](#) revisaron sistemáticamente 80 trabajos de finanzas sostenibles y subrayaron la falta de enfoques sectoriales especializados en alimentación; y [Mishra et al. \(2023\)](#) introdujeron un modelo de frontera eficiente “verde” que incorpora la puntuación ESG como tercera dimensión en portafolios del mercado indio. Sin embargo, ningún estudio ha aplicado hasta ahora un análisis de carteras centrado específicamente en empresas de alimentación sostenible desagregadas por subsectores y regiones.

Por ello, este estudio propone la creación de carteras, mediante el modelo de Teoría de Carteras de Markowitz (1952) y el ratio de Sharpe (1966) aplicado a universos de empresas de alimentación sostenible, organizadas por subsector y región, que conecta las finanzas con el desarrollo sostenible mediante herramientas clásicas de gestión de riesgo y rendimiento. Al optimizar carteras compuestas por proyectos alimentarios sostenibles, no solo se maximiza la rentabilidad de las inversiones, sino que se impulsa un impacto real en las metas globales de desarrollo. Se realizará un análisis de la composición de los portafolios y la evolución del sector de alimentación sostenible.

La selección de carteras estará basada en tres índices de referencia que agrupan empresas líderes en innovación alimentaria y sostenibilidad: el *MarketVector Global Future of Food ESG*, el *Morningstar Global Food Innovation Index* y el *Foxberry Tematica Research Sustainable Future of Food Index*.

Con todo lo previamente explicado la pregunta de investigación que responderá este trabajo de investigación será: ¿En qué medida las inversiones sostenibles en el sector alimentario son económicamente atractivas? Asimismo, ¿cómo pueden articularse de manera estratégica la financiación privada orientada a empresas rentables que buscan retornos competitivos y la financiación pública destinada a proyectos de alto impacto social, aunque menos rentables?

## **2.-Metodología**

Este trabajo ha seguido una estructura metodológica dividida en dos bloques principales: una primera parte teórica y una segunda empírica. En primer lugar, se ha procedido a definir y contextualizar el concepto de alimentación sostenible, así como su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los criterios ESG, la inversión pública en este sector y el impacto del COVID-19 en este sector. Esta revisión conceptual ha permitido

establecer el marco normativo, económico y ético desde el cual se entiende la inversión orientada al sector alimentario sostenible.

A partir de esta base teórica, se ha elaborado un marco metodológico empírico centrado en el análisis del comportamiento financiero de carteras sectoriales ligadas a la alimentación sostenible durante el periodo 2021–2024. Se ha optado por excluir el año 2020 debido a la disrupción extraordinaria causada por la pandemia de COVID-19, que habría introducido una distorsión significativa en los datos de retorno y volatilidad.

El estudio se ha organizado en torno a tres sectores diferenciados, definidos a partir de la clasificación por actividad de FactSet: Infraestructura y cadena de valor alimentaria, Materiales químicos y plásticos aplicados al sector alimentario y Producción y alimentación.

Las empresas analizadas provienen de tres índices sectoriales obtenidos de FactSet, cuyos componentes son empresas directamente relacionadas con el ámbito de la alimentación sostenible. La asignación de cada empresa a su sector correspondiente se ha realizado siguiendo el criterio principal de actividad operativa definido en la propia web de Facset.

El análisis se ha realizado con precios diarios para cada uno de los activos que componen los sectores, abarcando el periodo 2021–2024. A partir de estos datos, se han calculado los retornos esperados anuales y la volatilidad anualizada para cada sector. El rendimiento esperado anual se ha obtenido aplicando la fórmula:

$$R_{anual} = (1 + R_{medio\ diario})^{252} - 1$$

donde se ha considerado un año financiero de 252 días de cotización. Por otra parte, la volatilidad anual se ha calculado de la siguiente manera:

$$\sigma_{anual} = \sigma_{diaria} * \sqrt{252}$$

Una vez obtenidos estos indicadores, reflejados en la [Tabla 13](#), mediante la Teoría de Carteras de Markowitz, se han calculado los portafolios óptimos y se ha calculado el Ratio de Sharpe anual para cada uno de ellos. Para ello, se ha utilizado la tasa libre de riesgo promedio ponderada por año y región correspondiente, según +el área geográfica de las empresas que componen cada sector. El ratio ha sido calculado utilizando su fórmula clásica como indicador del rendimiento ajustado al riesgo.

El enfoque seguido ha sido descriptivo y comparativo. Por un lado, se ha analizado la evolución temporal de cada sector a lo largo de los cuatro años del estudio. Por otro, se ha llevado a cabo un análisis anual intersectorial, comparando en cada ejercicio el rendimiento, la volatilidad y el ratio de Sharpe entre los tres sectores. Este análisis comparativo constituye una de las partes más relevantes del trabajo, ya que permite identificar qué áreas de la alimentación sostenible han sido más atractivas para la inversión privada en cada periodo y cuáles, por el contrario, presentan una rentabilidad ajustada al riesgo más baja, lo que refuerza la necesidad de apoyo institucional y políticas públicas orientadas a su desarrollo.

El tratamiento y análisis de datos se ha realizado utilizando Python como herramienta principal, haciendo uso especialmente de la librería pandas para el manejo de series temporales y estructuras de datos.

### **3.- Criterios ESG, ODS, alimentación sostenible, inversión pública e impacto del COVID-19**

Este apartado tiene como objetivo establecer un marco contextual sólido que permita comprender la relación entre las finanzas sostenibles y el sector de la alimentación, desde una doble perspectiva normativa y económica. Para ello, se parte del análisis de los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), ampliamente utilizados por inversores y empresas para evaluar el compromiso sostenible de las organizaciones (3.1). A continuación, se explora el papel de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con especial atención al ODS 2 y 12, centrados en el hambre cero, y su conexión con las estrategias de inversión alineadas con impactos sociales y medioambientales positivos (3.2). Con base en ese marco, se define y desarrolla el concepto de alimentación sostenible, no solo como una meta en sí misma, sino como un canal de inversión capaz de generar valor económico y social (3.3). Dado que la rentabilidad en este sector no siempre es inmediata, se analiza también el papel de la inversión pública como complemento a la inversión privada en áreas estratégicas como la agricultura regenerativa, la innovación en cadenas de suministro o la producción de insumos sostenibles (3.4). Por último, se examina el impacto de la pandemia de COVID-19 en este ecosistema (2021–2024), para entender cómo una crisis global afectó al rendimiento y la estabilidad de las empresas dedicadas a la alimentación sostenible, y cómo este evento ha

moldeado el contexto en el que se desarrollan actualmente las inversiones analizadas (3.5).

### 3.1.- Criterios ESG

Los criterios ESG (*Environmental, Social and Governance*) constituyen un marco dinámico para evaluar la sostenibilidad y responsabilidad corporativa de las empresas ([Pollman, 2022](#)). Estos se articulan en tres pilares:

**Ambiental:** mide el impacto sobre recursos naturales, emisiones de gases de efecto invernadero y estrategias climáticas ([ISO, 2018](#)).

**Social:** valora la relación con comunidades, empleados y clientes, considerando diversidad, equidad, inclusión y derechos laborales ([ISO, 2018](#)).

**Gobernanza:** analiza la transparencia en la toma de decisiones, la ética empresarial y la estructura de los consejos de administración ([ISO, 2018](#)).

Los criterios ESG no solo permiten evaluar el impacto social y ambiental de las empresas, sino que también funcionan como un indicador de su capacidad para gestionar riesgos y oportunidades en mercados cada vez más exigentes ([Pelster et al., 2024](#)).

Los criterios ESG tienen su origen en el Pacto Global de la ONU, iniciativa de Kofi Annan que buscó que las empresas incorporaran principios universales de derechos humanos, normas laborales y protección ambiental en su estrategia y operaciones, marcando así la integración formal de la sostenibilidad en el ámbito corporativo. ([Pollman, 2022](#)).

El término ESG fue formalmente introducido en el informe "*Who Cares Wins*", desarrollado por instituciones financieras en colaboración con la ONU en 2004. Este documento argumentaba que "la integración de factores ambientales, sociales y de gobernanza en las decisiones de inversión podía mejorar tanto los resultados financieros como el desarrollo sostenible" ([Pelster et al., 2024, p. 2](#)).

Aunque hoy se vinculan al ESG, los filtros éticos en inversiones datan del siglo XIX, cuando grupos religiosos como los cuáqueros evitaban financiar industrias consideradas inmorales (armas, alcohol, tabaco). Esa práctica evolucionó hacia la Inversión Socialmente Responsable (SRI), que cobró fuerza en las décadas de 1960 y 1970

impulsada por movimientos de derechos civiles, igualdad de género y protección ambiental ([Eccles et al., 2020](#)).

En la década de 1980, la creación de proveedores de datos como KLD Research & Analytics (1988) y, posteriormente, *Innovest Strategic Value Advisors* (1992), ayudó a consolidar la evaluación sistemática de factores no financieros en el ámbito corporativo. KLD, por ejemplo, desarrolló métricas específicas para medir el desempeño ambiental y social de las empresas, mientras que Innovest enfatizó la materialidad financiera de los datos ESG en su metodología ([Eccles et al., 2020](#)).

Con el lanzamiento de los Principios para la Inversión Responsable (PRI) en 2006, los criterios ESG adquirieron una estructura formal que permitió su adopción global. Esta evolución refleja cómo los valores inicialmente orientados hacia objetivos éticos y sociales se transformaron en herramientas clave para evaluar riesgos y oportunidades financieras relacionados con la sostenibilidad ([Eccles et al., 2020](#)).

Desde la publicación del informe, en 2004, la adopción de ESG ha estado respaldada por estándares internacionales como los Principios de Inversión Responsable (PRI) en 2006 y las normas ISO, específicamente ISO 14007 e ISO 14008, que brindan directrices para la gestión ambiental y la monetización de impactos ecológicos ([ISO, 2018](#)).

En la última década, los criterios ESG han sido adoptados ampliamente en los mercados financieros. El crecimiento de los bonos verdes y la inclusión de métricas ESG en las carteras de inversión han demostrado su relevancia como herramienta para gestionar riesgos climáticos y promover inversiones responsables ([Pelster et al., 2024](#)).

Aunque los criterios ESG han ganado importancia, ha habido varias controversias ya que reciben críticas por la falta de estándares uniformes y la posibilidad que ofrecen a determinadas empresas de cometer "*greenwashing*". Con ello, algunas empresas exageran su compromiso con la sostenibilidad. Según [Pollman \(2022\)](#), "la variabilidad en las calificaciones ESG genera incertidumbre y limita su eficacia como herramienta de evaluación".

### *3.2.-Objetivos de Desarrollo Sostenible*

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fueron adoptados en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como parte de la Agenda 2030 para el

Desarrollo Sostenible. Estos 17 objetivos globales buscan abordar los principales desafíos económicos, sociales y ambientales del mundo, proporcionando un marco común para que los países y las empresas promuevan un desarrollo inclusivo y sostenible ([United Nations, 2020](#)). Los ODS abarcan diversas áreas clave como la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, la educación de calidad, la acción climática y el crecimiento económico, con el propósito de garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras. En particular, los ODS no solo establecen metas ambiciosas, sino que también buscan fomentar alianzas entre los sectores público y privado para impulsar su cumplimiento mediante estrategias innovadoras y sostenibles ([FAO, 2019](#)).

Dentro de estos objetivos, el ODS 2: Hambre Cero juega un papel fundamental en la lucha contra la inseguridad alimentaria y la promoción de sistemas agrícolas sostenibles. Este objetivo tiene como meta erradicar el hambre, garantizar el acceso universal a alimentos nutritivos y suficientes, y fomentar modelos de producción agrícola resilientes que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático ([FAO, 2020](#)). En este contexto, diversas investigaciones han destacado el papel de la inversión en el sector agroalimentario como una estrategia clave para mejorar la productividad, la distribución de los alimentos y la seguridad alimentaria global ([Godfray et al., 2010](#)). Las estrategias financieras alineadas con la sostenibilidad, como las carteras de inversión basadas en **criterios ESG**, han demostrado ser una vía efectiva para fomentar la innovación en el sector y acelerar la transformación hacia modelos de producción alimentaria más eficientes y sostenibles ([Friede et al., 2015](#)).

El impacto de los ODS también se extiende al ámbito financiero, donde los mercados de inversión han comenzado a incorporar principios de sostenibilidad dentro de sus estrategias de asignación de capital. La creciente integración de los criterios ESG en los mercados financieros ha permitido alinear los objetivos de rentabilidad con el impacto social y ambiental positivo, fortaleciendo la inversión en sectores clave como la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria ([Clark et al., 2015](#)). En este sentido, estudios recientes han demostrado que las empresas comprometidas con los ODS tienden a tener una mejor resiliencia financiera y reputacional, lo que atrae cada vez más a los inversores institucionales interesados en modelos de negocio sostenibles ([Eccles et al., 2020](#)). A medida que los ODS se consolidan como un marco de referencia para el desarrollo global, la inversión responsable y sostenible seguirá desempeñando un papel clave en la transformación de las economías hacia modelos más inclusivos y equitativos.

### 3.3.-Alimentación Sostenible

La **alimentación sostenible** es un concepto clave dentro del desarrollo global, ya que busca garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición para todas las personas sin comprometer las bases económicas, sociales y ambientales que permitan proporcionar alimentos a las generaciones futuras. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un sistema alimentario sostenible debe ser resiliente, eficiente en el uso de recursos y socialmente equitativo, asegurando que los alimentos producidos contribuyan al bienestar humano y al equilibrio ecológico ([FAO, 2020](#))

La sostenibilidad en la alimentación se fundamenta en tres dimensiones interconectadas: ambiental, económica y social. Desde una perspectiva ambiental, se enfoca en la reducción del impacto ecológico de la producción de alimentos, promoviendo prácticas agrícolas que minimicen el uso de recursos naturales y disminuyan las emisiones de carbono. En el ámbito económico, un sistema alimentario sostenible impulsa el desarrollo de mercados locales y regionales, asegurando precios justos para los productores y estabilidad en la cadena de suministro. Finalmente, la dimensión social se vincula con la equidad en el acceso a alimentos nutritivos, garantizando que las poblaciones vulnerables no sufran de inseguridad alimentaria ([Zaharia et al., 2021](#)).

En Europa, la alimentación sostenible ha tomado un papel central en las políticas agrícolas, particularmente a través de la Estrategia "*De la Granja a la Mesa*" de la Unión Europea. Esta estrategia busca transformar los sistemas alimentarios del continente hacia modelos más sostenibles, reduciendo la huella ambiental de la producción de alimentos, minimizando el desperdicio y fomentando dietas más saludables y sostenibles ([Rayner et al., 2008](#)). A nivel global, el **Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 (ODS 2)** de la ONU establece la necesidad de erradicar el hambre y garantizar el acceso a una alimentación sana y nutritiva para todas las personas, promoviendo simultáneamente la agricultura sostenible ([Hurduzeu et al., 2022](#)).

Sin embargo, la transición hacia un sistema alimentario sostenible enfrenta desafíos significativos. Entre ellos, la creciente urbanización y la competencia por el uso del suelo han generado una presión considerable sobre la producción agrícola, lo que puede dificultar el acceso equitativo a los alimentos y aumentar la dependencia de importaciones

de productos agrícolas ([European Commission, 2020](#)). Asimismo, la producción de alimentos sigue siendo altamente dependiente de modelos de agricultura intensiva, lo que genera impactos negativos en el suelo, el agua y la biodiversidad ([Zaharia et al., 2021](#)).

Un aspecto clave en el desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles es la adopción de enfoques políticos integrados que consideren la interconexión entre la producción, distribución y consumo de alimentos. Según la [FAO \(2020\)](#), la promoción de la agricultura regenerativa, el fortalecimiento de las cadenas de suministro locales y la reducción del desperdicio de alimentos son medidas esenciales para avanzar hacia la sostenibilidad alimentaria. De manera similar, [Zaharia et al. \(2021\)](#) destacan que el éxito de los sistemas alimentarios sostenibles depende de la colaboración entre gobiernos, sector privado y consumidores para fomentar políticas y prácticas que reduzcan los impactos negativos en el medio ambiente y promuevan la equidad social.

[Ortega Romero \(2024\)](#) subraya que los ODS y los criterios ESG forman un binomio imprescindible para que las empresas traduzcan la Agenda 2030 en acciones concretas: En el sector de la alimentación sostenible, esta integración promueve la adopción de prácticas como la agricultura regenerativa, la gestión eficiente del agua y la reducción de residuos, mientras fortalece las condiciones de los trabajadores rurales y la trazabilidad de la cadena de suministro, facilitando el avance hacia el **ODS 2** (“Hambre cero”) y reforzando la confianza de inversores y partes interesadas ([Ortega Romero, 2024](#)).

### *3.4.- Inversión pública en el sector de la alimentación sostenible*

La inversión pública en el sector de la alimentación sostenible ha seguido varias trayectorias convergentes en las últimas décadas. En el ámbito internacional, los Centros Internacionales de Investigación Agrícola del CGIAR han recibido aproximadamente 7 000 millones de dólares desde 1971, generando ratios beneficio/coste que oscilan entre 1,9 y 17,3, lo que evidencia la alta rentabilidad de la inversión en I + D agrícola para sistemas alimentarios más sostenibles ([Raitzer & Kelley, 2008](#)). En Europa, la Política Agrícola Común (PAC) ha evolucionado desde subsidios vinculados a la producción hacia una “arquitectura verde” que introduce condicionalidad ambiental, pagos por prácticas sostenibles y, para el periodo 2021–2027, destina al menos el 30 % de su presupuesto a medidas de clima y medio ambiente, con unos 23 000 millones de euros comprometidos bajo el principio “dinero público por bienes públicos” ([Doukas, Salvati](#)

[& Vardopoulos, 2023](#)). En China, los gastos fiscales agrícolas aumentaron de manera sostenida entre 2008 y 2020, y su efecto marginal se intensificó a medida que las provincias se desarrollaban, sobre todo en las regiones centrales con fuerte presencia del sector primario ([Zhang & Zhang, 2024](#)).

Estos desembolsos públicos han producido impactos tangibles en la sostenibilidad. La meta-análisis del CGIAR demuestra que, incluso bajo criterios muy conservadores, los beneficios agregados superan con creces los costes invertidos, justificando la continuidad del apoyo público a la investigación agrícola ([Raitzer & Kelley, 2008](#)). En China, se observa que el aumento del gasto fiscal no solo mejora la productividad y el ingreso neto de los agricultores, sino que favorece la integración de la industria agroalimentaria como vía para la eficiencia y estabilidad económica ([Zhang & Zhang, 2024](#)). Además, herramientas como TAPE (*Tool for Agroecology Performance Evaluation*) ofrecen un marco multidimensional (gobernanza, economía, medio ambiente, salud y aspectos socioculturales) para evaluar transiciones agroecológicas y guiar la asignación de recursos públicos hacia prácticas más sostenibles ([Mottet et al., 2020](#)).

Sin embargo, aún existen carencias fundamentales: el capital privado tiende a focalizarse en proyectos de rápida rentabilidad, lo que deja a un lado a pequeños productores e iniciativas agroecológicas que ofrecen grandes beneficios sociales o ambientales, pero márgenes financieros reducidos. Por ello, la inversión pública debe intervenir como catalizadora, compartiendo riesgos en las fases iniciales, fortaleciendo la infraestructura y promoviendo marcos de tenencia de la tierra que sean inclusivos ([Doukas et al., 2023](#)). Este esfuerzo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: TAPE vincula sus criterios de desempeño a indicadores como el 2.4.1 sobre agricultura sostenible y el 1.4.2 sobre tenencia de la tierra, facilitando el monitoreo de la contribución de la inversión pública a la Agenda 2030. Asimismo, la nueva PAC integra explícitamente objetivos de lucha contra el cambio climático (SDG 13) y conservación de la biodiversidad (SDG 15) en sus planes estratégicos nacionales de 2023–2027. Finalmente, la creación multisectorial de herramientas de decisión, como propone [Negrea et al. \(2020\)](#), es clave para armonizar criterios científicos, objetivos empresariales y preferencias de inversores, garantizando que las inversiones públicas y privadas avancen de manera sinérgica hacia el cumplimiento de los ODS.

### *3.5.-Impacto del COVID-19 en el sector de la alimentación sostenible (2021–2024)*

Como se ha anticipado en el apartado de metodología, el año 2020 no se va a utilizar para el análisis de los periodos debido a la distorsión que generaría entre periodos. Pese a que no se utilice el año 2020 en el análisis de construcción de portafolios, es interesante investigar el impacto que tuvo la crisis del COVID-19 en el sector de la alimentación sostenible para ver como afectó una pandemia mundial a un sector esencial para la seguridad alimentaria sostenible.

La pandemia de la COVID-19 marcó un punto de inflexión en los sistemas alimentarios globales, no tanto por la escasez de alimentos en sí, sino por la forma en que las estructuras económicas, logísticas y sociales fallaron en garantizar su acceso. Como señalan [Clapp y Moseley \(2020\)](#), esta crisis alimentaria se diferenció de las anteriores al exponer cómo la dependencia de cadenas globales largas, la precariedad laboral en el campo y el sesgo neoliberal de las políticas alimentarias hicieron al sistema especialmente vulnerable. La ruptura de suministros, el cierre de fronteras y la drástica caída de ingresos pusieron a prueba la resistencia de productores, transformadores y distribuidores, y subrayaron la urgencia de promover modelos alimentarios más sólidos y sostenibles.

Uno de los efectos más visibles fue el aumento del hambre global, estrechamente vinculado a las disrupciones logísticas, la pérdida de poder adquisitivo de los hogares y los cambios abruptos en los patrones de consumo. La [FAO \(2021\)](#) advierte que entre 720 y 811 millones de personas padecieron hambre en 2020, lo que supone un retroceso significativo en los avances logrados durante la última década. Este escenario afectó especialmente a los eslabones más frágiles de la infraestructura agroalimentaria y a las regiones dependientes de importaciones o de mano de obra intensiva, visibilizando desigualdades estructurales que ya existían pero que la pandemia amplificó con crudeza.

En este contexto, el concepto de alimentación sostenible pasó de ser una prioridad a largo plazo a convertirse en una necesidad urgente. Como han analizado [Cappelli y Cini \(2020\)](#), la pandemia actuó como catalizador de una reflexión profunda sobre la estructura de las cadenas alimentarias y su vulnerabilidad ante crisis globales. Su estudio destaca el renovado interés por los sistemas alimentarios de proximidad, las cadenas de suministro cortas y la producción local como estrategias clave para mejorar la resiliencia alimentaria. La relocalización de ciertas actividades en la cadena de valor emergió como una posible

vía para mitigar los efectos de futuras disrupciones, complementada por una progresiva digitalización de procesos.

Por otro lado, [Adelodun et al. \(2021\)](#) analizan los impactos del COVID-19 en la sostenibilidad agroalimentaria y en la descarbonización de los agroecosistemas. Su estudio muestra que durante la pandemia, las restricciones redujeron temporalmente las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector agroalimentario y fomentaron una economía circular (menor desperdicio, reutilización de materiales y relocalización sostenible), lo que impulsó rendimientos financieros más atractivos en subsectores de la alimentación sostenible.

Finalmente, desde una perspectiva financiera, [Bose et al. \(2022\)](#) analizan cómo el desempeño en sostenibilidad puede influir en el valor de las empresas en tiempos de alta incertidumbre. El estudio, basado en datos internacionales, muestra que las empresas con estrategias ESG robustas experimentaron menores pérdidas de valor de mercado durante la pandemia. Esto reforzó la idea de que invertir en compañías de alimentación sostenible no solo es ético, sino también una decisión financiera sólida, al ofrecer mayor resiliencia ante crisis sociales y ambientales.

En definitiva, aunque 2020 queda fuera de la construcción de carteras por su extraordinaria volatilidad, el análisis de la crisis COVID-19 revela lecciones clave para la alimentación sostenible: expuso la fragilidad de las cadenas globales y las desigualdades preexistentes en el acceso a los alimentos, impulsó el retorno a modelos de proximidad y economía circular) y puso de manifiesto que las empresas con robustas estrategias ESG ofrecieron mayor resistencia financiera en entornos de shock.

#### **4.- Carteras ESG**

Este trabajo se fundamenta en la creación de portafolios de compañías que contribuyan a la consecución de los ODS, en concreto el 2 y el 12. Se ha utilizado para la selección de las empresas **índices de carteras ESG y de alimentación sostenible** creados para integrar criterios de sostenibilidad dentro del sistema financiero. Se han elegido tres índices que incluyen empresas que innovan en la producción y distribución de alimentos sostenibles, así como en el desarrollo de tecnologías agrícolas y embalajes ecológicos. Los índices utilizados en este trabajo son: *MarketVector Global Future of Food ESG*, *Morningstar*

*Global Food Innovation Index y Foxberry Tematica Research Sustainable Future of Food Index.*

Los índices de inversión ESG en alimentación sostenible agrupan acciones de empresas que cumplen con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y de gobernanza (ESG) y que están comprometidas con transformar la industria alimentaria hacia un modelo más eficiente y equitativo. Estas compañías abordan aspectos como la reducción del impacto ambiental de la producción de alimentos, la mejora de la seguridad alimentaria global y el desarrollo de tecnologías que minimizan la dependencia de los recursos naturales ([Foxberry Ltd., 2022](#)).

Cada uno de los índices seleccionados tiene un enfoque particular dentro de la alimentación sostenible. Por ejemplo, el *MarketVector Global Future of Food ESG* se centra en empresas innovadoras dentro de la cadena de valor de los alimentos, abarcando tecnologías agrícolas, proteínas alternativas y soluciones para la eficiencia en la producción alimentaria ([MarketVector Indices, 2024](#)). Por otro lado, el *Morningstar Global Food Innovation Index* agrupa compañías con alto potencial de crecimiento en la producción de proteínas alternativas, tecnologías agrícolas avanzadas y soluciones innovadoras en el sector alimentario ([Morningstar, 2022](#)). Finalmente, el *Foxberry Tematica Research Sustainable Future of Food Index* selecciona empresas que están redefiniendo la producción y el consumo de alimentos mediante el desarrollo de soluciones sostenibles en la agricultura y la seguridad alimentaria ([Foxberry Ltd., 2022](#)).

La elección de estos índices se basa en una combinación de criterios de sostenibilidad, innovación y exposición al sector alimentario. Las empresas incluidas en estos índices han sido identificadas a través de investigaciones especializadas en inversión temática, que consideran tanto el impacto medioambiental de sus operaciones como su capacidad de generar rentabilidades financieras sostenibles ([Morningstar, 2022](#)).

El *Foxberry Tematica Research Sustainable Future of Food Index*, por ejemplo, selecciona empresas según su "*Sustainable Food Score*", que evalúa el grado de implicación de una compañía en la transición hacia un sistema alimentario sostenible. Este índice analiza factores como la producción de proteínas vegetales, la innovación en embalajes ecológicos y el desarrollo de tecnologías agrícolas avanzadas ([Foxberry Ltd., 2022](#)).

Por otro lado, el *MarketVector Global Future of Food ESG* adopta una metodología basada en la exposición temática y el desempeño ESG, asegurando que las empresas seleccionadas tengan un impacto positivo medible en la sostenibilidad alimentaria ([MarketVector Indices, 2024](#)). Mientras tanto, el *Morningstar Global Food Innovation Index* prioriza compañías que experimentan un crecimiento económico significativo gracias a su innovación en alimentación sostenible ([Morningstar, 2022](#)).

El ODS 2 de las Naciones Unidas busca erradicar el hambre y garantizar el acceso universal a una alimentación segura, nutritiva y suficiente durante todo el año. Las empresas incluidas en estos índices juegan un papel fundamental en la consecución de este objetivo al desarrollar soluciones innovadoras para la producción y distribución de alimentos de manera sostenible.

Invertir en empresas que forman parte de estos índices contribuye a este objetivo de varias maneras. Por ejemplo, invertir en empresas que tengan un objetivo de mejorar la producción para hacerla más eficiente y sostenible. Para lograr esto las empresas dedicadas a la agricultura de precisión y biotecnología agrícola mejoran la eficiencia en la producción de cultivos, reduciendo la dependencia de pesticidas y fertilizantes químicos ([Foxberry Ltd., 2022](#)).

La inversión en compañías que desarrollan proteínas alternativas (como alimentos basados en plantas o carne cultivada en laboratorio) permite disminuir la huella de carbono y reducir la presión sobre los ecosistemas naturales. Empresas especializadas en seguridad alimentaria, envasado sostenible y logística eficiente permiten que los alimentos lleguen a más personas en condiciones óptimas, reduciendo el desperdicio y garantizando dietas equilibradas. Por último, a través del desarrollo de modelos agrícolas que restauran los suelos y fomentan la biodiversidad, se fortalece la resiliencia del sistema alimentario ante el cambio climático.

En conjunto, la inversión en estas empresas de alimentación sostenible no solo puede generar rendimientos financieros, sino que también permite alinear el capital con iniciativas que tienen un impacto directo en la seguridad alimentaria global. Este tipo de estrategias representan una oportunidad para fomentar el desarrollo de tecnologías e infraestructuras que mejoren la calidad de los alimentos y el acceso a los mismos, especialmente en comunidades vulnerables.

## 5.-Marco teórico

En este apartado se va a definir el marco teórico en el que se basa el trabajo. La teoría de carteras de Markowitz y el ratio de Sharpe.

### 5.1.-Teoría de Carteras de Markowitz

La teoría de gestión de carteras de [Harry Markowitz \(1952\)](#) sirve para construir carteras diversificadas que minimicen el riesgo total mediante la diversificación de los activos. Esta metodología se fundamenta en localizar la mejor cartera de activos que puede ofrecer un rendimiento superior para un nivel de riesgo dado, o reducir el riesgo para un rendimiento esperado, cuando las correlaciones entre los activos son bajas. El objetivo consiste en seleccionar una combinación de inversiones que maximice el rendimiento ajustado al riesgo en carteras compuestas por empresas agrícolas sostenibles ([Markowitz, 1952](#)).

Esta teoría se basa en la premisa de que el riesgo de una cartera no es simplemente la suma de los riesgos individuales de los activos, sino que también depende de cómo estos activos interactúan entre sí, es decir, de sus correlaciones.

El proceso de cálculo de las carteras óptimas es el siguiente:

1. Selección y cálculo de los rendimientos y volatilidades anualizadas esperadas de los activos a considerar para la creación de los portafolios.
2. Construcción de la matriz de covarianza a partir de la matriz de retornos diarios de todos los activos. La matriz de covarianza es una matriz cuadrada de dimensión  $n \times n$ , donde  $n$  es el número de activos. Los elementos diagonales de esta matriz representan las varianzas individuales de cada activo, y los elementos fuera de la diagonal son las covarianzas entre los activos.
3. Optimización: minimización del riesgo de la cartera y maximización del retorno esperado de la cartera.

**Fórmula de la rentabilidad esperada de una cartera:**

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

Donde:

- $E(R_p)$ : Rentabilidad esperada de la cartera.
- $w_i$ : Peso del activo  $i$  en la cartera.
- $E(R_i)$ : Rentabilidad esperada del activo  $i$ .

**Fórmula de la varianza de una cartera de dos activos:**

$$\sigma_p = \sqrt{w^T \Sigma w}$$

Donde:

- $\sigma_p$ : Volatilidad esperada de la cartera.
- $w$ : Vector de pesos de los activos en la cartera.
- $\Sigma$ : Matriz de Covarianza

La frontera eficiente es un elemento fundamental dentro de esta teoría financiera ya que identifica las carteras que brindan el mayor rendimiento esperado para cada nivel de riesgo especificado. Las carteras por debajo de esta frontera se consideran poco eficientes, ya que es factible lograr mayores rendimientos manteniendo el mismo nivel de riesgo o bien disminuir el riesgo sin afectar el rendimiento obtenido.

La teoría de carteras de Markowitz incluye unas restricciones, también aplicadas en la creación de los porfolios en este trabajo. La asignación de pesos en la cartera debe cumplir con la condición de que su suma total sea igual a uno, y no se permite la asignación de pesos negativos, lo que implica que el inversor no puede adoptar posiciones cortas en ninguno de los activos. ([Markowitz, 1952](#)).

### *5.2.-Ratio de Sharpe*

El ratio de Sharpe evalúa la relación entre el rendimiento de las carteras y el riesgo asumido ([Sharpe, 1966](#)). La manera de calcular el ratio es restando la tasa libre de riesgo (generalmente siendo la tasa de interés de un país) al rendimiento esperado de la cartera, y luego dividiendo este valor por la desviación estándar de las rentabilidades diarias anualizadas. Este ratio permitirá identificar qué carteras ofrecen el mejor rendimiento por cada unidad de riesgo asumido, lo que es especialmente relevante para inversores en el

ámbito de la agricultura sostenible, donde la volatilidad de los mercados puede ser alta debido a factores como el clima y las políticas gubernamentales ([Sharpe, 1966](#)).

### **Fórmula del Ratio de Sharpe:**

$$S = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p}$$

Donde:

- $S$ : Ratio de Sharpe.
- $E(R_p)$ : Rentabilidad esperada de la cartera.
- $R_f$ : Tasa libre de riesgo.
- $\sigma_p$ : Desviación estándar de la rentabilidad de la cartera (volatilidad).

Un Ratio de Sharpe más alto indica una mejor relación entre rentabilidad y riesgo. Por ejemplo, si una cartera tiene una rentabilidad esperada del 10%, una tasa libre de riesgo del 2% y una desviación estándar del 8%, el Ratio de Sharpe sería de 1. Lo cual significaría que la cartera ofrece una unidad de rentabilidad adicional por cada unidad de riesgo asumido.

## **6.- Base de datos**

### *6.1.- Muestra de datos*

Sumando el conjunto de las empresas pertenecientes a los 3 índices, mencionados previamente en el apartado de las carteras ESG, el número de empresas originarias es de 101. No obstante, una vez buscada la información financiera de las empresas se han encontrado datos de 99 en Facset.

Dado el propósito de analizar la rentabilidad y el riesgo de carteras vinculadas a empresas del sector alimentario sostenible, el periodo temporal seleccionado para este estudio abarca los años 2021 a 2024, ambos inclusive. Esta decisión responde a la necesidad de contar con datos que reflejen un entorno económico y financiero relativamente estable y

comparable, eliminando distorsiones extraordinarias derivadas de la pandemia de COVID-19.

Como se ha explicado anteriormente, aunque 2020 fue un año clave en términos de disrupción global, los mercados financieros durante ese periodo mostraron una volatilidad histórica sin precedentes, producto del pánico inicial, la incertidumbre sanitaria y la implementación de políticas monetarias y fiscales extraordinarias ([Baker et al., 2020](#)). Según [Ramelli y Wagner \(2020\)](#), los efectos de la pandemia sobre el comportamiento de los inversores provocaron alteraciones abruptas y difíciles de modelizar, especialmente entre marzo y mayo de 2020, generando una dinámica de precios atípica y de difícil comparación para análisis de eficiencia de carteras.

Por ejemplo, un estudio de [Adelodun et al. \(2023\)](#) examinó el impacto de la pandemia en la volatilidad del mercado de valores en varios países desarrollados y emergentes, utilizando modelos GARCH y TGARCH. Los autores encontraron que la pandemia provocó un aumento significativo en la volatilidad de los mercados, lo que sugiere que los datos de 2020 pueden no ser adecuados para análisis que buscan evaluar tendencias normales o de largo plazo. Es por ello, que el análisis se centra en el periodo 2021–2024 para evitar las distorsiones provocadas por eventos extraordinarios y garantizar una evaluación más precisa y coherente del rendimiento y la volatilidad en el sector de la alimentación sostenible.

Analizando el conjunto de las empresas que tienen datos en los periodos 2021-2024, el número final de compañías usadas para el análisis es de **95** (4 de las 99 previamente mencionadas comienzan a cotizar más tarde del año 2021, por lo que no se consideran para el análisis de carteras).

Tabla 1: Descriptivo de las 95 compañías empleadas en el análisis. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.

Nº	Empresa	Indice	Ticker	Región	Sector	Retorno	Volatilidad
1	YARA INTERNATIONAL ASA	FXBFOOD	YAR	Europa	Materiales químicos y plásticos	-6.56%	31.54%
2	WestRockCo	MORNINGSTAR	WRK	América	Producción Alimentaria	19.41%	45.71%
3	VALMONT INDUSTRIES	FXBFOOD	VMI	América	Infraestructura y Cadena de Valor	21.18%	31.33%
4	VITAL FARMS INC	MVIS	VITL	América	Producción Alimentaria	26.44%	51.91%
5	UNITED NATURAL FOODS INC	MVIS	UNFI	América	Infraestructura y Cadena de Valor	33.23%	57.48%
6	TrimbleInc	MORNINGSTAR	TRMB	América	Infraestructura y Cadena de Valor	7.41%	33.35%
7	TOMRA SYSTEMS ASA	FXBFOOD	TOM	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	-4.64%	47.74%
8	SYMRISE AG	FXBFOOD	SY1	Europa	Materiales químicos y plásticos	-2.79%	24.44%
9	SENSIENT TECHNOLOGIES CORP	FXBFOOD	SXT	América	Materiales químicos y plásticos	2.75%	26.05%
10	SUNOPTA INC	MVIS	STKL	América	Producción Alimentaria	6.59%	56.82%
11	DS SMITH PLC	FXBFOOD	SMD5	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	12.85%	33.52%
12	SIG COMBIBLOC GROUP AG	FXBFOOD	SIG	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	52.11%	55.06%
13	SoteraHealthCompany	MORNINGSTAR	SHC	América	Infraestructura y Cadena de Valor	2.56%	69.59%
14	SPROUTS FARMERS MARKET INC	MVIS	SFM	América	Infraestructura y Cadena de Valor	69.61%	36.53%
15	SENECA FOODS CORP - CL A	MVIS	SENEA	América	Producción Alimentaria	28.59%	37.67%
16	SealedAirCorp	MORNINGSTAR	SEE	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-2.33%	30.93%
17	SAPUTO INC	MVIS	SAP	América	Producción Alimentaria	-8.75%	24.02%
18	SalmarASA	MORNINGSTAR	SALM	América	Producción Alimentaria	2.50%	37.27%
19	PackagingCorpofAmerica	MORNINGSTAR	PKG	América	Infraestructura y Cadena de Valor	16.80%	23.83%
20	O-I GLASS INC	FXBFOOD	OI	América	Infraestructura y Cadena de Valor	8.61%	44.21%
21	ORIGIN ENTERPRISES PLC	MVIS	OGN	Europa	Producción Alimentaria	-2.70%	35.25%
22	OCADO GROUP PLC	FXBFOOD	OCDO	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	-27.40%	66.37%
23	NufarmLimited	MORNINGSTAR	NUF	Asia - Pacifico	Materiales químicos y plásticos	-2.85%	35.77%
24	NutrienLtd.	MORNINGSTAR	NTR	América	Materiales químicos y plásticos	3.31%	34.11%
25	NOVONORDISK AS B	FXBFOOD	NOVO.B	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	31.61%	31.80%
26	NOVONESIS AS CLASS B	MVIS	NOVN	Europa	Materiales químicos y plásticos	3.81%	17.63%
27	NATURAL GROCERS INC	MVIS	NGVC	América	Infraestructura y Cadena de Valor	45.07%	47.65%
28	NeogenCorp	MORNINGSTAR	NEOG	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-19.59%	39.03%
29	MowiASA	MORNINGSTAR	MOWI	Europa	Producción Alimentaria	-1.28%	30.26%
30	MosaicCo	MORNINGSTAR	MOS	América	Materiales químicos y plásticos	10.44%	42.31%
31	MCCORMICK & CO-NON VTG SHRS	FXBFOOD	MKC	América	Producción Alimentaria	-2.70%	22.44%
32	LAMB WESTON HOLDINGS INC	FXBFOOD	LW	América	Producción Alimentaria	3.46%	35.00%

N°	Empresa	Indice	Ticker	Región	Sector	Retorno	Volatilidad
33	LINDSAY CORP	FXBFOOD	LNN	América	Infraestructura y Cadena de Valor	4.01%	34.13%
34	LIMONEIRA CO	MVIS	LMNR	América	Producción Alimentaria	18.35%	37.23%
35	KERRY GROUP PLC-A	MVIS	KYGA	Europa	Materiales químicos y plásticos	-5.48%	34.42%
36	KelloggCo	MORNINGSTAR	K	América	Producción Alimentaria	11.33%	21.20%
37	JOHN BEAN TECHNOLOGIES CORP	FXBFOOD	JBT	América	Infraestructura y Cadena de Valor	11.02%	38.09%
38	INCITEC PIVOT LTD	FXBFOOD	IPL	Asia - Pacífico	Materiales químicos y plásticos	8.01%	30.09%
39	IntlPaperCo	MORNINGSTAR	IP	América	Infraestructura y Cadena de Valor	8.24%	28.10%
40	IngredionInc	MORNINGSTAR	INGR	América	Materiales químicos y plásticos	17.92%	22.60%
41	IntlFlavors&Fragrances	MORNINGSTAR	IFF	América	Materiales químicos y plásticos	-0.26%	31.86%
42	HALMA PLC	FXBFOOD	HLMA	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	3.55%	28.28%
43	HERBALIFE LTD	MVIS	HLF	América	Producción Alimentaria	-29.58%	54.39%
44	HAIN CELESTIAL GROUP INC	MVIS	HAIN	América	Producción Alimentaria	-30.86%	43.97%
45	GriegSeafoodASA	MORNINGSTAR	GSF	América	Producción Alimentaria	-3.92%	43.95%
46	GRAPHIC PACKAGING HOLDING CO	FXBFOOD	GPK	América	Infraestructura y Cadena de Valor	16.57%	26.18%
47	Genus	MORNINGSTAR	GNS	América	Materiales químicos y plásticos	-18.57%	37.69%
48	GRAINCORP LTD	FXBFOOD	GNC	Asia - Pacífico	Producción Alimentaria	14.40%	32.87%
49	GIVAUDAN SA	FXBFOOD	GIVN	Europa	Materiales químicos y plásticos	3.33%	24.47%
50	GEAAG	MORNINGSTAR	G1A	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	11.36%	25.31%
51	FMCCorp	MORNINGSTAR	FMC	América	Materiales químicos y plásticos	-14.18%	34.33%
52	FLOWERS FOODS INC	MVIS	FLO	América	Producción Alimentaria	-0.47%	20.52%
53	FRESH DEL MONTE PRODUCE INC	FXBFOOD	FDP	América	Producción Alimentaria	13.60%	31.15%
54	ExponentInc	MORNINGSTAR	EXPO	América	Infraestructura y Cadena de Valor	4.91%	30.13%
55	EVONIK INDUSTRIES AG	FXBFOOD	EVK	Europa	Materiales químicos y plásticos	-11.65%	26.92%
56	EurofinsScientific	MORNINGSTAR	ERF	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	-7.48%	33.83%
57	EMMI AG	MVIS	EMMN	Europa	Producción Alimentaria	-3.73%	21.24%
58	EcolabInc	MORNINGSTAR	ECL	América	Materiales químicos y plásticos	5.39%	24.54%
59	Deere&Co	MORNINGSTAR	DE	América	Infraestructura y Cadena de Valor	17.13%	29.23%
60	CALAVO GROWERS INC	FXBFOOD	CVGW	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-14.69%	43.65%
61	CortevalInc.	MORNINGSTAR	CTVA	América	Materiales químicos y plásticos	14.74%	27.82%
62	CrodaIntl	MORNINGSTAR	CRDA	Europa	Materiales químicos y plásticos	-13.25%	30.47%
63	CorbionNV	MORNINGSTAR	CRBN	América	Materiales químicos y plásticos	-16.09%	33.61%
64	AMERICOLD REALTY TRUST	FXBFOOD	COLD	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-8.68%	27.49%

N°	Empresa	Indice	Ticker	Región	Sector	Retorno	Volatilidad
65	CNHIndustrialNV	MORNINGSTAR	CNHI	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	6.80%	34.58%
66	CFIndustriesHoldings	MORNINGSTAR	CF	América	Materiales químicos y plásticos	30.78%	37.15%
67	CASCADES INC	FXBFOOD	CAS	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-1.09%	35.72%
68	CAL-MAINE FOODS INC	MVIS	CALM	América	Producción Alimentaria	35.05%	30.08%
69	BEYOND MEAT INC	FXBFOOD	BYND	América	Producción Alimentaria	-44.21%	77.98%
70	BRAMBLES LTD	FXBFOOD	BXB	Asia - Pacifico	Infraestructura y Cadena de Valor	12.75%	23.50%
71	BUCHER INDUSTRIES AG	FXBFOOD	BUCN	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	-3.33%	25.56%
72	Danone	MORNINGSTAR	BN	Europa	Producción Alimentaria	2.23%	19.85%
73	BILLERUD AB	FXBFOOD	BILL	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	15.22%	73.18%
74	BALCHEM CORP	FXBFOOD	BCPC	América	Materiales químicos y plásticos	12.62%	25.35%
75	BayerAG	MORNINGSTAR	BAYN	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	-19.92%	31.53%
76	BASFSE	MORNINGSTAR	BAS	Europa	Materiales químicos y plásticos	-9.62%	29.95%
77	BakkafrostP/F	MORNINGSTAR	BAKKA	Europa	Producción Alimentaria	0.97%	37.75%
78	MISSION PRODUCE INC	FXBFOOD	AVO	América	Infraestructura y Cadena de Valor	5.64%	36.45%
79	AustevollSeafoodASA	MORNINGSTAR	AUSS	Europa	Producción Alimentaria	1.99%	34.39%
80	ARDAGH METAL PACKAGING SA	FXBFOOD	AMBP	América	Infraestructura y Cadena de Valor	-20.87%	39.56%
81	ALFA LAVAL AB	FXBFOOD	ALFA	Europa	Infraestructura y Cadena de Valor	16.78%	32.55%
82	AGCOCorp	MORNINGSTAR	AGCO	América	Infraestructura y Cadena de Valor	3.63%	34.26%
83	AG GROWTH INTERNATIONAL INC	FXBFOOD	AFN	América	Infraestructura y Cadena de Valor	19.68%	38.99%
84	Archer-Daniels-MidlandCo	MORNINGSTAR	ADM	América	Producción Alimentaria	4.37%	27.55%
85	AAK AB	MVIS	AAK	Europa	Materiales químicos y plásticos	12.77%	26.41%
86	KubotaCorp	MORNINGSTAR	6326	Asia - Pacifico	Infraestructura y Cadena de Valor	-10.77%	29.86%
87	CHINA FEIHE LTD	MVIS	6186	Asia - Pacifico	Producción Alimentaria	-19.66%	44.78%
88	T HASEGAWA CO LTD	MVIS	4958	Asia - Pacifico	Materiales químicos y plásticos	4.26%	31.88%
89	MICROBIO CO LTD	MVIS	4576	Asia - Pacifico	Infraestructura y Cadena de Valor	-1.32%	63.61%
90	FUSO CHEMICAL CO LTD	FXBFOOD	4368	Asia - Pacifico	Materiales químicos y plásticos	-5.13%	33.18%
91	OISIX RA DAICHI INC	MVIS	3182	Asia - Pacifico	Infraestructura y Cadena de Valor	-19.92%	52.39%
92	EUGLENA CO LTD	FXBFOOD	2931	Asia - Pacifico	Infraestructura y Cadena de Valor	-16.97%	40.08%
93	ARIAKE JAPAN CO LTD	MVIS	2815	Asia - Pacifico	Producción Alimentaria	-12.56%	28.01%
94	TAIWAN FERTILIZER CO LTD	FXBFOOD	1722	Asia - Pacifico	Materiales químicos y plásticos	-3.11%	23.02%
95	LIEN HWA INDUSTRIAL CORP	FXBFOOD	1229	Asia - Pacifico	Producción Alimentaria	10.97%	21.69%

Para poder hacer un análisis por sectores, se han clasificado las 95 compañías en 3 subsectores, acorde con el impacto que tienen en la alimentación sostenible. Se ha seguido la clasificación que proporciona Facset:

- **Producción Alimentaria:** según el sistema de clasificación industrial de FactSet Revere (RBICS), este sector incluye a las empresas dedicadas a la elaboración y procesamiento de productos alimenticios para el consumo humano. Abarca tanto alimentos básicos como productos especializados, incluyendo alimentos procesados, suplementos nutricionales, cereales y aceites. Según [FactSet \(2019\)](#), estas compañías se agrupan en función de su participación en actividades de transformación de materias primas agrícolas en productos comestibles terminados, formando parte esencial del sistema agroindustrial global. Algunos ejemplos que se encuentran en este sector son *Kellogg*, *Danone* y *Herbalife*.
- **Materiales químicos y plásticos:** Dentro del sector de materiales químicos y plásticos, FactSet agrupa a empresas que se dedican principalmente a fabricar productos que, aunque a veces pasen desapercibidos, son fundamentales para que el sistema alimentario funcione. Compañías como *Nutrien*, *Evonik* o *Corteva*, que producen fertilizantes, aditivos, bioplásticos o soluciones químicas que mejoran el rendimiento de los cultivos, ayudan a conservar los alimentos o reducen el impacto ambiental de los envases. Estas empresas no están al final de la cadena, pero sí son clave para que la producción, conservación y distribución de alimentos sostenibles sea posible.
- **Infraestructura y cadena de valor:** se han agrupado el conjunto de sectores restantes bajo esta denominación. Este sector agrupa empresas que, si bien pertenecen a industrias diversas (fabricantes, biotecnología, servicios empresariales, software, retail o salud), comparten un punto en común: su contribución directa o indirecta al funcionamiento del sistema agroalimentario sostenible. Esta agrupación permite reconocer la complejidad intersectorial del ecosistema de la alimentación, en el cual no solo intervienen productores primarios, sino también actores que proveen soluciones tecnológicas, logísticas, sanitarias, energéticas o de servicios clave para garantizar una producción, distribución y consumo de alimentos de forma eficiente, segura y sostenible. En el contexto de la sostenibilidad alimentaria, estas empresas juegan un papel clave como engranajes del sistema: garantizan que no falten los recursos, procesan de forma eficiente las materias primas, cumplen con los estándares

sanitarios, impulsan innovaciones útiles y permiten que los productos y servicios fluyan de forma coordinada a lo largo de toda la cadena de suministro.

Analizando la composición de los 3 subsectores y la localización geográfica de las compañías, se obtiene la siguiente Ilustración:

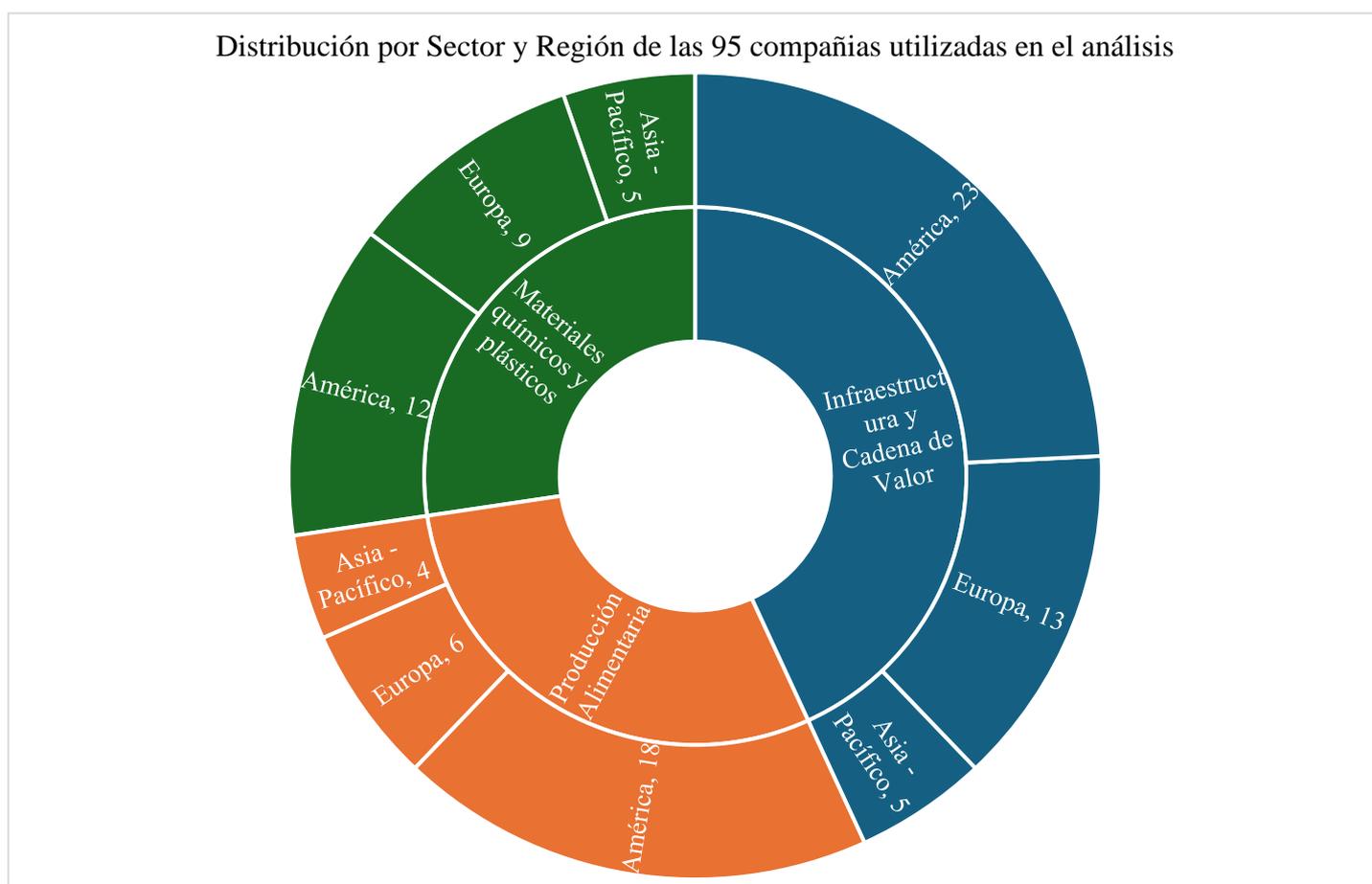


Ilustración 1: Descriptivo de la muestra de las 95 compañías distribuidas por sector y región. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de los sectores a los que se dedican las 95 compañías y la región donde cotizan, obtenidos de Facset

La distribución geográfica y sectorial de las 95 compañías consideradas en el análisis revela una concentración significativa tanto por tipo de actividad como por región. A nivel sectorial, el grupo más representado es el de Infraestructura y Cadena de Valor, con 41 compañías, lo que representa el 43,2 % del total. Le siguen Producción y Alimentación con 28 empresas (29,5 %) y Materiales Químicos y Plásticos con 26 (27,4 %). Desde una perspectiva geográfica, América domina claramente la muestra, al concentrar 53 empresas (55,8 %), seguida por Europa con 28 (29,5 %) y Asia-Pacífico con 14 (14,7 %).

Esta distribución sugiere una marcada concentración regional en el continente americano, particularmente en actividades relacionadas con la logística, distribución e infraestructura del sistema alimentario. En contraste, Asia-Pacífico, pese a su peso poblacional y creciente relevancia agroindustrial, se encuentra notablemente infrarrepresentada, lo que podría interpretarse como un margen de desarrollo o una oportunidad para la atracción de inversión sostenible en la región.

## *6.2.-Tasa libre de riesgo*

Elegir bien la tasa libre de riesgo es fundamental al aplicar Markowitz para medir el rendimiento ajustado al riesgo o trazar la línea del mercado de capitales y el ratio de Sharpe. Aunque el modelo clásico no la exige, sirve como punto de comparación estable frente a inversiones sin riesgo.

Una práctica habitual en la literatura financiera consiste en utilizar el rendimiento de los bonos soberanos a 10 años como proxy de esta tasa, especialmente en análisis de largo plazo. Esta aproximación está ampliamente respaldada en entornos de mercados desarrollados, donde se considera que los gobiernos no presentan riesgo de impago en su propia moneda. En este sentido, [Damodaran \(2008\)](#) sostiene que los bonos gubernamentales de largo vencimiento reflejan de forma más precisa las expectativas del mercado a largo plazo y reducen el impacto del riesgo de reinversión, siendo así más apropiados que los bonos a corto plazo para análisis con horizontes extendidos. Por su parte, [Mukherji \(2011\)](#) argumenta que, si bien los bonos del Tesoro a corto plazo presentan menor exposición a la inflación y a la volatilidad, los bonos a 10 años mantienen una mayor coherencia temporal con modelos como el de Markowitz, lo cual es esencial para una estimación precisa del rendimiento esperado y la varianza de una cartera.

Partiendo de esta base teórica, el procedimiento que se adoptará en este trabajo será el uso de la tasa libre de riesgo promedio ponderada correspondiente a cada periodo de análisis. Esta elección responde a la necesidad de contar con una tasa más representativa y estable, que suavice los efectos de la volatilidad diaria o mensual, especialmente en contextos financieros marcados por incertidumbre o fluctuaciones de corto plazo. Este enfoque también está respaldado por [Lally \(2012\)](#), quien analiza las ventajas y limitaciones del uso de tasas promedio en contextos regulatorios y financieros. Aunque

advierte sobre el riesgo de una mala elección del intervalo temporal, destaca que, cuando se aplica con criterio, la tasa media libre de riesgo puede ofrecer mayor consistencia con el horizonte de análisis y minimizar distorsiones puntuales en los resultados. Así, emplear una tasa promedio durante cada periodo permite alinear de manera más rigurosa la referencia libre de riesgo con la ventana temporal analizada, y contribuye a dotar de mayor robustez y comparabilidad a las métricas de rentabilidad ajustada al riesgo que se aplicarán en el presente estudio.

En finanzas es habitual aproximar la tasa libre de riesgo con los rendimientos de bonos soberanos de economías desarrolladas que prácticamente no presentan riesgo de impago ([Dacorogna & Coulon, 2013](#)). Numerosos estudios emplean estos activos como referencia: por ejemplo, se utiliza el bono del Tesoro de **Estados Unidos** como tasa libre de riesgo para la región de América ([Fama & French, 1993](#)), el bund (bono federal) de **Alemania** como tasa libre de riesgo en euros dada la alta calidad crediticia y liquidez del soberano alemán para la región de Europa ([Ejsing, Grothe & Grothe, 2015](#)), y los bonos gubernamentales de **Japón** como tasa libre de riesgo para la región de Asia - Pacífico ([Damodaran, 2008](#)). En un análisis de carteras internacionales por zona geográfica, es razonable seguir esta práctica estándar, respaldada por la literatura, de usar los rendimientos de dichos bonos de EE. UU., Alemania y Japón como referencias de la tasa libre de riesgo ([Damodaran, 2008](#); [Ejsing et al., 2015](#)).

*Tabla 2: Tasa promedio anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Estados Unidos. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.*

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo promedio de Estados Unidos</b>
2021	1.45%
2022	2.95%
2023	3.96%
2024	4.21%
Promedio	3.14%

Tabla 3: Tasa promedio anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Alemania. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo promedio de Alemania</b>
2021	0.31%
2022	1.21%
2023	2.46%
2024	2.35%
Promedio	1.58%

Tabla 4: Tasa promedio anual (2021-2024) del Bono a 10 años de Japón. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo promedio de Japón</b>
2021	0.06%
2022	0.23%
2023	0.56%
2024	0.89%
Promedio	0.43%

Para la construcción de las carteras para cada año y sector, debido a que cada sector tiene compañías de distintos región (como se puede observar en la Ilustración 1) y ya que se quiere lograr un análisis lo más limpio posible, se va a calcular la tasa ponderada anual de libre de riesgo para cada sector y año en función de las regiones a las que pertenecen las compañías.

Por ejemplo: para la tasa libre de riesgo del sector Materiales químicos y plásticos del año 2021:

- Ya que el sector materiales químicos y plásticos está compuesto de 26 compañías distribuidas de la siguiente manera:
  - 12 de América
  - 9 de Europa
  - 5 de Asia – Pacífico
- Observando las tasas libres de riesgo de cada región para el año 2021:
  - 1.45% de América
  - 0.31% de Europa
  - 0.06% de Asia – Pacífico
- La tasa libre de riesgo utilizada para el sector materiales químicos y plásticos se ha calculado de la siguiente manera:

$$\frac{12}{26} * 0.0145 + \frac{9}{26} * 0.0031 + \frac{5}{26} * 0.0006 = 0.0079 = 0.79\%$$

Habiendo calculado todas las tasas libres de riesgo para cada sector y año quedarían de la siguiente manera:

*Tabla 5: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Infraestructura y Cadena de Valor. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.*

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo de Infraestructura y cadena de valor</b>
2021	0.92%
2022	2.07%
2023	3.07%
2024	3.22%

*Tabla 6: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Materiales químicos y plásticos. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.*

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo de Materiales químicos y plásticos</b>
2021	0.79%
2022	1.82%
2023	2.79%
2024	2.93%

*Tabla 7: Tasa ponderada anual (2021-2024) por región de la tasa libre de riesgo para el sector de Producción alimentaria. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Facset.*

<b>Año</b>	<b>Tasa libre de riesgo de Producción alimentaria</b>
2021	1.01%
2022	2.19%
2023	3.15%
2024	3.34%

## 7.- Programación en Python

Tanto para la unión de las series de precios, como para el tratamiento y finalmente la construcción de los portafolios se ha utilizado el lenguaje de programación Python.

Python fue desarrollado por Guido van Rossum a finales de los años ochenta en el *Centrum Wiskunde & Informatica* (CWI) de los Países Bajos con el objetivo de combinar una sintaxis clara y legible con una amplia aplicabilidad ([Díaz-Ricardo & Becerra-García, 2014](#)).

Desde su lanzamiento en 1991, se consolidó como un lenguaje multiparadigma, permitiendo programación orientada a objetos, funcional y procedural, y su comunidad activa ha impulsado la creación de numerosas bibliotecas y herramientas ([García Monsálvez, 2017](#)).

Esta sencillez sintáctica y la abundancia de recursos han impulsado su adopción en la enseñanza de la programación, donde a modo de primer lenguaje facilita la comprensión de conceptos informáticos básicos ([García Monsálvez, 2017](#)).

En el ámbito de las finanzas cuantitativas, el alto nivel de abstracción de Python junto con librerías especializadas como NumPy para operaciones numéricas y Pandas para manipulación de datos simplifican la implementación de algoritmos complejos y reducen significativamente los tiempos de desarrollo ([Oliphant et al., 2007](#); [McKinney, 2010](#)). Por ello, para la unión de series de precios, el tratamiento de datos y la construcción de se ha utilizado Python, para aprovechar la eficiencia que aportan estas bibliotecas en la optimización y gestión de carteras.

En Python se han cargado los datos obtenidos de los activos provenientes de Facset. Se han separado en los 4 periodos y subsectores analizados y para cada uno de los bloques de datos se ha obtenido los portfolios optimizados.

En el ejemplo del código de Python, localizado en el anexo, se calcula el portfolio optimizado para todo el conjunto de datos, con una tasa libre de riesgo de 3.14%.

Las fórmulas empleadas, son las previamente descritas en la metodología y el marco teórico: cálculo de los retornos anualizados de los activos, volatilidad anualizada de los activos, matriz de covarianza, rentabilidad esperada de la cartera, volatilidad esperada de la cartera y el ratio de Sharpe.

Se han aplicado las restricciones a los portfolios mencionadas en el marco teóricos: la suma de los pesos de los activos debe ser 1 y no se permiten pesos negativos.

El código optimiza la selección de la cartera comenzando con una asignación inicial de pesos iguales para todos los activos. A partir de ahí, aplica un proceso de minimización sobre el inverso del ratio de Sharpe (es decir, sobre su valor negativo), ya que el objetivo es maximizar dicho ratio, pero el algoritmo de optimización trabaja minimizando funciones.

## 8.- Análisis y resultados

En este apartado se va a realizar un análisis sub sectorial del periodo de los años 2021-2024. Primero se van a presentar los resultados de las carteras óptimas (Retorno esperado anual, volatilidad anual, tasa libre de riesgo y Sharpe Ratio), se realizará una investigación de la evolución por sectores, se hará un análisis en profundidad de la composición de las carteras óptimas y por último se hará una reflexión de la inversión pública y privada en el sector de alimentación sostenible.

### 8.1.- Evolución de los sectores de alimentación sostenible por año

A continuación, se muestran los valores obtenidos de los portafolios con el máximo ratio de Sharpe, con los valores de rentabilidad y volatilidad para el periodo de tiempo analizado (2021 – 2024).

Tabla 8: Resultados de rentabilidad anualizada y volatilidad anualizada de los portafolios con mayor ratio de Sharpe para cada región, y año. Fuente: elaboración propia a partir de los portafolios generados, utilizando como tasa libre de riesgo la previamente comentada.

	2021			2022			2023			2024		
	E(R)	$\sigma$	Rf	E(R)	$\sigma$	Rf	E(R)	$\sigma$	Rf	E(R)	$\sigma$	Rf
<b>Infraestructura y cadena de valor</b>	124.42%	18.97%	0.92%	35.98%	20.35%	2.07%	72.29%	17.31%	3.07%	121.74%	20.11%	3.22%
<b>Materiales químicos y plásticos</b>	56.07%	12.92%	0.79%	31.25%	24.84%	1.82%	32.58%	11.44%	2.79%	26.70%	12.91%	2.93%
<b>Producción y alimentación</b>	58.66%	12.88%	1.01%	45.62%	19.97%	2.19%	49.44%	13.08%	3.15%	73.42%	13.73%	3.34%

Tabla 9: Ratio de Sharpe de los portafolios generados para cada región, y año. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

	2021	2022	2023	2024
<b>Infraestructura y cadena de valor</b>	6.51	1.67	4.00	5.89
<b>Materiales químicos y plásticos</b>	4.28	1.18	2.60	1.84
<b>Producción y alimentación</b>	4.48	2.17	3.54	5.10

La evolución del ratio de Sharpe entre 2021 y 2024 revela patrones diferentes entre los sectores analizados. El sector de Infraestructura y Cadena de Valor presenta el mejor rendimiento frente al riesgo del análisis, especialmente en 2021 (Sharpe = 6.51), gracias a una rentabilidad excepcional (124,42 %) y una volatilidad moderada (18,97 %) en un entorno de baja tasa libre de riesgo (0,92 %). A pesar del descenso en 2022, el ratio vuelve a subir con fuerza en 2023 y 2024, acompañando una recuperación del retorno esperado y un control del riesgo. En cambio, el sector de Materiales Químicos y Plásticos muestra una evolución más inestable: tras un buen inicio en 2021, el Sharpe cae bruscamente en 2022, como resultado de una combinación de menor rentabilidad (31,25 %), mayor volatilidad (24,84 %) y una tasa libre de riesgo más elevada. Aunque se recupera parcialmente en 2023, vuelve a retroceder en 2024, lo que refleja su mayor exposición a factores externos. Finalmente, el sector de Producción y Alimentación sigue una trayectoria ascendente, impulsada por un crecimiento sostenido de la rentabilidad (de 58,66 % en 2021 a 73,42 % en 2024) y una volatilidad relativamente estable, lo que le permite alcanzar un Sharpe de 5.10 en el último año del periodo analizado. Estas diferencias adelantan dinámicas sectoriales que serán examinadas en detalle en los apartados siguientes.

### **Infraestructura y Cadena de Valor Alimentaria (2021–2024)**

Entre 2021 y 2024, el sector de infraestructura y cadena de valor alimentaria atravesó una transformación profunda motivada por las disrupciones generadas por la pandemia de COVID-19. Estas afectaron desde la producción hasta la distribución de alimentos, exponiendo la fragilidad de las cadenas globales y empujando al sector hacia una mayor resiliencia y digitalización ([Su et al., 2024](#)).

Durante 2021, las empresas que operaban en logística y distribución alimentaria implementaron rápidamente soluciones basadas en tecnologías de la Industria 4.0 como sensores IoT, inteligencia artificial y automatización. Estas permitieron rastreo en tiempo real, coordinación remota de operaciones y mejor respuesta ante la demanda cambiante ([Hassoun et al., 2023](#)). A su vez, el crecimiento explosivo del comercio electrónico (particularmente en el canal alimentario) elevó el volumen de pedidos online en un 55%, consolidando modelos multi canal como norma en la distribución de alimentos ([Aday & Aday, 2020](#)). Este contexto explica la extraordinaria rentabilidad del sector en ese año

(124,42%) y su altísimo ratio de Sharpe (6,51), señalando rentabilidades elevadas con riesgos controlados gracias a la rápida adaptación tecnológica y la captura de nueva demanda.

Sin embargo, en 2022 el sector enfrentó un entorno más adverso. La guerra en Ucrania, el encarecimiento de fertilizantes y los problemas logísticos internacionales generaron cuellos de botella y aumentos de costes, afectando los márgenes operativos ([Ilinova et al., 2021](#)). Las empresas tuvieron que recurrir a nuevas estrategias de mitigación de riesgo, como diversificación geográfica y fortalecimiento de relaciones con proveedores locales ([Su et al., 2024](#)). Aun así, el rendimiento cayó a 35,98% y el ratio de Sharpe descendió a 1,67, reflejo de una rentabilidad moderada en un entorno altamente volátil ( $\sigma = 20,35\%$ ).

La recuperación comenzó a consolidarse en 2023, a medida que las cadenas logísticas se adaptaban estructuralmente: muchas empresas acortaron sus cadenas de suministro y fortalecieron alianzas estratégicas, mientras gobiernos invertían en infraestructuras críticas para facilitar el flujo comercial ([Duong et al., 2024](#)). Las inversiones realizadas en años anteriores comenzaron a dar frutos: las plataformas digitales maduras ofrecieron eficiencia, trazabilidad y respuesta ágil ante nuevas demandas, reflejándose en una rentabilidad en torno del 72,29% y un Sharpe de 4,00 en ese año. Para 2024, con la estabilización del comercio global y la consolidación de sistemas logísticos híbridos, la rentabilidad volvió a superar el 121%, con un ratio de Sharpe que alcanzó 5,89.

Un caso paradigmático de esta resiliencia fueron las cadenas de suministro cortas. Según un estudio de [Ušča y Tisenkopfs \(2023\)](#), las redes alimentarias locales y directas (como la estudiada en Letonia) no solo se adaptaron mejor a las restricciones pandémicas, sino que incluso aumentaron sus ventas gracias a una reconfiguración rápida de la logística, el uso intensivo de tecnologías digitales y una comunicación directa con el consumidor. Estos modelos, por su agilidad y flexibilidad, mostraron una capacidad de recuperación superior, y se han consolidado como complemento estratégico a las cadenas globales.

Así, la evolución del sector entre 2021 y 2024 puede describirse como una curva en forma de “U”: de un auge inicial impulsado por la digitalización y la explosión del *e-commerce*, a un descenso temporal ante nuevas disrupciones, seguido de una recuperación basada en la capacidad de adaptación estructural y tecnológica. Esta trayectoria está sólidamente respaldada por los indicadores financieros de los portafolios y por la literatura académica reciente, que confirma que la resiliencia logística, la sostenibilidad y la digitalización han

sido los pilares clave para sostener el crecimiento del sector en el contexto postpandemia ([Duong et al., 2024](#); [Su et al., 2024](#); [Hassoun et al., 2023](#)).

### **Materiales Químicos y Plásticos (2021–2024)**

El segmento de materiales químicos y empaques alimentarios atravesó una evolución compleja en el periodo post-COVID, marcada por tensiones entre demandas sanitarias urgentes y objetivos de sostenibilidad a largo plazo. En los primeros momentos de la pandemia, los temores en torno a la inocuidad alimentaria impulsaron un notable incremento en el uso de plásticos de un solo uso, especialmente en envases y embalajes. [Kitz et al. \(2021\)](#) destacan que más del 55% de los consumidores canadienses reportaron una preocupación creciente por la seguridad alimentaria, lo que llevó a un mayor uso de envases descartables y a una relajación temporal de las políticas regulatorias sobre su restricción.

Este contexto generó un entorno favorable para las empresas de *packaging*, que lograron mantener altos volúmenes de ventas. La evidencia sugiere que, aunque existía una presión latente hacia la sostenibilidad, esta quedó temporalmente en pausa, permitiendo que los fabricantes tradicionales de plásticos incrementaran su rentabilidad en el corto plazo ([Kitz et al., 2021](#)). Estos factores podrían haber contribuido al sólido desempeño financiero del sector en 2021, con una rentabilidad del 56,07% y un Sharpe de 4,28 según el análisis de portafolio construido, reflejo de rentabilidades elevadas con riesgo controlado.

Sin embargo, en 2022 el panorama cambió drásticamente. La recuperación postpandemia, unida a la guerra en Ucrania y al alza global de los precios energéticos, encareció significativamente las materias primas necesarias para la producción química, como los fertilizantes, el petróleo y sus derivados. Aunque [Ilinova et al. \(2021\)](#) señalan que muchas empresas del sector supieron resistir la presión mediante ventajas competitivas y control de costes, también reconocen que el incremento en los insumos generó desafíos importantes. En paralelo, la demanda empezó a estabilizarse y surgieron nuevamente presiones sociales y regulatorias para restringir el uso de plásticos tradicionales ([Silva et al., 2020](#)). Como resultado, la rentabilidad ajustada por riesgo se vio afectada: la volatilidad aumentó hasta un 24,84% y el ratio de Sharpe cayó a 1,18, a pesar de que la rentabilidad esperada fue del 31,25%.

Desde 2023, el sector ha acelerado su giro hacia la sostenibilidad: se reforzaron las políticas para reducir residuos plásticos y los consumidores mostraron mayor conciencia ambiental. Empresas destacadas empezaron a invertir en materiales biodegradables como poliláctico (PLA), polihidroxialcanoatos (PHA) y films de almidón ([Cheng et al., 2024](#)) y adoptaron estrategias de economía circular para reducir, reciclar y rediseñar sus empaques desde el origen ([Duong et al., 2024](#)).

La transición hacia la sostenibilidad generó costes elevados en I+D y ajustes productivos, lo que se ha reflejado en los resultados de la cartera de 2023 y 2024 en una rentabilidad más moderada: 32,58 % con Sharpe 2,60 en 2023, y 26,70 % con Sharpe 1,84 en 2024, a pesar de una volatilidad menor. Pese a la caída en rendimiento, el sector avanzó hacia un modelo más resiliente y ecológico.

En conjunto, el sector de materiales químicos y plásticos vivió una fase inicial de resistencia y aprovechamiento de la coyuntura sanitaria, seguida de un periodo de ajuste y transformación hacia modelos sostenibles. Las mejoras han sido notables, aunque no exentas de costes. A diferencia de otros segmentos del ecosistema alimentario, los resultados financieros no lograron alcanzar los niveles de rentabilidad ajustada por riesgo observados en infraestructura o producción, en parte debido a las presiones regulatorias, la necesidad de innovación tecnológica y la creciente exigencia del consumidor.

### **Producción y alimentación (2021–2024)**

El subsector de producción y transformación alimentaria (que engloba agricultura, producción de alimentos e insumos) emergió de la pandemia con lecciones que hoy redefinen su trayectoria. Durante los primeros confinamientos, los brotes del COVID-19 en plantas de procesado provocaron cuellos de botella y reducciones sustanciales en la capacidad productiva, un ejemplo de la vulnerabilidad que los análisis de resiliencia asocian a la alta concentración de nodos críticos dentro del sistema alimentario ([KC et al., 2024](#)). La fragilidad evidenciada impulsó una adopción acelerada de automatización y digitalización: entre 2021 y 2022 se intensificaron las inversiones en inteligencia artificial, robótica colaborativa y sensores IoT que monitorizan parámetros en tiempo real, tecnologías situadas en el núcleo del “*smart farming*” postpandemia ([Gamage et al., 2024](#)). Esta integración permitió sostener la producción con plantillas reducidas y responder con mayor flexibilidad a la demanda cambiante.

Los efectos financieros reflejan la curva de aprendizaje tecnológica y el respaldo público inicial. En 2021 el sector alcanzó una rentabilidad del 58,66 % y un Sharpe de 4,48, favorecido por programas de compra pública y créditos fiscales que amortiguaron la volatilidad de costes. Los estudios de demanda de alimentos señalan que, al tratarse de un bien básico, su elasticidad es baja y la recuperación puede ser rápida si la logística doméstica se recompone ([Hiywotu, 2025](#)). Paralelamente, el cierre de la restauración desplazó el consumo hacia el hogar: las empresas reajustaron envases, distribución y modelos de venta directa.

En 2022 la escalada de los precios internacionales de fertilizantes y granos comprimió los márgenes y redujo el Sharpe a 2,17, pese a una rentabilidad aún elevada (45,62 %). La bajada del ratio de Sharpe puede deberse a que investigaciones recientes advierten de que un modelo dependiente de insumos químicos y energía barata resulta ambiental y financieramente frágil a medio plazo ([Cheng et al., 2025](#)).

Los ejercicios posteriores reflejan una inflexión estratégica. Primero, la diversificación de proveedores mitigó la exposición a shocks geopolíticos; segundo, se extendieron prácticas agrícolas climáticamente inteligentes (rotaciones diversificadas, riego de precisión, biofertilizantes) identificadas como pilares de la agroecología a gran escala ([Terán-Samaniego et al., 2025](#)). Con el apoyo de sistemas de *forecasting* basados en aprendizaje automático, la rentabilidad subió al 49,44 % en 2023 y al 73,42 % en 2024, con Sharpe de 3,54 y 5,10. El auge de proteínas alternativas, productos funcionales y líneas orgánicas (segmentos menos volátiles y de mayor margen) contribuyó igualmente.

La adopción de la digitalización en la alimentación sostenible ha sido desigual: las grandes corporaciones, con más recursos y mejor acceso a datos, han captado antes sus ventajas, mientras que los pequeños y medianos productores siguen limitados por barreras tecnológicas y de financiamiento ([Terán Samaniego et al., 2025](#); [Gamage et al., 2024](#)). Sin intervenciones de capacitación, infraestructura y financiación blanda, la modernización corre el riesgo de ampliar las brechas rurales y debilitar la resiliencia sistémica ([KC et al., 2024](#)).

De cara al futuro, la viabilidad financiera y ambiental del sector dependerá de tres frentes: abaratar el acceso a tecnologías de precisión y fortalecer la gobernanza de datos ([Gamage et al., 2024](#)); promover esquemas agroecológicos y agroforestales que mejoren la salud

del suelo y diversifiquen ingresos ([Hiywotu, 2025](#)); y diseñar incentivos que internalicen los costes ambientales de los fertilizantes sintéticos y recompensen la eficiencia de recursos, evitando una dependencia excesiva de insumos ([Cheng et al., 2025](#)). Así, aunque los índices de Sharpe y rentabilidad en 2023 y 2024 reflejen una convergencia positiva de innovación tecnológica, reorganización logística y mayor conciencia del consumidor, el avance real hacia un sistema más automatizado, resiliente y sostenible requerirá políticas que integren a los actores de menor escala.

## 8.2.- Análisis de los Portfolios por año y sector

A continuación, se presenta la composición de los portfolios para cada sector y año, así como un análisis de la evolución, incluyendo la geográfica.

### Infraestructura y cadena de valor

*Tabla 10: Composición de los portfolios de Infraestructura y cadena de valor con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.*

2021					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
NOVONORDISK AS B	NOVO.B	Europa	24.1%	62.4%	25.0%
SealedAirCorp	SEE	América	17.4%	54.7%	24.6%
SIG COMBIBLOC GROUP AG	SIG	Europa	16.2%	279.3%	60.9%
UNITED NATURAL FOODS INC	UNFI	América	14.6%	256.3%	64.4%
EurofinsScientific	ERF	Europa	11.8%	44.9%	29.7%
GEAAG	G1A	Europa	11.3%	52.1%	21.6%
BILLERUD AB	BILL	Europa	4.7%	132.0%	72.6%
Total			100.0%		

2022					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
VALMONT INDUSTRIES	VMI	América	35.0%	38.7%	30.0%
NOVONORDISK AS B	NOVO.B	Europa	24.0%	31.7%	33.5%
EUGLENA CO LTD	2931	Asia - Pacífico	20.0%	31.3%	40.8%
O-I GLASS INC	OI	América	11.9%	52.5%	47.2%
SPROUTS FARMERS MARKET INC	SFM	América	3.3%	22.3%	47.4%
Deere&Co	DE	América	3.3%	30.6%	35.2%
MICROBIO CO LTD	4576	Asia - Pacífico	2.4%	21.8%	49.5%
Total			100.0%		

2023					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
NOVONORDISK AS B	NOVO.B	Europa	29.2%	60.8%	30.4%
SPROUTS FARMERS MARKET INC	SFM	América	20.0%	63.6%	30.2%
CASCADES INC	CAS	América	18.8%	60.7%	30.0%
NATURAL GROCERS BY VITAMIN COTTAGE INC	NGVC	América	8.9%	97.7%	46.9%
SoteraHealthCompany	SHC	América	6.8%	195.0%	106.4%
NeogenCorp	NEOG	América	5.4%	42.8%	39.2%
ALFA LAVAL AB	ALFA	Europa	5.2%	43.8%	30.3%
SIG COMBIBLOC GROUP AG	SIG	Europa	4.6%	80.2%	45.2%
KubotaCorp	6326	Asia - Pacífico	1.1%	15.5%	24.8%
Total			100.0%		

2024					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
SPROUTS FARMERS MARKET INC	SFM	América	46.0%	174.2%	33.2%
GEAAG	G1A	Europa	17.9%	24.2%	19.3%
DS SMITH PLC	SMDS	Europa	15.6%	85.7%	35.0%
NATURAL GROCERS BY VITAMIN COTTAGE INC	NGVC	América	9.5%	175.3%	50.5%
BRAMBLES LTD	BXB	Asia - Pacífico	5.0%	32.5%	24.2%
MICROBIO CO LTD	4576	Asia - Pacífico	3.5%	90.2%	94.1%
UNITED NATURAL FOODS INC	UNFI	América	2.5%	98.3%	62.0%
Total			100.0%		

A lo largo del periodo 2021–2024, la composición de los portafolios óptimos del sector Infraestructura y Cadena de Valor ha mostrado una evolución significativa tanto en términos geográficos como de concentración empresarial. En 2021, el portafolio presentaba una clara dominancia europea, con el 73,5 % del peso total concentrado en compañías como *NOVO NORDISK*, *SIG*, *EUROFINS* o *BILLERUD*, mientras que América representaba un 26,5 %, y Asia-Pacífico no tenía presencia. Este reparto respondía a altos retornos esperados en firmas europeas con elevada volatilidad, como *BILLERUD* (132 % de rentabilidad y 72,6 % de volatilidad).

En 2022, se observa una desconcentración geográfica: América pasa a representar 53,3 % del peso frente al 24 % europeo, y Asia-Pacífico se incorpora con un 22,7 %. Este cambio

refleja un ajuste en la composición hacia regiones con mejor balance entre rentabilidad y riesgo. Por ejemplo, *VALMONT INDUSTRIES* (38,7 % de rentabilidad) y *EUGLENA CO LTD* aportan diversificación desde mercados menos representados en 2021.

En 2023, el porfolio vuelve a inclinarse ligeramente hacia Europa (34,6 %) con el mantenimiento de *NOVO NORDISK*, mientras que América conserva un peso relevante (64,3 %), con empresas como *SPROUTS FARMERS MARKET*, *CASCADES* o *NATURAL GROCERS*. Asia-Pacífico queda casi residual (1,1 %), reflejando una posible caída de rendimiento en esa región. Se percibe una mayor diversificación dentro del bloque americano, aunque con pesos menores por empresa.

Finalmente, en 2024, América alcanza su mayor peso (68,5 %), con empresas como *SPROUTS FARMERS MARKET* liderando la cartera con un 46 % de participación y un rendimiento estimado del 174,2 %. Europa se mantiene con un 34,6 %, mientras que Asia-Pacífico vuelve a entrar con un 8,5 %, gracias a la presencia de *MICROBIO CO LTD* y *BRAMBLES LTD*. Este año destaca por una clara concentración en una sola empresa americana, lo que podría interpretarse como una apuesta fuerte del modelo por un activo de alto Sharpe.

En resumen, se observa una transición desde una cartera fuertemente europea en 2021 hacia una progresiva dominancia del mercado americano a partir de 2022. Este cambio se explica por la combinación de retornos más atractivos y menor volatilidad en empresas estadounidenses del sector, así como por una mayor estabilidad regulatoria o crecimiento post-COVID. Al mismo tiempo, la presencia asiática ha sido marginal e intermitente, indicando una escasa competitividad en términos de Sharpe, aunque es cierto que es la región menos representada (12%).

## Materiales químicos y plásticos

Tabla 11: Composición de los portafolios de Materiales químicos y plásticos con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

2021					
Empresa	Ticker		% Composición	E(R)	$\sigma$
CrodaIntl	CRDA	Europa	38.9%	55.3%	20.2%
CFIndustriesHoldings	CF	América	16.2%	97.0%	37.0%
BALCHEM CORP	BCPC	América	15.8%	50.7%	24.3%
TAIWAN FERTILIZER CO LTD	1722	Asia - Pacífico	15.4%	34.9%	24.0%
IntlFlavors&Fragrances	IFF	América	5.0%	49.5%	29.1%
INCITEC PIVOT LTD	IPL	Asia - Pacífico	4.3%	41.8%	32.9%
FUSO CHEMICAL CO LTD	4368	Asia - Pacífico	3.6%	29.1%	31.0%
T HASEGAWA CO LTD	4958	Asia - Pacífico	0.8%	20.0%	28.0%
Total			100.0%		

2022					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
CortevalInc.	CTVA	América	61.5%	30.7%	28.3%
NufarmLimited	NUF	Asia - Pacífico	26.8%	30.2%	45.0%
CFIndustriesHoldings	CF	América	11.7%	36.6%	49.4%
Total			100.0%		

2023					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
TAIWAN FERTILIZER CO LTD	1722	Asia - Pacífico	33.1%	30.6%	17.3%
EcolabInc	ECL	América	28.3%	38.1%	20.7%
GIVAUDAN SA	GIVN	Europa	19.1%	38.6%	22.3%
FUSO CHEMICAL CO LTD	4368	Asia - Pacífico	6.7%	21.8%	29.3%
NOVONESIS AS CLASS B	NOVN	Europa	6.4%	18.5%	18.7%
AAK AB	AAK	Europa	3.6%	35.1%	26.6%
IngredionInc	INGR	América	2.7%	13.8%	19.8%
Total			100.0%		

2024						
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$	
AAK AB	AAK	Europa	36.2%	32.8%	22.8%	
EcolabInc	ECL	América	26.9%	20.4%	19.0%	
IngredionInc	INGR	América	23.2%	28.8%	23.3%	
KERRY GROUP PLC-A	KYGA	Europa	7.5%	20.5%	40.3%	
CortevaInc.	CTVA	América	4.3%	22.5%	29.9%	
CFIndustriesHoldings	CF	América	2.0%	8.3%	26.7%	
Total			100.0%			

Durante el periodo 2021–2024, el porfolio del sector de Materiales Químicos y Plásticos ha mostrado un comportamiento variable tanto en su estructura geográfica como en la concentración de activos. En 2021, el porfolio parte de una configuración bastante diversificada, con un total de siete compañías procedentes de Europa (38,9 %), América (35,1 %) y Asia-Pacífico (26 %). Destaca la fuerte presencia europea gracias a Croda Intl. (Con una rentabilidad de 55,3 %), que lidera en peso, y la entrada de múltiples empresas asiáticas con participaciones pequeñas, pero rentabilidades elevadas (por ejemplo, Taiwan Fertilizer con una rentabilidad de 34,5 %). Esta diversidad parece responder a un contexto de alta rentabilidad sectorial en mercados emergentes tras el impacto del COVID.

Sin embargo, en 2022 se produce un giro importante hacia la concentración regional, donde América domina el 73 % del porfolio, impulsado por Corteva Inc., que asume un rol central con un 61,5 % de peso y una rentabilidad del 50,7 %. Europa desaparece completamente este año y Asia-Pacífico queda representada por *Nufarm* (26,8 %). Esta transición puede interpretarse como una apuesta por empresas americanas con un perfil de riesgo-retorno más competitivo en un contexto de creciente incertidumbre macroeconómica.

En 2023, el porfolio vuelve a presentar un mayor equilibrio regional. Asia-Pacífico recupera protagonismo (33,1 %), con Taiwan Fertilizer nuevamente como pieza clave. América representa el 34,3 % del peso total con nombres como *Ecolab* e *Ingredion*, mientras que Europa reaparece con fuerza a través de *Givaudan* y *AAK*, lo que sugiere una recuperación del atractivo de firmas europeas tras un año de baja representación. Se percibe un enfoque diversificado orientado a reducir volatilidad sin sacrificar rentabilidad.

En 2024, el portafolio mantiene ese enfoque equilibrado. Europa lidera en peso (36,2 %) gracias a *AAK*, mientras que América conserva una cuota importante (58,4 %) con empresas como *Ecolab*, *Ingredion* y *Corteva*, aunque con pesos más distribuidos. Asia-Pacífico desaparece, posiblemente por un descenso relativo en el rendimiento ajustado al riesgo de las compañías en esta región. El portafolio de este año muestra una mayor dispersión en las participaciones, con menos concentración extrema y una composición más estable.

El sector de materiales químicos ha mostrado un comportamiento más volátil en términos de geografía y composición, alternando entre fases de fuerte concentración (como en 2022) y otras de mayor diversificación (como en 2021 y 2023).

## Producción y alimentación

Tabla 12: Composición de los portafolios de Producción y alimentación con mayor ratio de Sharpe por año (2021-2024), con la rentabilidad y volatilidad esperada anual. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos.

2021					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
LIEN HWA INDUSTRIAL CORP	1229	Asia - Pacífico	34.7%	69.9%	23.0%
GRAINCORP LTD	GNC	Asia - Pacífico	24.7%	90.7%	30.4%
Archer-Daniels-MidlandCo	ADM	América	17.2%	38.7%	20.9%
FLOWERS FOODS INC	FLO	América	12.0%	21.8%	17.4%
EMMI AG	EMMN	Europa	6.4%	15.4%	16.9%
SENECA FOODS CORP - CL A	SENEA	América	3.1%	34.5%	40.6%
WestRockCo	WRK	América	1.9%	36.2%	47.2%
Total			100.0%		

2022					
Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
LAMB WESTON HOLDINGS INC	LW	América	29.9%	46.4%	29.6%
CAL-MAINE FOODS INC	CALM	América	26.7%	55.2%	36.9%
Archer-Daniels-MidlandCo	ADM	América	24.8%	43.9%	31.1%
SENECA FOODS CORP - CL A	SENEA	América	11.6%	37.2%	39.3%
ORIGIN ENTERPRISES PLC	OGN	Europa	7.0%	25.7%	42.2%
Total			100.0%		

## 2023

Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
LIEN HWA INDUSTRIAL CORP	1229	Asia - Pacífico	44.2%	48.2%	18.4%
LIMONEIRA CO	LMNR	América	19.5%	77.0%	35.9%
EMMI AG	EMMN	Europa	13.8%	29.8%	18.8%
SalmarASA	SALM	América	10.3%	56.3%	35.9%
LAMB WESTON HOLDINGS INC	LW	América	7.1%	28.2%	25.4%
Danone	BN	Europa	4.9%	23.9%	16.0%
VITAL FARMS INC	VITL	América	0.3%	16.9%	50.1%
Total			100.0%		

## 2024

Empresa	Ticker	Región	% Composición	E(R)	$\sigma$
CAL-MAINE FOODS INC	CALM	América	26.3%	88.0%	25.6%
KelloggCo	K	América	17.3%	44.6%	25.1%
VITAL FARMS INC	VITL	América	13.5%	180.1%	52.7%
WestRockCo	WRK	América	10.6%	54.3%	36.4%
AustevollSeafoodASA	AUSS	Europa	8.5%	24.3%	25.5%
CHINA FEIHE LTD	6186	Asia - Pacífico	7.7%	44.7%	42.1%
SENECA FOODS CORP - CL A	SENEA	América	6.1%	55.8%	29.3%
ARIAKE JAPAN CO LTD	2815	Asia - Pacífico	4.5%	18.3%	31.8%
SUNOPTA INC	STKL	América	4.4%	56.3%	49.2%
FRESH DEL MONTE PRODUCE INC	FDP	América	1.2%	24.4%	25.8%
Total			100.0%		

El sector de Producción y Alimentación muestra a lo largo del periodo una tendencia clara hacia la concentración en empresas americanas con perfiles sólidos de rentabilidad y riesgo. En 2021, el porfolio tiene una presencia destacada de Asia-Pacífico (59,4 % del peso total, con empresas como *Lien Hwa* y *Graincorp*) y un 34,6 % distribuido en América, mientras que Europa queda con una participación marginal (6,0 %). Sin embargo, la rentabilidad en empresas asiáticas, aunque alta, viene acompañada de volatilidades significativas.

En 2022, se observa un cambio drástico: América pasa a dominar el porfolio con un 92,3 % del peso, con compañías como *Lamb Weston*, *Cal-Maine Foods* y *ADM* a la cabeza. Este viraje responde a un mejor rendimiento ajustado al riesgo en empresas estadounidenses, con retornos consistentes y volatilidades moderadas, en contraste con la menor competitividad relativa de las compañías asiáticas. Europa permanece marginal

(7 %), y Asia-Pacífico desaparece completamente. La composición sugiere un enfoque más conservador, buscando estabilidad en un entorno económico más incierto.

Durante 2023, se recupera cierta diversidad. Asia-Pacífico vuelve a ser relevante (44,2 % del portafolio gracias a *Lien Hwa*), mientras América desciende ligeramente al 51 %, aunque sigue incluyendo una variedad de firmas relevantes como *LIMONEIRA*, *SALMAR* y *Vital Farms*. Europa continúa con un peso muy reducido. Esta distribución más equilibrada parece responder a un contexto de estabilización post inflacionaria, donde los perfiles de riesgo en Asia vuelven a mejorar.

En 2024, el portafolio se recompone nuevamente de la región de América, que alcanza el 80,3 % del peso total, liderada por *Cal-Maine Foods*, *Kellogg's* y *Vital Farms*, todas con altos retornos esperados y volatilidades razonables. Asia-Pacífico mantiene una participación del 11,6 % con nombres como *China Feihe* o *Ariake Japan*, mientras que Europa se mantiene estable con un 8,1 %. Esta configuración sugiere una reafirmación de la solidez del mercado americano en el ámbito agroalimentario sostenible, destacando empresas que combinan innovación, escalabilidad y criterios ESG bien posicionados.

En resumen, la evolución del portafolio demuestra una preferencia progresiva por empresas norteamericanas, reforzada por su rendimiento sostenido y mejor relación rentabilidad-riesgo. Aunque Asia-Pacífico ha tenido picos de protagonismo, su peso es menos consistente a lo largo del periodo, y Europa permanece claramente subrepresentada. Esta dinámica refleja tanto las oportunidades reales en el mercado como los límites de ciertas regiones para atraer inversión sostenible privada sin acompañamiento institucional.

### *8.3.- Reflexión de la inversión privada y pública en el sector de la Alimentación Sostenible*

Al emplearse el modelo de Markowitz junto con el criterio de mejor ratio de Sharpe para construir carteras basadas solo en rentabilidad histórica y volatilidad. De las 95 empresas analizadas entre 2021 y 2024, solo 37 se eligieron en alguno de los portafolios óptimos, lo que significa que 58 quedaron fuera si se sigue estrictamente este criterio. Muchas de las firmas excluidas son esenciales para avanzar hacia el ODS 2 y 12, pero no ofrecen rentabilidad o niveles de riesgo atractivos para inversores tradicionales. Esto muestra que, sin apoyo público, el mercado deja fuera a actores clave para garantizar la seguridad

alimentaria, reducir desigualdades y fomentar la sostenibilidad. Por ello, el Estado debe intervenir con políticas fiscales, subvenciones o garantías para financiar a esas empresas necesarias, pero no rentables en el corto plazo, alineando así la asignación de recursos con el interés colectivo y los compromisos de desarrollo sostenible.

## **9.- Conclusión**

Este trabajo ha permitido examinar en profundidad cómo las herramientas de gestión de carteras, específicamente el modelo de Markowitz y el ratio de Sharpe, pueden aplicarse para evaluar la viabilidad financiera de invertir en empresas relacionadas con la alimentación sostenible. A través del análisis de tres sectores clave (Infraestructura y Cadena de Valor, Materiales Químicos y Plásticos, y Producción y Alimentación) durante el periodo 2021–2024, se ha obtenido una perspectiva integral del comportamiento riesgo-rentabilidad de estas compañías en el mercado. Este trabajo ha permitido responder a la pregunta de investigación: ¿en qué medida las inversiones sostenibles en el sector alimentario son económicamente atractivas?

Aunque los tres segmentos han mostrado resiliencia y cierta adopción tecnológica, la clave de sus diferencias radica en su naturaleza y en los retos específicos que enfrentan. Infraestructura y producción, al ser funciones esenciales para garantizar el suministro y distribución de alimentos, pudieron invertir antes en herramientas de inteligencia artificial, automatización y análisis avanzado, lo que les brindó mayor estabilidad en sus flujos de caja y atrajo capital que, a su vez, impulsó mejoras operativas y acortó las cadenas de suministro. Eso se tradujo en ganancias elevadas y ratios de rentabilidad ajustada al riesgo muy superiores. En cambio, el sector de materiales depende más de los ciclos industriales y está sujeto a una regulación ambiental cada vez más estricta, lo que encarece la transformación tecnológica y obliga a desembolsos mayores en I+D y procesos de economía circular cuyos beneficios tardan más en reflejarse. La crisis de 2022 afectó a todos por la inflación, las tensiones geopolíticas y los problemas logísticos, pero mientras infraestructura y producción, gracias a su rápida digitalización y diversificación geográfica, recuperaron con celeridad su perfil de riesgo-retorno, materiales quedó rezagado porque la adaptación exigía inversiones que todavía no mostraban resultados.

Usando Markowitz y Sharpe, las carteras con mejor ratio rentabilidad-riesgo son las de empresas de Infraestructura y Producción de EE. UU. Asia Pacífico y Europa aparecen de forma más esporádica, pese a tener compañías sostenibles relevantes.

En este estudio acerca de la alimentación sostenible, muchas empresas han obtenido rendimientos por debajo de los benchmarks, a diferencia de lo que afirma [Friede et al. \(2015\)](#). Esto indica que, en algunos sectores, seguir criterios ESG no garantiza siempre resultados financieros competitivos y que es necesario analizar cada caso en detalle.

Adicionalmente, respondiendo a la segunda pregunta y relacionado con esto último: ¿cómo pueden articularse de manera estratégica la financiación privada orientada a empresas rentables que buscan retornos competitivos y la financiación pública destinada a proyectos de alto impacto social, aunque menos rentables? Al aplicar Markowitz, muchas empresas con alto impacto social o ambiental quedan fuera de los portafolios óptimos, lo que demuestra que el mercado por sí solo no garantiza una transición alimentaria inclusiva y sostenible. Esta falta de rentabilidad relativa subraya la necesidad de que el sector público intervenga, apoyando con recursos aquellos ámbitos del sistema alimentario que, pese a ser fundamentales, no resultan financieramente atractivos a corto plazo.

En cuanto a las limitaciones del trabajo, cabe señalar que el análisis se ha basado en la rentabilidad histórica y en medidas de riesgo tradicionales, sin incorporar métricas cualitativas ni factores contextuales como regulaciones, innovación tecnológica o alianzas público-privadas. Además, los índices utilizados pueden excluir actores locales o cooperativas agrícolas que también contribuyen de forma relevante a los ODS. Como mejora futura, sería pertinente incorporar criterios ESG más específicos, aplicar modelos multifactoriales o extender el análisis a carteras temáticas por país, así como evaluar el efecto de políticas públicas concretas sobre la rentabilidad de empresas sostenibles.

En definitiva, las finanzas sostenibles juegan un papel importante en la lucha contra el hambre, pero también su efectividad depende de una arquitectura institucional que complemente las decisiones del mercado con visión de largo plazo, justicia social y sostenibilidad ambiental.

## 10.-Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

**ADVERTENCIA:** Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Gabriel Domínguez, estudiante de E2 + Analytics de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado " Gestión de Carteras y Alimentación Sostenible: Estrategias de Inversión para un Futuro Responsable", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
3. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
4. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
5. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
6. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y

acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 01/06/2025

Firma: Gabriel Domínguez

## 11.-Bibliografía

- Aday, S., & Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4), 167–180. <https://academic.oup.com/fqs/article/4/4/167/5896496>
- Adelodun, B., Kareem, K. Y., Kumar, P., Kumar, V., Choi, K. S., Yadav, K. K., ... & Khan, N. A. (2021). Understanding the impacts of the COVID-19 pandemic on sustainable agri-food system and agroecosystem decarbonization nexus: A review. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128451>
- Baker, S. R., Bloom, N., Davis, S. J., Kost, K., Sammon, M., & Viratyosin, T. (2020). *The unprecedented stock market reaction to COVID-19*. The Review of Asset Pricing Studies, 10(4), 742–758. <https://doi.org/10.1093/rapstu/raaa008>
- Bose, S., Shams, S., Ali, M. J., & Mihret, D. (2022). COVID-19 impact, sustainability performance and firm value: International evidence. *Accounting & Finance*, 62(1), 597–643. <https://doi.org/10.1111/acfi.12801>
- Cappelli, A., & Cini, E. (2021). *Will the COVID-19 pandemic make us reconsider the relevance of short food supply chains and local productions?* Trends in Food Science & Technology, 111, 349–356. Recuperado de: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7138154/>
- Cheng, J., Gao, R., & Zhu, Y. (2024). Applications of biodegradable materials in food packaging: A review. *Alexandria Engineering Journal*, 91, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.01.080>
- Cheng, P., Zhang, Y., Liu, K., Kong, X., Wu, S., Yan, H., & Jiang, P. (2025). *Continuing the continuous harvests of food production: From the perspective of the interrelationships among cultivated land quantity, quality, and grain yield*. Humanities and Social Sciences Communications, 12, 46. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04342-1>

- Clark, G. L., Feiner, A., & Viehs, M. (2015). *From the stockholder to the stakeholder: How sustainability can drive financial outperformance*. University of Oxford.
- Clapp, J., & Moseley, W. G. (2020). *This food crisis is different: COVID-19 and the fragility of the neoliberal food security order*. *The Journal of Peasant Studies*, 47(7), 1393–1417. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1823838>
- Conca, L., Manta, F., Morrone, D., & Toma, P. (2021). The impact of direct environmental, social and governance reporting: Empirical evidence in European-listed companies in the agri-food sector. *Business Strategy and the Environment*, 30(2), 1080–1093. <https://doi.org/10.1002/bse.2672>
- Damodaran, A. (2008). *What is the riskfree rate? A Search for the Basic Building Block*. Stern School of Business, New York University. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/228301736\\_What\\_is\\_the\\_Riskfree\\_Rate\\_A\\_Search\\_for\\_the\\_Basic\\_Building\\_Block](https://www.researchgate.net/publication/228301736_What_is_the_Riskfree_Rate_A_Search_for_the_Basic_Building_Block)
- Dacorogna, M., & Coulon, J. (2013). *The risk-free rate: an inescapable concept?* SCOR Papers, 26, 1–8. Recuperado de: <https://www.scor.com/en/download/file/15727?token=def5020094ed51d2ed1921f1c41e79a762b4507b5951d3706bf327b3ce93dc6062f806fcd343bd192c9bac3ab20775edf4ef1200420d2878629bb21272ab374e52b267b139acbc1ebfd34e5a0311364afd5a4f38e3887795d04729c5e7259e67464727ce06ff54db210bd07a19d7ad205770a68ecf40564147e8fa56f0ad261b6fb98decae>
- Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). *El lenguaje de programación Python*. *Challenger*, 20(2), 1-10.
- Doukas, Y. E., Salvati, L., & Vardopoulos, I. (2023). *Unraveling the European Agricultural Policy Sustainable Development Trajectory*. *Land*, 12, 1749. <https://doi.org/10.3390/land12091749>
- Duong, L. N. K., Kumar, V., & He, Q. (2024). Collaboration for the sustainable food supply chain: A bibliometric analysis. *Business Strategy and the Environment*, 34, 1287–1301. <https://doi.org/10.1002/bse.4051>
- Eccles, R. G., Lee, L.-E., & Stroehle, J. (2020). *The Social Origins of ESG: An Analysis of Innovest and KLD*. *Organization & Environment*, 33(4), 575–596. <https://doi.org/10.1177/1086026619888994>

- Ejsing, J., Grothe, M., & Grothe, O. (2015). Liquidity and credit premia in the yields of highly-rated sovereign bonds. *Journal of Empirical Finance*, 33, 160–173.
- European Commission. (2020). *Towards a Sustainable Food System*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/282386>
- FactSet Research Systems Inc. (2019). *FactSet Revere Business and Industry Classification System (RBICS) Data and Methodology Guide*. Recuperado de [https://assets.ctfassets.net/lmz2w5z92b9u/67nHF3Io7Zg8Ka1eQsqWsi/73277f7a9bc6250c727c8625bdc55164/factset\\_rbics\\_methodology\\_guide.pdf](https://assets.ctfassets.net/lmz2w5z92b9u/67nHF3Io7Zg8Ka1eQsqWsi/73277f7a9bc6250c727c8625bdc55164/factset_rbics_methodology_guide.pdf)
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3–56.
- FAO. (2019). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019*. Disponible en: <http://www.fao.org/publications>
- FAO. (2020). *Evaluación del apoyo de la FAO al logro del hambre cero (ODS 2): segunda fase*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ne032es.pdf>
- Foxberry Ltd. (2022). *Foxberry Tematica Research Sustainable Future of Food Index Rules*. Recuperado de: [https://www.foxberry.com/indices/thematics/foxberry\\_tematica\\_sust\\_food\\_tr](https://www.foxberry.com/indices/thematics/foxberry_tematica_sust_food_tr).
- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). *ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies*. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210-233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- Gamage, A., Gangahagedara, R., Subasinghe, S., Gamage, J., Guruge, C., Senaratne, S., ... Merah, O. (2024). *Advancing sustainability: The impact of emerging technologies in agriculture*. *Current Plant Biology*, 40, Article 100420. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2024.100420>
- García Monsálvez, J. C. (2017). *Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria*. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(2), 147-162. <https://doi.org/10.14201/eks2017182147162>

- Gerber, R., Smit, A., & Botha, M. (2024). An evaluation of environmental, social, and governance reporting in the agricultural sector. *Business Strategy & Development*, 7(1), e316. <https://doi.org/10.1002/bsd2.316>
- Godfray, H. C. J., et al. (2010). *Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People*. *Science*, 327(5967), 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Hassoun, A., Diallo, I., Okolo, J., & Wangu, M. S. (2023). Digital transformation in the agri-food industry: Recent applications and the role of the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Article 1217813. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1217813>
- Hiywotu, A. M. (2025). *Advancing sustainable agriculture for Goal 2: Zero Hunger – A comprehensive overview of practices, policies, and technologies*. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2451344>
- Hurduzeu, G., Pânzaru, R. L., Medelete, D. M., Ciobanu, A., & Enea, C. (2022). *The Development of Sustainable Agriculture in EU Countries and the Potential Achievement of Sustainable Development Goals Specific Targets (SDG 2)*. *Sustainability*, 14, 15798. <https://doi.org/10.3390/su142315798>
- Ilinova, A., Dmitrieva, D., & Kraslawski, A. (2021). Influence of the COVID-19 pandemic on fertilizer companies: The role of competitive advantages. *Resource Policy*, 71, 102019. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102019>
- ISO. (2018). *ISO Standards on ESG and Environmental Metrics*. Disponible en: <https://www.iso.org/home.html>
- Johnston, J. L., Fanzo, J. C., & Cogill, B. (2014). *Understanding Sustainable Diets: A Descriptive Analysis of the Determinants and Processes That Influence Diets and Their Impact on Health, Food Security, and Environmental Sustainability*. *Advances in Nutrition*, 5(4), 418-429. <https://doi.org/10.3945/an.113.005553>
- KC, U., Campbell-Ross, H., Godde, C., Friedman, R., Lim-Camacho, L., & Crimp, S. (2024). *A systematic review of the evolution of food system resilience assessment*. *Global Food Security*, 40, 100744. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100744>

- Kitz, R., Walker, T., Charlebois, S., & Music, J. (2022). Food packaging during the COVID-19 pandemic: Consumer perceptions. *International Journal of Consumer Studies*, 46(2), 434–448. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12691>
- Lally, M. (2012). *The Risk-Free Rate and the Market Risk Premium*. Queensland Competition Authority. Recuperado de: [https://www.qca.org.au/wp-content/uploads/2019/05/1874\\_X-Lally-Report-RiskFreeRateMarkRiskPrem-0812-1.pdf](https://www.qca.org.au/wp-content/uploads/2019/05/1874_X-Lally-Report-RiskFreeRateMarkRiskPrem-0812-1.pdf)
- MarketVector Indices. (2024). *MarketVector Global Future of Food ESG Index*. Recuperado de <https://www.marketvector.com/indexes/sector/mvis-global-future-of-food-esg>.
- Markowitz, H. (1952). *Portfolio Selection*. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. Wiley.
- McKinney, W. (2010). *Data Structures for Statistical Computing in Python*. Proceedings of the 9th Python in Science Conference, 51-56. <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>
- Mishra, S., Raj, R., & Chakrabarty, S. P. (2023). Green portfolio optimization: A scenario analysis and stress testing based novel approach for sustainable investing in the paradigm Indian markets. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.12345>
- Morningstar. (2022). *Morningstar Global Food Innovation Index Constituents*. Recuperado de <https://indexes.morningstar.com/indexes/details/morningstar-global-food-innovation-FS0000HBTF?currency=USD&variant=TR&tab=overview>
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmil-Herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J.-M., Petersen, P., Chotte, J.-L., Loconto, A., & Tiftonell, P. (2020). Assessing transitions to sustainable agricultural and food systems: A tool for agroecology performance evaluation (TAPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 579154. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.579154>

- Mukherji, S. (2011). The Capital Asset Pricing Model's Risk-Free Rate. SSRN. Recuperado de [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1876117](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1876117)
- Negrea, C., Remans, R., Attwood, S., Jones, S. K., Werneck, F., & Smith, A. (2020). Sustainable agri-food investments require multi-sector co-development of decision tools. *Ecological Indicators*, 110, 105851. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105851>
- Oliphant, T. E. (2007). *Python for Scientific Computing*. Computing in Science & Engineering, 9(3), 10-20. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.58>
- Ortega Romero, D. P., Tello Velastegui, F. M., & Ortega Romero, V. F. (2025). *Sostenibilidad corporativa y ESG (Environmental, Social and Governance)*. Dominio de las Ciencias, 11(1), 1109–1133. <https://doi.org/10.23857/dc.v11i1.4229>
- Pelster, M., Horn, M., & Oehler, A. (2024). *Who cares about ESG?* Journal of Climate Finance, 8(1), 100045. <https://doi.org/10.1016/j.jclimf.2024.100045>
- Pollman, E. (2022). *The Making and Meaning of ESG*. ECGI Law Working Paper No. 659/2022. University of Pennsylvania. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=4219857>
- Raitzer, D. A., & Kelley, T. G. (2008). Benefit–cost meta-analysis of investment in the International Agricultural Research Centers of the CGIAR. *Agricultural Systems*, 96(1–3), 108–123. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2007.06.004>
- Ramelli, S., & Wagner, A. F. (2020). *Feverish stock price reactions to COVID-19*. The Review of Corporate Finance Studies, 9(3), 622–655. <https://doi.org/10.1093/rcfs/cfaa012>
- Rayner, G., Barling, D., & Lang, T. (2008). *Sustainable Food Systems in Europe: Policies, Realities and Futures*. Journal of Hunger & Environmental Nutrition, 3(2–3), 145–168. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19320240802243209>
- Sharpe, W. F. (1966). *Mutual Fund Performance*. The Journal of Business, 39(1), 119–138. <https://doi.org/10.1086/294846>

- Silva, A. L. P., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126683. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>
- Su, I.-H., Wu, L., & Tan, K. H. (2024). The future of the food supply chain: A systematic literature review and research directions towards sustainability, resilience, and technology adoption. *Journal of Digital Economy*, 2, 303–316. <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2024.03.001>
- Terán-Samaniego, K., Robles-Parra, J. M., Vargas-Arispuro, I., Martínez-Téllez, M. Á., Garza-Lagler, M. C., Félix-Gurrrola, D., ... Espinoza-López, P. C. (2025). *Agroecology and Sustainable Agriculture: Conceptual Challenges and Opportunities. A Systematic Literature Review. Sustainability*, 17, 1805. <https://doi.org/10.3390/su17051805>
- Tilman, D., & Clark, M. (2014). *Global diets link environmental sustainability and human health*. *Nature*, 515(7528), 518-522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>
- United Nations. (2020). *Goal 2: Zero Hunger*. Disponible en: <https://sdgs.un.org/goals/goal2>
- Ušča, M., & Tisenkopfs, T. (2023). The resilience of short food supply chains during the COVID-19 pandemic: A case study of a direct purchasing network. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Article 1146446. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1146446>
- Zaharia, A., Diaconeasa, M.-C., Maehle, N., Szolnoki, G., & Capitello, R. (2021). *Developing Sustainable Food Systems in Europe: National Policies and Stakeholder Perspectives in a Four-Country Analysis*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7701. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147701>
- Zhang, S., & Zhang, X. (2024). Fiscal agricultural expenditures' impact on sustainable agricultural economic development: Dynamic marginal effects and impact mechanism. *PLOS ONE*, 19(2), e0299070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299070>

Zairis, G., Liargovas, P., & Apostolopoulos, N. (2024). Sustainable finance and ESG importance: A systematic literature review and research agenda. *Sustainability*, 16(7), 2878. <https://doi.org/10.3390/su16072878>

## 12.-Anexos

### 12.1.-Rentabilidades y volatilidades anuales de la muestra

La Tabla 13 presenta, para cada una de las 95 compañías analizadas, los valores de rentabilidad media y de volatilidad media tanto en frecuencia diaria como anual.

*Tabla 13: Descriptivo de la rentabilidad y volatilidad media diaria y anual de las 95 compañías analizadas. Fuente: elaboración propia a partir de los resultados obtenidos*

<b>Año</b>	<b>Ticker</b>	<b>Media Rentabilidad Diaria</b>	<b>Volatilidad Diaria</b>	<b>Rentabilidad Anual</b>	<b>Volatilidad Anual</b>	<b>N° Observaciones</b>
2021	1229	0.21%	1.45%	69.92%	22.96%	243
2021	1722	0.12%	1.51%	34.90%	24.01%	243
2021	2815	-0.09%	1.50%	-20.71%	23.84%	244
2021	2931	-0.03%	3.10%	-6.82%	49.24%	244
2021	3182	-0.03%	2.98%	-7.25%	47.32%	244
2021	4368	0.10%	1.95%	29.13%	31.00%	244
2021	4576	-0.11%	3.49%	-23.30%	55.44%	244
2021	4958	0.07%	1.76%	20.01%	28.00%	244
2021	6186	-0.20%	2.90%	-39.49%	45.98%	246
2021	6326	0.03%	1.97%	7.45%	31.28%	244
2021	AAK	0.03%	1.28%	8.54%	20.24%	252
2021	ADM	0.13%	1.32%	38.68%	20.90%	251
2021	AFN	0.07%	2.78%	18.19%	44.08%	250
2021	AGCO	0.07%	2.23%	20.50%	35.39%	251
2021	ALFA	0.16%	1.75%	50.39%	27.84%	252
2021	AMBP	-0.05%	1.49%	-11.20%	23.70%	251
2021	AUSS	0.09%	1.88%	25.06%	29.80%	251
2021	AVO	0.05%	2.41%	12.63%	38.20%	251
2021	BAKKA	-0.01%	2.21%	-1.28%	35.10%	251
2021	BAS	-0.04%	1.39%	-9.84%	22.05%	254
2021	BAYN	-0.04%	1.57%	-9.08%	24.95%	254
2021	BCPC	0.16%	1.53%	50.73%	24.31%	251
2021	BILL	0.33%	4.58%	132.04%	72.64%	251
2021	BN	-0.02%	1.26%	-5.01%	20.03%	257
2021	BUCN	0.03%	1.38%	7.71%	21.98%	253
2021	BXB	-0.02%	1.21%	-4.18%	19.25%	253
2021	BYND	-0.19%	3.68%	-38.81%	58.36%	251
2021	CALM	0.01%	1.41%	1.80%	22.32%	251

2021 CAS	0.01%	2.05%	3.76%	32.56%	250
2021 CF	0.27%	2.33%	97.02%	37.04%	251
2021 CNHI	0.20%	2.03%	63.53%	32.24%	253
2021 COLD	-0.02%	1.59%	-5.19%	25.29%	251
2021 CRBN	-0.06%	1.68%	-14.52%	26.72%	257
2021 CRDA	0.17%	1.27%	55.27%	20.19%	252
2021 CTVA	0.10%	1.74%	28.12%	27.57%	251
2021 CVGW	-0.17%	2.50%	-35.10%	39.62%	251
2021 DE	0.12%	1.89%	34.05%	29.96%	251
2021 ECL	0.04%	1.28%	11.79%	20.36%	251
2021 EMMN	0.06%	1.07%	15.39%	16.91%	253
2021 ERF	0.15%	1.87%	44.85%	29.65%	257
2021 EVK	-0.01%	1.14%	-1.26%	18.12%	254
2021 EXPO	0.13%	1.67%	37.19%	26.53%	251
2021 FDP	0.08%	2.35%	22.11%	37.37%	251
2021 FLO	0.08%	1.10%	21.80%	17.40%	251
2021 FMC	0.00%	1.81%	1.17%	28.68%	251
2021 G1A	0.17%	1.36%	52.08%	21.65%	254
2021 GIVN	0.08%	1.11%	23.03%	17.58%	253
2021 GNC	0.26%	1.91%	90.65%	30.39%	253
2021 GNS	0.07%	1.68%	18.30%	26.70%	252
2021 GPK	0.07%	1.51%	18.81%	24.04%	251
2021 GSF	0.03%	2.38%	6.62%	37.76%	251
2021 HAIN	0.05%	1.80%	12.07%	28.56%	251
2021 HLF	-0.05%	2.26%	-12.24%	35.87%	251
2021 HLMA	0.10%	1.37%	29.20%	21.82%	252
2021 IFF	0.16%	1.83%	49.55%	29.07%	251
2021 INGR	0.09%	1.41%	25.70%	22.40%	251
2021 IP	0.02%	1.54%	5.44%	24.46%	251
2021 IPL	0.14%	2.07%	41.76%	32.89%	253
2021 JBT	0.15%	2.32%	46.97%	36.80%	251
2021 K	0.03%	1.21%	6.79%	19.24%	251
2021 KYGA	-0.05%	1.77%	-10.98%	28.17%	252
2021 LMNR	-0.01%	2.18%	-2.83%	34.59%	251
2021 LNN	0.09%	1.94%	25.09%	30.74%	251
2021 LW	-0.05%	1.92%	-12.24%	30.51%	251
2021 MKC	0.02%	1.03%	4.17%	16.31%	251
2021 MOS	0.24%	2.66%	81.72%	42.17%	251
2021 MOWI	0.05%	1.69%	13.35%	26.90%	251
2021 NEOG	0.07%	1.70%	20.14%	26.95%	251
2021 NGVC	0.05%	2.81%	12.03%	44.54%	251
2021 NOVN	-0.02%	0.96%	-6.00%	15.24%	253
2021 NOVO.B	0.19%	1.57%	62.41%	24.98%	250
2021 NTR	0.18%	1.75%	58.22%	27.72%	250
2021 NUF	0.07%	2.34%	18.99%	37.20%	253

2021	OCDO	-0.11%	2.21%	-24.60%	35.03%	252
2021	OGN	0.00%	2.54%	-0.06%	40.32%	254
2021	OI	0.06%	2.75%	15.07%	43.71%	251
2021	PKG	0.01%	1.32%	2.50%	20.91%	251
2021	SALM	0.09%	1.81%	25.27%	28.67%	251
2021	SAP	-0.08%	1.39%	-17.74%	22.11%	250
2021	SEE	0.17%	1.55%	54.73%	24.64%	251
2021	SENEA	0.12%	2.56%	34.49%	40.56%	251
2021	SFM	0.17%	2.06%	54.93%	32.68%	251
2021	SHC	-0.03%	2.30%	-6.84%	36.52%	251
2021	SIG	0.53%	3.83%	279.26%	60.86%	251
2021	SMDS	0.01%	1.67%	2.97%	26.56%	252
2021	STKL	-0.14%	3.11%	-29.96%	49.40%	251
2021	SXT	0.14%	1.50%	40.85%	23.83%	251
2021	SY1	0.04%	1.12%	11.14%	17.83%	254
2021	TOM	0.17%	2.02%	54.63%	32.00%	251
2021	TRMB	0.13%	1.83%	37.31%	29.03%	251
2021	UNFI	0.51%	4.06%	256.28%	64.41%	251
2021	VITL	-0.09%	2.97%	-19.53%	47.11%	251
2021	VMI	0.16%	1.86%	51.23%	29.52%	251
2021	WRK	0.12%	2.97%	36.17%	47.18%	251
2021	YAR	0.09%	1.74%	24.20%	27.57%	251
2022	1229	-0.10%	1.60%	-21.35%	25.44%	245
2022	1722	-0.13%	1.81%	-28.57%	28.76%	245
2022	2815	-0.19%	1.88%	-37.61%	29.78%	243
2022	2931	0.11%	2.57%	31.29%	40.84%	243
2022	3182	-0.08%	3.97%	-17.39%	63.06%	243
2022	4368	-0.18%	2.32%	-35.99%	36.76%	243
2022	4576	0.08%	3.12%	21.80%	49.48%	243
2022	4958	-0.01%	2.23%	-1.92%	35.46%	243
2022	6186	-0.13%	3.31%	-27.33%	52.57%	245
2022	6326	-0.18%	2.12%	-36.09%	33.59%	243
2022	AAK	-0.07%	2.15%	-16.34%	34.07%	252
2022	ADM	0.14%	1.96%	43.94%	31.15%	250
2022	AFN	0.12%	2.79%	34.28%	44.36%	249
2022	AGCO	0.10%	2.64%	29.30%	41.88%	250
2022	ALFA	-0.09%	2.83%	-20.61%	44.95%	252
2022	AMBP	-0.20%	3.20%	-39.72%	50.82%	250
2022	AUSS	-0.08%	2.78%	-18.43%	44.15%	252
2022	AVO	-0.10%	2.25%	-22.13%	35.71%	250
2022	BAKKA	0.02%	2.88%	5.47%	45.79%	252
2022	BAS	-0.11%	2.57%	-23.42%	40.87%	256
2022	BAYN	0.01%	2.14%	1.55%	33.93%	256
2022	BCPC	-0.11%	1.79%	-24.08%	28.35%	250
2022	BILL	-0.13%	6.06%	-27.41%	96.21%	250

2022	BN	-0.05%	1.69%	-12.10%	26.80%	256
2022	BUCN	-0.04%	2.20%	-9.87%	34.90%	253
2022	BXB	0.04%	1.85%	9.67%	29.36%	250
2022	BYND	-0.49%	5.95%	-71.06%	94.45%	250
2022	CALM	0.17%	2.33%	55.18%	36.92%	250
2022	CAS	-0.19%	2.84%	-37.57%	45.14%	249
2022	CF	0.12%	3.11%	36.57%	49.42%	250
2022	CNHI	0.02%	2.55%	5.28%	40.43%	254
2022	COLD	-0.03%	2.09%	-8.38%	33.16%	250
2022	CRBN	-0.09%	2.35%	-19.83%	37.36%	256
2022	CRDA	-0.18%	2.40%	-36.80%	38.09%	249
2022	CTVA	0.11%	1.78%	30.68%	28.30%	250
2022	CVGW	-0.11%	2.72%	-24.41%	43.12%	250
2022	DE	0.11%	2.22%	30.59%	35.20%	250
2022	ECL	-0.16%	2.18%	-32.98%	34.68%	250
2022	EMMN	-0.11%	1.77%	-24.89%	28.05%	253
2022	ERF	-0.17%	2.42%	-35.58%	38.35%	256
2022	EVK	-0.18%	2.32%	-35.88%	36.87%	256
2022	EXPO	-0.05%	1.90%	-11.41%	30.24%	250
2022	FDP	0.00%	1.95%	-0.68%	31.02%	250
2022	FLO	0.03%	1.53%	7.81%	24.26%	250
2022	FMC	0.07%	1.81%	18.15%	28.65%	250
2022	G1A	-0.09%	2.14%	-19.53%	34.01%	256
2022	GIVN	-0.19%	2.17%	-37.58%	34.49%	253
2022	GNC	-0.04%	2.67%	-10.03%	42.31%	250
2022	GNS	-0.20%	2.98%	-39.80%	47.33%	249
2022	GPK	0.07%	1.91%	18.65%	30.32%	250
2022	GSF	-0.01%	3.24%	-2.84%	51.43%	252
2022	HAIN	-0.35%	2.82%	-58.20%	44.82%	250
2022	HLF	-0.34%	3.81%	-57.46%	60.53%	250
2022	HLMA	-0.21%	2.45%	-40.47%	38.90%	249
2022	IFF	-0.12%	2.07%	-26.01%	32.79%	250
2022	INGR	0.02%	1.56%	4.00%	24.78%	250
2022	IP	-0.10%	1.84%	-22.92%	29.20%	250
2022	IPL	0.04%	2.23%	11.86%	35.35%	250
2022	JBT	-0.17%	2.92%	-35.10%	46.30%	250
2022	K	0.05%	1.40%	13.01%	22.25%	250
2022	KYGA	-0.12%	2.24%	-25.97%	35.50%	249
2022	LMNR	-0.06%	2.79%	-13.75%	44.22%	250
2022	LNN	0.05%	2.15%	12.69%	34.20%	250
2022	LW	0.15%	1.86%	46.41%	29.60%	250
2022	MKC	-0.04%	1.64%	-10.61%	25.98%	250
2022	MOS	0.09%	3.42%	26.60%	54.25%	250
2022	MOWI	-0.10%	2.55%	-22.13%	40.49%	252
2022	NEOG	-0.39%	2.65%	-62.81%	42.12%	250

2022	NGVC	-0.13%	3.05%	-28.56%	48.49%	250
2022	NOVN	0.02%	1.22%	5.26%	19.39%	253
2022	NOVO.B	0.11%	2.11%	31.73%	33.54%	251
2022	NTR	0.05%	2.91%	12.88%	46.15%	249
2022	NUF	0.10%	2.83%	30.25%	44.96%	250
2022	OCDO	-0.29%	5.26%	-51.39%	83.49%	249
2022	OGN	0.09%	2.66%	25.72%	42.19%	253
2022	OI	0.17%	2.98%	52.51%	47.25%	250
2022	PKG	0.00%	1.88%	-0.68%	29.83%	250
2022	SALM	-0.17%	3.25%	-34.41%	51.55%	252
2022	SAP	0.05%	1.76%	12.61%	28.00%	249
2022	SEE	-0.09%	2.12%	-20.86%	33.66%	250
2022	SENEA	0.13%	2.47%	37.19%	39.25%	250
2022	SFM	0.08%	2.99%	22.27%	47.42%	250
2022	SHC	-0.30%	4.58%	-53.42%	72.66%	250
2022	SIG	-0.04%	4.20%	-9.17%	66.64%	250
2022	SMDS	-0.09%	2.73%	-20.72%	43.29%	249
2022	STKL	0.14%	4.38%	43.99%	69.46%	250
2022	SXT	-0.11%	1.81%	-23.76%	28.79%	250
2022	SY1	-0.10%	2.11%	-21.87%	33.44%	256
2022	TOM	-0.24%	3.33%	-45.44%	52.86%	252
2022	TRMB	-0.18%	2.66%	-36.48%	42.26%	250
2022	UNFI	-0.06%	2.74%	-13.30%	43.43%	250
2022	VITL	-0.02%	3.62%	-4.20%	57.40%	250
2022	VMI	0.13%	1.89%	38.72%	29.97%	250
2022	WRK	-0.10%	3.55%	-21.44%	56.29%	250
2022	YAR	-0.04%	2.58%	-9.78%	40.92%	252
2023	1229	0.16%	1.16%	48.23%	18.38%	238
2023	1722	0.11%	1.09%	30.56%	17.33%	238
2023	2815	0.02%	1.62%	6.23%	25.64%	245
2023	2931	-0.13%	1.73%	-28.72%	27.49%	245
2023	3182	-0.17%	2.89%	-34.66%	45.91%	245
2023	4368	0.08%	1.84%	21.77%	29.28%	245
2023	4576	-0.23%	2.72%	-44.29%	43.13%	245
2023	4958	0.02%	1.87%	6.14%	29.72%	245
2023	6186	-0.16%	2.34%	-33.77%	37.11%	242
2023	6326	0.06%	1.56%	15.51%	24.79%	245
2023	AAK	0.12%	1.68%	35.10%	26.61%	250
2023	ADM	-0.08%	1.40%	-17.63%	22.23%	249
2023	AFN	0.09%	2.10%	26.89%	33.36%	249
2023	AGCO	-0.03%	1.92%	-7.49%	30.46%	249
2023	ALFA	0.14%	1.91%	43.81%	30.26%	250
2023	AMBP	-0.07%	2.78%	-15.96%	44.05%	249
2023	AUSS	-0.06%	2.23%	-13.00%	35.41%	250
2023	AVO	-0.04%	1.95%	-9.77%	31.03%	249

2023 BAKKA	-0.04%	2.54%	-8.51%	40.31%	250
2023 BAS	0.04%	1.79%	9.51%	28.41%	254
2023 BAYN	-0.12%	1.98%	-25.76%	31.40%	254
2023 BCPC	0.09%	1.60%	26.42%	25.34%	249
2023 BILL	-0.02%	4.25%	-5.31%	67.46%	249
2023 BN	0.08%	1.01%	23.87%	16.00%	254
2023 BUCN	0.01%	1.42%	1.77%	22.55%	250
2023 BXB	0.06%	1.26%	17.53%	20.06%	251
2023 BYND	-0.01%	5.05%	-1.94%	80.09%	249
2023 CALM	0.04%	2.10%	9.33%	33.27%	249
2023 CAS	0.19%	1.89%	60.67%	30.03%	249
2023 CF	0.01%	1.99%	1.89%	31.55%	249
2023 CNHI	-0.09%	2.16%	-19.57%	34.36%	253
2023 COLD	0.04%	1.60%	9.76%	25.44%	249
2023 CRBN	-0.16%	2.28%	-33.40%	36.24%	254
2023 CRDA	-0.06%	2.06%	-14.82%	32.66%	250
2023 CTVA	-0.07%	1.61%	-16.19%	25.50%	249
2023 CVGW	0.03%	3.11%	6.91%	49.43%	249
2023 DE	-0.01%	1.71%	-2.28%	27.18%	249
2023 ECL	0.13%	1.30%	38.12%	20.69%	249
2023 EMMN	0.10%	1.18%	29.77%	18.80%	250
2023 ERF	-0.01%	2.03%	-2.53%	32.23%	254
2023 EVK	0.03%	1.69%	7.55%	26.75%	254
2023 EXPO	-0.03%	1.80%	-7.58%	28.60%	249
2023 FDP	0.01%	1.83%	3.60%	29.12%	249
2023 FLO	-0.08%	1.36%	-19.25%	21.66%	249
2023 FMC	-0.25%	2.23%	-46.63%	35.41%	249
2023 G1A	0.02%	1.49%	5.91%	23.65%	254
2023 GIVN	0.13%	1.41%	38.57%	22.34%	250
2023 GNC	0.02%	1.80%	5.95%	28.51%	251
2023 GNS	-0.09%	2.14%	-19.58%	34.04%	250
2023 GPK	0.06%	1.58%	17.20%	25.00%	249
2023 GSF	-0.03%	2.56%	-7.14%	40.64%	250
2023 HAIN	-0.12%	2.68%	-25.99%	42.56%	249
2023 HLF	0.06%	3.37%	17.48%	53.53%	249
2023 HLMA	0.08%	1.46%	22.88%	23.21%	250
2023 IFF	-0.08%	2.43%	-17.27%	38.60%	249
2023 INGR	0.05%	1.25%	13.77%	19.80%	249
2023 IP	0.02%	1.72%	5.92%	27.25%	249
2023 IPL	-0.09%	1.77%	-19.94%	28.08%	251
2023 JBT	0.05%	1.97%	12.71%	31.26%	249
2023 K	-0.07%	1.08%	-15.33%	17.22%	249
2023 KYGA	0.01%	2.06%	2.67%	32.66%	250
2023 LMNR	0.23%	2.26%	76.96%	35.88%	249
2023 LNN	-0.05%	2.38%	-12.26%	37.79%	249

2023	LW	0.10%	1.60%	28.25%	25.41%	249
2023	MKC	-0.07%	1.53%	-15.77%	24.30%	249
2023	MOS	-0.04%	2.35%	-10.35%	37.25%	249
2023	MOWI	0.04%	1.82%	11.77%	28.83%	250
2023	NEOG	0.14%	2.47%	42.78%	39.16%	249
2023	NGVC	0.27%	2.95%	97.70%	46.89%	249
2023	NOVN	0.07%	1.18%	18.46%	18.66%	250
2023	NOVO.B	0.19%	1.91%	60.80%	30.36%	249
2023	NTR	-0.07%	2.07%	-17.03%	32.80%	249
2023	NUF	-0.04%	1.89%	-9.57%	30.00%	251
2023	OCDO	0.21%	5.13%	70.60%	81.37%	250
2023	OGN	-0.06%	1.80%	-13.96%	28.55%	253
2023	OI	0.02%	2.36%	6.00%	37.46%	249
2023	PKG	0.11%	1.56%	30.46%	24.74%	249
2023	SALM	0.18%	2.26%	56.30%	35.89%	250
2023	SAP	-0.07%	1.56%	-15.67%	24.76%	249
2023	SEE	-0.10%	2.25%	-22.85%	35.65%	249
2023	SENEA	-0.04%	2.56%	-9.47%	40.63%	249
2023	SFM	0.20%	1.91%	63.59%	30.25%	249
2023	SHC	0.43%	6.70%	194.96%	106.41%	249
2023	SIG	0.23%	2.85%	80.23%	45.21%	249
2023	SMDS	0.01%	1.67%	3.19%	26.44%	250
2023	STKL	-0.11%	3.59%	-23.98%	57.00%	249
2023	SXT	-0.02%	1.72%	-5.87%	27.32%	249
2023	SY1	0.02%	1.53%	4.18%	24.25%	254
2023	TOM	-0.08%	2.89%	-19.00%	45.85%	250
2023	TRMB	0.04%	1.95%	10.44%	30.99%	249
2023	UNFI	-0.27%	3.63%	-49.56%	57.64%	249
2023	VITL	0.06%	3.16%	16.86%	50.12%	249
2023	VMI	-0.11%	2.13%	-23.95%	33.82%	249
2023	WRK	0.03%	2.50%	7.38%	39.76%	249
2023	YAR	-0.07%	1.87%	-16.44%	29.70%	250
2024	1229	-0.10%	1.19%	-22.06%	18.85%	241
2024	1722	-0.14%	1.26%	-29.75%	20.07%	241
2024	2815	0.07%	2.00%	18.29%	31.81%	244
2024	2931	-0.21%	2.51%	-41.72%	39.80%	244
2024	3182	-0.02%	3.23%	-3.93%	51.26%	244
2024	4368	-0.07%	2.22%	-16.55%	35.22%	244
2024	4576	0.26%	5.93%	90.18%	94.10%	244
2024	4958	-0.01%	2.13%	-1.70%	33.83%	244
2024	6186	0.15%	2.65%	44.72%	42.15%	245
2024	6326	-0.08%	1.84%	-18.32%	29.21%	244
2024	AAK	0.11%	1.44%	32.78%	22.78%	250
2024	ADM	-0.12%	2.11%	-26.24%	33.52%	251
2024	AFN	0.00%	2.06%	-0.88%	32.64%	251

2024	AGCO	-0.09%	1.76%	-20.48%	27.95%	251
2024	ALFA	0.04%	1.44%	11.25%	22.86%	250
2024	AMBP	-0.07%	2.18%	-16.61%	34.62%	251
2024	AUSS	0.09%	1.60%	24.34%	25.46%	249
2024	AVO	0.16%	2.54%	49.99%	40.35%	251
2024	BAKKA	0.05%	1.74%	14.20%	27.57%	249
2024	BAS	-0.07%	1.57%	-15.27%	24.95%	253
2024	BAYN	-0.22%	2.20%	-43.05%	35.00%	253
2024	BCPC	0.05%	1.46%	14.54%	23.13%	251
2024	BILL	0.08%	3.07%	23.41%	48.76%	251
2024	BN	0.02%	0.90%	4.46%	14.33%	255
2024	BUCN	-0.04%	1.25%	-8.77%	19.79%	249
2024	BXB	0.11%	1.52%	32.48%	24.17%	253
2024	BYND	-0.20%	4.73%	-40.01%	75.16%	251
2024	CALM	0.25%	1.62%	88.02%	25.64%	251
2024	CAS	-0.03%	2.10%	-6.58%	33.33%	251
2024	CF	0.03%	1.68%	8.34%	26.69%	251
2024	CNHI	-0.02%	1.93%	-4.44%	30.60%	253
2024	COLD	-0.13%	1.61%	-27.12%	25.49%	251
2024	CRBN	0.04%	2.10%	10.00%	33.30%	255
2024	CRDA	-0.14%	1.77%	-29.38%	28.07%	253
2024	CTVA	0.08%	1.89%	22.49%	29.93%	251
2024	CVGW	-0.03%	2.64%	-6.26%	41.87%	251
2024	DE	0.03%	1.48%	8.65%	23.54%	251
2024	ECL	0.07%	1.20%	20.44%	19.02%	251
2024	EMMN	-0.10%	1.22%	-23.19%	19.40%	249
2024	ERF	-0.07%	2.18%	-16.63%	34.54%	255
2024	EVK	-0.05%	1.40%	-11.75%	22.17%	253
2024	EXPO	0.02%	2.18%	3.93%	34.66%	251
2024	FDP	0.09%	1.63%	24.40%	25.84%	251
2024	FLO	-0.04%	1.14%	-8.66%	18.06%	251
2024	FMC	-0.08%	2.69%	-18.06%	42.67%	251
2024	G1A	0.09%	1.21%	24.25%	19.28%	253
2024	GIVN	0.04%	1.23%	11.50%	19.49%	249
2024	GNC	-0.01%	1.78%	-2.88%	28.25%	253
2024	GNS	-0.10%	2.52%	-22.89%	39.96%	253
2024	GPK	0.05%	1.58%	12.68%	25.07%	251
2024	GSF	-0.03%	2.85%	-8.32%	45.17%	249
2024	HAIN	-0.18%	3.51%	-36.60%	55.79%	251
2024	HLF	-0.24%	4.01%	-46.04%	63.71%	251
2024	HLMA	0.08%	1.62%	23.78%	25.68%	253
2024	IFF	0.03%	1.62%	7.41%	25.79%	251
2024	INGR	0.10%	1.47%	28.82%	23.32%	251
2024	IP	0.17%	1.96%	54.65%	31.12%	251
2024	IPL	0.02%	1.42%	5.75%	22.52%	253

2024	JBT	0.13%	2.30%	40.42%	36.50%	251
2024	K	0.15%	1.58%	44.60%	25.08%	251
2024	KYGA	0.07%	2.54%	20.52%	40.34%	253
2024	LMNR	0.09%	2.10%	26.97%	33.29%	251
2024	LNN	-0.01%	2.12%	-2.11%	33.64%	251
2024	LW	-0.13%	3.12%	-28.19%	49.48%	251
2024	MKC	0.05%	1.40%	12.35%	22.15%	251
2024	MOS	-0.14%	2.05%	-29.08%	32.51%	251
2024	MOWI	-0.01%	1.37%	-1.31%	21.83%	249
2024	NEOG	-0.17%	2.85%	-34.09%	45.23%	251
2024	NGVC	0.40%	3.18%	175.29%	50.54%	251
2024	NOVN	-0.02%	1.06%	-4.62%	16.81%	249
2024	NOVO.B	-0.04%	2.34%	-8.95%	37.11%	249
2024	NTR	-0.08%	1.64%	-19.06%	26.07%	251
2024	NUF	-0.18%	1.82%	-36.03%	28.89%	253
2024	OCDO	-0.30%	3.35%	-53.08%	53.19%	253
2024	OGN	-0.11%	1.70%	-24.36%	26.93%	254
2024	OI	-0.12%	3.02%	-25.17%	47.99%	251
2024	PKG	0.13%	1.17%	39.89%	18.51%	251
2024	SALM	-0.04%	1.76%	-9.73%	27.99%	249
2024	SAP	-0.05%	1.31%	-11.95%	20.80%	251
2024	SEE	-0.02%	1.81%	-4.32%	28.72%	251
2024	SENEA	0.18%	1.85%	55.79%	29.29%	251
2024	SFM	0.40%	2.09%	174.25%	33.18%	251
2024	SHC	-0.05%	2.47%	-11.82%	39.15%	251
2024	SIG	-0.06%	2.73%	-14.67%	43.41%	251
2024	SMDS	0.25%	2.20%	85.74%	34.96%	253
2024	STKL	0.18%	3.10%	56.33%	49.21%	251
2024	SXT	0.04%	1.52%	11.43%	24.07%	251
2024	SY1	0.00%	1.21%	0.96%	19.14%	253
2024	TOM	0.11%	3.55%	31.62%	56.43%	249
2024	TRMB	0.14%	1.86%	40.63%	29.50%	251
2024	UNFI	0.27%	3.90%	98.29%	61.96%	251
2024	VITL	0.41%	3.32%	180.14%	52.67%	251
2024	VMI	0.13%	2.01%	37.40%	31.95%	251
2024	WRK	0.17%	2.29%	54.34%	36.36%	251
2024	YAR	-0.10%	1.61%	-22.77%	25.54%	249

## 12.2.-Código de Python

# TFG ADE Gabriel Dominguez, 202001808

## 1. Instalación e importación de las librerías necesarias

```
In [1]: from math import sqrt
import numpy as np
import pandas as pd
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
from plotly.subplots import make_subplots
import random
from scipy.optimize import minimize
from scipy.stats import uniform
import statsmodels.api as sm
```

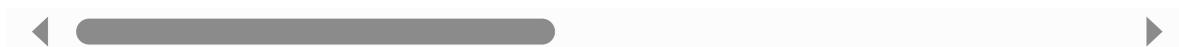
## 2. Carga de datos

```
In [2]: datos = pd.read_excel('C:/Users/gabid/OneDrive - Universidad Pontificia Com  
illas/UNIVERSIDAD/5º/TFG/ADE/A_DDBB_final/data_unificada_final.xlsx', sheet  
_name="DDBB", index_col='Fecha')  
datos
```

Out[2]:

	1229	1722	2815	2931	3182	4368	4576	4958	
Fecha									
2021-01-04	1.134457	1.948838	69.721214	7.389091	32.193940	34.472730	2.763636	20.431515	2
2021-01-05	1.142123	1.944385	69.267430	7.432629	31.958360	35.071503	2.743457	20.050587	2
2021-01-06	1.128794	1.923043	69.445790	7.563594	31.821260	35.448303	2.814586	19.934230	2
2021-01-07	1.128996	1.934111	68.889210	7.639391	31.894936	35.118103	2.761341	20.204937	2
2021-01-08	1.120480	1.947576	68.982130	7.774941	31.552580	35.695362	2.842141	20.299630	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2024-12-25	1.606364	1.581886	35.083260	2.554976	8.033558	21.927036	0.966061	19.607220	
2024-12-26	1.571001	1.586283	35.112137	2.555910	7.908139	21.921360	1.031221	19.833612	
2024-12-27	1.571073	1.583299	35.289265	2.614960	7.933738	22.563550	1.034559	19.897816	0
2024-12-30	1.542197	1.566628	35.559800	2.639949	8.015267	22.678118	1.278626	19.751910	0
2024-12-31	1.546463	1.558663	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0

1041 rows × 95 columns



### 3. Definir la base de datos

```
In [3]: activo_libre_de_riesgo = 3.14 / 100

activos = ['1229', '1722', '2815', '2931', '3182', '4368', '4576', '4958',
'6186',
'6326', 'AAK', 'ADM', 'AFN', 'AGCO', 'ALFA', 'AMBP', 'AUSS', 'AVO',
'BAKKA', 'BAS', 'BAYN', 'BCPC', 'BILL', 'BN', 'BUCN', 'BXB', 'BYND',
'CALM', 'CAS', 'CF', 'CNHI', 'COLD', 'CRBN', 'CRDA', 'CTVA', 'CVGW',
'DE', 'ECL', 'EMMN', 'ERF', 'EVK', 'EXPO', 'FDP', 'FLO', 'FMC', 'G1
A',
'GIVN', 'GNC', 'GNS', 'GPK', 'GSF', 'HAIN', 'HLF', 'HLMA', 'IFF',
'INGR', 'IP', 'IPL', 'JBT', 'K', 'KYGA', 'LMNR', 'LNN', 'LW', 'MKC',
'MOS', 'MOWI', 'NEOG', 'NGVC', 'NOVN', 'NOVO.B', 'NTR', 'NUF', 'OCD
O',
'OGN', 'OI', 'PKG', 'SALM', 'SAP', 'SEE', 'SENEA', 'SFM', 'SHC', 'SI
G',
'SMDS', 'STKL', 'SXT', 'SY1', 'TOM', 'TRMB', 'UNFI', 'VITL', 'VMI',
'WRK', 'YAR']

numero_activos = len(activos)
precios = datos[activos]

fecha_inicio = '20210102'
fecha_fin = '20250101'

dates = (datos.index >= fecha_inicio) & (datos.index <= fecha_fin)
precios = precios.loc[dates, :]
precios
```

Out[3]:

	1229	1722	2815	2931	3182	4368	4576	4958	
Fecha									
2021-01-04	1.134457	1.948838	69.721214	7.389091	32.193940	34.472730	2.763636	20.431515	2
2021-01-05	1.142123	1.944385	69.267430	7.432629	31.958360	35.071503	2.743457	20.050587	2
2021-01-06	1.128794	1.923043	69.445790	7.563594	31.821260	35.448303	2.814586	19.934230	2
2021-01-07	1.128996	1.934111	68.889210	7.639391	31.894936	35.118103	2.761341	20.204937	2
2021-01-08	1.120480	1.947576	68.982130	7.774941	31.552580	35.695362	2.842141	20.299630	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2024-12-25	1.606364	1.581886	35.083260	2.554976	8.033558	21.927036	0.966061	19.607220	
2024-12-26	1.571001	1.586283	35.112137	2.555910	7.908139	21.921360	1.031221	19.833612	
2024-12-27	1.571073	1.583299	35.289265	2.614960	7.933738	22.563550	1.034559	19.897816	0
2024-12-30	1.542197	1.566628	35.559800	2.639949	8.015267	22.678118	1.278626	19.751910	0
2024-12-31	1.546463	1.558663	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0

1041 rows × 95 columns



In [4]:

```
numero_activos
```

Out[4]: 95

## 4. Analizar el dataset

```
In [8]: precios.describe().round(1)
```

Out[8]:

	1229	1722	2815	2931	3182	4368	4576	4958	6186	6326	...	STKL	SXT
count	971.0	971.0	980.0	980.0	980.0	980.0	980.0	980.0	982.0	980.0	...	1005.0	1005.0
mean	1.7	2.0	42.4	6.1	18.0	30.8	1.6	21.7	1.1	16.9	...	7.8	76.8
std	0.3	0.3	11.7	1.9	9.8	6.4	0.7	1.9	0.7	3.4	...	2.9	10.0
min	1.1	1.6	30.1	2.5	7.0	20.6	0.4	17.4	0.4	11.5	...	2.9	53.1
25%	1.5	1.9	33.8	4.8	9.4	26.0	1.0	20.3	0.6	14.4	...	5.7	71.1
50%	1.7	2.0	36.6	6.4	15.4	28.6	1.6	21.6	0.8	15.2	...	7.3	76.4
75%	1.9	2.1	54.8	7.4	25.3	36.0	2.1	22.9	1.4	20.4	...	9.1	83.3
max	2.1	2.8	69.7	11.6	46.5	48.7	3.3	28.0	3.2	25.0	...	16.5	105.3

8 rows × 95 columns

### 4.1. Ejemplo de gráfico de histórico de precios

```
In [6]: def plot_asset_price(precios, name):  
        fig = px.line(precios, x=precios.index, y=name, title=f'price of {name}')  
        fig.update_xaxes(rangeslider_visible=True)  
        fig.show()
```

Por ejemplo, **KelloggCo**.

```
In [7]: plot_asset_price(precios, "K")
```

### 4.2. Histogramas de precios y retornos

```
In [ ]: activo = "K"  
activo
```

Out[ ]: 'K'

```
In [ ]: fig = px.histogram(precios, x=activo)  
fig.show()
```

## 5. Funciones empleadas

```

In [44]: def daily_returns(prices_series):
    returns = pd.DataFrame(index=prices_series.index, columns=prices_series.columns)
    for col in prices_series.columns:
        limpio = prices_series[col].dropna()
        retornos_limpios = limpio.pct_change()
        returns.loc[retornos_limpios.index, col] = retornos_limpios
    return returns.astype(float)

def expected_returns(prices_series):
    retornos = daily_returns(prices_series)
    avg_daily = retornos.mean()
    return ((1 + avg_daily) ** 252) - 1

def volatilities(prices_series):
    retornos = daily_returns(prices_series)
    return retornos.std() * np.sqrt(252)

def covariance_matrix(prices_series):
    retornos = daily_returns(prices_series)
    limpio = retornos.dropna(axis=1, thresh=30)
    return 252 * limpio.cov(numeric_only=True)

def correlation_matrix(prices_series):
    return daily_returns(prices_series).corr()

def volatilities(prices_series):
    return sqrt(252) * daily_returns(prices_series).std()

def portfolio_return(pesos, retornos_esperados):
    return np.dot(pesos, retornos_esperados)

def portfolio_volatility(pesos, cov_matrix):
    return np.sqrt(np.dot(pesos.T, np.dot(cov_matrix, pesos)))

def portfolio_sharpe_ratio(port_retorno, port_volatility, risk_free_rate):
    return (port_retorno - risk_free_rate) / port_volatility

```

## 6. Cálculo retornos simples para cada compañía para cada año

```

In [46]: prices_resultados_por_año = pd.DataFrame(columns=[
    'Año', 'Compañía',
    'Media Retornos Diarios',
    'Volatilidad Diaria',
    'Rentabilidad Anual',
    'Volatilidad Anual',
    'Nº Retornos'
])
prices_resultados = pd.DataFrame(columns=[
    'Compañía',
    'Media Retornos Diarios',
    'Volatilidad Diaria',
    'Rentabilidad Anual',
    'Volatilidad Anual',
    'Nº Retornos'
])

```

```

In [ ]: años = sorted([a for a in precios.index.year.unique() if a not in [2020, 2025]])
for año in años:
    df_anual = precios[precios.index.year == año]

    for compañía in precios.columns:
        serie = df_anual[compañía].dropna()
        retornos = serie.pct_change().dropna()
        if retornos.empty:
            continue
        media = retornos.mean()
        volatilidad = retornos.std()
        observaciones = len(retornos)
        # Annualizar
        rent_anual = (1 + media)**252 - 1
        vol_anual = volatilidad * np.sqrt(252)

        nueva_fila = pd.DataFrame({
            'Año': [año],
            'Compañía': [compañía],
            'Media Retornos Diarios': [media],
            'Volatilidad Diaria': [volatilidad],
            'Rentabilidad Anual': [rent_anual],
            'Volatilidad Anual': [vol_anual],
            'Nº Retornos': [observaciones]
        })

        prices_resultados_por_año = pd.concat([prices_resultados_por_año, nueva_fila], ignore_index=True)

for compañía in precios.columns:
    serie = precios[compañía].dropna()
    retornos = serie.pct_change().dropna()
    if retornos.empty:
        continue
    media = retornos.mean()
    volatilidad = retornos.std()
    observaciones = len(retornos)
    # Annualizar
    rent_anual = (1 + media)**252 - 1
    vol_anual = volatilidad * np.sqrt(252)

    nueva_fila = pd.DataFrame({
        'Compañía': [compañía],
        'Media Retornos Diarios': [media],
        'Volatilidad Diaria': [volatilidad],
        'Rentabilidad Anual': [rent_anual],
        'Volatilidad Anual': [vol_anual],
        'Nº Retornos': [observaciones]
    })
    prices_resultados = pd.concat([prices_resultados, nueva_fila], ignore_index=True)

```

C:\Users\gabid\AppData\Local\Temp\ipykernel\_6652\2436824965.py:27: FutureWarning:

The behavior of DataFrame concatenation with empty or all-NA entries is deprecated. In a future version, this will no longer exclude empty or all-NA columns when determining the result dtypes. To retain the old behavior, exclude the relevant entries before the concat operation.

C:\Users\gabid\AppData\Local\Temp\ipykernel\_6652\2436824965.py:49: FutureWarning:

The behavior of DataFrame concatenation with empty or all-NA entries is deprecated. In a future version, this will no longer exclude empty or all-NA columns when determining the result dtypes. To retain the old behavior, exclude the relevant entries before the concat operation.

```
In [ ]: prices_resultados_por_año.to_excel("Rentabilidad por año y compañía.xlsx", index=False)
prices_resultados.to_excel("Rentabilidad por compañía.xlsx", index=False)
```

## 7. Cálculos

### 7.1. Retornos simples

La fórmula es:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

```
In [ ]: daily_returns(precios)
```

```
Out[ ]:
```

	1229	1722	2815	2931	3182	4368	4576	4958
Fecha								
2021-01-04	NaN							
2021-01-05	0.006758	-0.002285	-0.006509	0.005892	-0.007318	0.017369	-0.007302	-0.018644
2021-01-06	-0.011670	-0.010976	0.002575	0.017620	-0.004290	0.010744	0.025927	-0.005803
2021-01-07	0.000179	0.005756	-0.008015	0.010021	0.002315	-0.009315	-0.018917	0.013580
2021-01-08	-0.007543	0.006962	0.001349	0.017744	-0.010734	0.016438	0.029261	0.004687
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2024-12-25	-0.011299	0.003884	0.000000	-0.012285	-0.007070	-0.018492	-0.131429	0.001623
2024-12-26	-0.022015	0.002779	0.000823	0.000365	-0.015612	-0.000259	0.067450	0.011546
2024-12-27	0.000046	-0.001881	0.005045	0.023103	0.003237	0.029295	0.003237	0.003237
2024-12-30	-0.018380	-0.010530	0.007666	0.009556	0.010276	0.005078	0.235914	-0.007333
2024-12-31	0.002766	-0.005084	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

1041 rows × 95 columns



## 7.2. Volatilidad

```
In [ ]: vol=volatilities(precios)
vol
```

```
Out[ ]: 1229    0.216916
1722    0.230187
2815    0.280087
2931    0.400842
3182    0.523861
...
UNFI    0.574817
VITL    0.519096
VMI     0.313294
WRK     0.457117
YAR     0.315357
Length: 95, dtype: float64
```

Precios:

## 7.3. Retorno Anual esperado

La fórmula es:

$$E(R_i) = \mu = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_{it}$$

Un año tiene por convención 252 días donde el mercado esta abierto, por lo que el Retorno Anual esperado es:

$$E(R_{year}) = (1 + E(R_{day}))^{252} - 1$$

## 7.4. Volatilidad

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (R_t - \mu)^2 \\ \sigma &= \sqrt{\sigma^2} \\ \sigma_{year}^2 &= 252 \cdot \sigma_{day}^2 \\ \sigma_{year} &= \sqrt{252} \cdot \sigma_{day}\end{aligned}$$

```
In [ ]: retornos_esperados=expected_returns(precios)
        retornos_esperados
```

```
Out[ ]: 1229    0.109664
        1722   -0.031055
        2815   -0.125619
        2931   -0.169746
        3182   -0.199160
        ...
        UNFI    0.332327
        VITL    0.264448
        VMI     0.211757
        WRK     0.194062
        YAR    -0.065575
        Length: 95, dtype: float64
```

## 7.5. Matriz de covarianza

La fórmula es:

$$[\sigma_{ij}] = \rho_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j$$

```
In [ ]: cov_matrix=covariance_matrix(precios)
cov_matrix
```

Out[ ]:

	1229	1722	2815	2931	3182	4368	4576	4958	
1229	0.047052	0.021191	0.007324	0.012420	0.015926	0.015329	0.009536	0.010460	0.00
1722	0.021191	0.052986	0.007915	0.008169	0.019881	0.014130	0.010602	0.013092	0.00
2815	0.007324	0.007915	0.078449	0.025824	0.028179	0.029447	0.024596	0.038767	0.00
2931	0.012420	0.008169	0.025824	0.160674	0.053133	0.037459	0.050878	0.038720	0.01
3182	0.015926	0.019881	0.028179	0.053133	0.274430	0.049465	0.047347	0.044380	0.02
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UNFI	0.008111	0.007032	-0.005591	0.003715	0.006890	0.012955	0.002868	0.000312	0.01
VITL	0.001087	0.002705	0.004916	-0.001928	-0.005193	0.008017	-0.000447	0.008706	0.00
VMI	0.002358	0.003924	-0.000572	0.002810	0.003938	0.005589	0.001926	0.003730	0.00
WRK	0.007584	0.009844	0.011137	0.007104	0.018230	0.015858	0.005272	0.011668	0.01
YAR	0.011949	0.010668	0.008268	0.015497	0.014901	0.017996	0.001293	0.013842	0.01

95 rows × 95 columns



```
In [49]: cov_matrix_plot = cov_matrix.round(3)
```

```
In [50]: fig = px.imshow(cov_matrix_plot, text_auto=True, width=600, height=600)
fig.show()
```

## 7.6. Matriz de correlación

Mapa de calor de la matriz de correlación.

```
In [ ]: corr_matrix = correlation_matrix(precios)
corr_matrix_plot = corr_matrix.round(3)
fig = px.imshow(corr_matrix_plot, text_auto=True, zmin=-1, zmax=+1, width=600, height=600)
fig.show()
```

## 7.7. Cálculos para los portfolios

- Retorno esperado del portfolio:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n w_i E(r_i)$$

- Volatilidad del portfolio:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$$

- Ratio de Sharpe:

$$\text{sharpe}_p = \frac{R_p - r_f}{\sigma_p}$$

## 8. Optimización del portfolio

```
In [65]: def ratio_sharpe_negativo(weights, retornos_esperados, cov_matrix, risk_free_rate):  
  
    pf_ret    = portfolio_return(weights, retornos_esperados)  
    pf_vol    = portfolio_volatility(weights, cov_matrix)  
    pf_sharpe = portfolio_sharpe_ratio(pf_ret, pf_vol, risk_free_rate)  
  
    return - pf_sharpe  
  
def maximize_sharpe_ratio(retornos_esperados, cov_matrix, risk_free_rate):  
  
    num_assets = len(retornos_esperados)  
    initial_guess = num_assets*[1./num_assets,]  
    args = (retornos_esperados, cov_matrix, risk_free_rate)  
  
    constraints = ({'type': 'eq', 'fun': lambda x: x.sum() - 1})  
  
    frontera = (0.0,1.0)  
    fronteras = tuple(frontera for asset in range(num_assets))  
  
    result = minimize(ratio_sharpe_negativo,  
                    initial_guess,  
                    args=args,  
                    method='SLSQP',  
                    bounds=fronteras,  
                    constraints=constraints)  
  
    return pd.Series(result.x, index=retornos_esperados.index).sort_values  
    (ascending=False)
```

```
In [ ]: pesos_max_sharpe = maximize_sharpe_ratio(retornos_esperados, cov_matrix, activo_libre_de_riesgo)
empresas = cov_matrix.columns.tolist()
pesos_max_sharpe_ord = pesos_max_sharpe.loc[empresas]
ret_max_sharpe = portfolio_return(pesos_max_sharpe_ord, retornos_esperados)
vol_max_sharpe = portfolio_volatility(pesos_max_sharpe_ord, cov_matrix)

print('Optimización')
print(f'El porfolio tangente tiene una rentabilidad de = {ret_max_sharpe:.2%} y volatilidad de = {vol_max_sharpe:.2%}')
print('Esta compuesto de:')
for i in pesos_max_sharpe.index:
    print(f'{i}\t{pesos_max_sharpe[i]:03.2%}')
```

## Optimización

El portafolio tangente tiene una rentabilidad de = -2.56% y volatilidad de = 16.13%

Esta compuesto de:

SFM	32.93%
NOVO.B	19.63%
CALM	18.36%
CF	7.20%
SIG	5.89%
1229	4.59%
SENEA	3.99%
GNC	3.55%
BXB	3.41%
NGVC	0.46%
BYND	0.00%
HAIN	0.00%
HLF	0.00%
OCDO	0.00%
CVGW	0.00%
NEOG	0.00%
FMC	0.00%
GNS	0.00%
AMBP	0.00%
AAK	0.00%
WRK	0.00%
K	0.00%
INGR	0.00%
ALFA	0.00%
G1A	0.00%
IPL	0.00%
CRBN	0.00%
OI	0.00%
LMNR	0.00%
4576	0.00%
4958	0.00%
CRDA	0.00%
SEE	0.00%
BAYN	0.00%
VMI	0.00%
MOS	0.00%
AFN	0.00%
BN	0.00%
VITL	0.00%
TOM	0.00%
DE	0.00%
NOVN	0.00%
CTVA	0.00%
PKG	0.00%
NTR	0.00%
FDP	0.00%
SMDS	0.00%
AUSS	0.00%
EVK	0.00%
SALM	0.00%
SAP	0.00%
GIVN	0.00%
NUF	0.00%
BAS	0.00%
1722	0.00%
HLMA	0.00%
CNHI	0.00%

GPK	0.00%
BAKKA	0.00%
YAR	0.00%
COLD	0.00%
GSF	0.00%
BCPC	0.00%
OGN	0.00%
ECL	0.00%
ADM	0.00%
EMMN	0.00%
3182	0.00%
KYGA	0.00%
MOWI	0.00%
AVO	0.00%
2931	0.00%
JBT	0.00%
LNN	0.00%
AGCO	0.00%
UNFI	0.00%
ERF	0.00%
2815	0.00%
LW	0.00%
BUCN	0.00%
4368	0.00%
STKL	0.00%
TRMB	0.00%
FLO	0.00%
CAS	0.00%
SXT	0.00%
SY1	0.00%
6326	0.00%
IP	0.00%
BILL	0.00%
6186	0.00%
IFF	0.00%
SHC	0.00%
EXPO	0.00%
MKC	0.00%