PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN CON ENFOQUE SUSTENTABLE: UN ANÁLISIS INTEGRAL DEL RIESGO Y RENDIMIENTO CLIMÁTICO

Sustainability-Focused Investment Portfolios: A Comprehensive Analysis of Climate Risk and Return

Miguel Eduardo Ura Gutiérrez

https://orcid.org/ 0000-0002-4744-0850
uragutierrez@comunidad.unam.mx

Doctor en Ciencias de la Administración
Universidad Nacional Autónoma de México

Ricardo Cristhian Morales Pelagio

https://orcid.org/0000-0003-3020-3362
pelagioricardo@hotmail.com

Profesor e Investigador
Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México

María Angélica Cruz Reyes

https://orcid.org/0000-0001-5614-0959
macruzr@ipn.mx

Profesora e Investigadora,
Escuela Superior de Comercio y Administración-Tepepan
Instituto Politécnico Nacional

Cita este capítulo

Ura Gutiérrez, M.E; Morales Pelagio, R.C; Cruz Reyes, M.A. (2026). Portafolios de inversión con enfoque sustentable: un análisis integral del riesgo y rendimiento climático. En: *Tendencias de investigación en administración: del espíritu científico a la acción organizacional.* Londoño-Cardozo, J; Pineda-Henao, E.F. (Editores científicos) (pp. 309-330). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2026.

Resumen

El objetivo del trabajo se enfocó en analizar la relación del rendimiento de portafolios de inversión conformados con riesgos de mercado y otros estructurados con riesgos derivados por el cambio climático. El método es de alcance correlacional, se basó en analizar los rendimientos esperados con la varianza de acuerdo con el modelo de selección de carteras de Markowitz, posteriormente se comparó la capitalización de los activos de capital al integrar los riesgos medioambientales, se consideraron las principales empresas del sector tecnología del SyP Global 1200 por el periodo 2012 a 2018; una de las limitaciones que se encontró fue la falta de información de datos ambientales. Los resultados dan evidencia que los rendimientos esperados de portafolios al considerar un margen de riesgo financiero si son afectados cuando se agregan los riesgos de cambio climático. La originalidad del trabajo es integrar a la teoría de la selección de carteras las variables e información de emisiones de gases de invernadero para reflejar tanto el desempeño financiero como el medioambiental de las empresas emisoras públicas.

Palabras clave: portafolios de inversión, rendimientos esperados, riesgo de cambio climático, empresas de tecnología.

Introducción

A partir de la teoría de selección de portafolios de Markowitz (1952), se ha reconocido que la optimización de una inversión radica no sólo en la maximización del rendimiento esperado, sino también en la minimización de la varianza (riesgo) de la misma; el planteamiento de la propuesta representa la base de la frontera eficiente de inversión, en la cual se encuentran los portafolios óptimos que se pueden construir con un determinado conjunto de activos de capital. Este reconocimiento de optimización de portafolios se extiende al desarrollo de modelos financieros que estiman el rendimiento con función al riesgo, tales como el modelo de valuación de activos de capital (CAPM, por sus siglas en inglés) y el modelo de valuación por arbitraje (APM, por sus siglas en inglés), propuestos por Sharpe (1964) y por Ross (1976), respectivamente. Estos modelos asumen que aun con la minimización de la varianza a través de la diversificación de la inversión del capital, existen riesgos que estarán presentes en cualquier activo en el que se invierta el capital, los cuales representan riesgos sistemáticos o de mercado no diversificables; Entre los factores que propician los riesgos se encuentran las

crisis económicas, la geopolítica, los político-sociales, catástrofes naturales o cualquier otro evento que afecte los sistemas económico y financieros.

Los riesgos sistemáticos tienen repercusiones negativas en los ámbitos sociales, ambientales y económicos que incrementan el riesgo a las empresas, a los inversionistas y mercados; por tanto, es indispensable reconocer, que los riesgos no diversificables afectan el desempeño de las empresas, el contexto y el mercado, es decir, el conocimiento del entorno de las organizaciones se convierte en fundamental para anticipar, reaccionar y cambiar ante los factores externos tales como los ocasionados por el cambio climático, la desigualdad social o el estancamiento económico o decrecimiento (Fazio, 2019). En las empresas emisoras públicas, las consecuencias de no adaptarse ante el entorno se refleja tanto en el desempeño financiero de las empresas, como en las señales que dan a los mercados financieros, impactando directamente en el precio de sus títulos valor o en el desempeño de los portafolios de inversión (Fang et al., 2019)

Este trabajo plantea que el diseño de portafolios de inversión y construcción de la frontera eficiente de Markowitz (1952) optimiza el rendimiento de portafolios considerando el riesgo a partir de la información de sostenibilidad. Bender, Brigdes y Shah (2019). Crossref explicaron que la teoría de portafolios soporta el supuesto de que un mercado es sostenible cuando la información refleja los indicadores de mitigación, adaptación y reducción del cambio climático, de esta manera se presupone que existe una relación entre la información de sostenibilidad de las empresas y las finanzas. El planteamiento de los mismos autores se manifiesta en la necesidad de cambiar paradigmas, donde los inversionistas realicen el proceso de decisión con base en inversiones diversificadas e información de sostenibilidad; a partir de esto, es preciso, el reconocimiento de que la insostenibilidad de las empresas se refleja en el riesgo y desempeño financiero, en tal sentido, la diversificación se debe basar en primer lugar en identificar el conjunto de oportunidades de inversión basadas en probabilidades de intensidad de carbono esperada anterior a un conjunto de oportunidades de inversión basadas en probabilidades de rendimiento esperado, esta conversión traduce la información de sostenibilidad o insostenibilidad en desempeño y riesgo financiero y apoya a los inversionistas en planificar estrategias de inversión resilientes (Bender et al., 2019)

El objetivo del trabajo es analizar la relación del rendimiento de portafolios conformados con riesgos de mercado y otras estructuradas con riesgos

ocasionados por el cambio climático para exponer que se pueden optimizar portafolios de inversión a partir de la información de sostenibilidad, específicamente por la gestión ambiental o relacionada con el clima, tal como las emisiones de tCO_2e de las empresas, e integrarlas a una frontera eficiente para la toma de decisiones de inversión. Por lo que la hipótesis es:

H_1: Existe una relación directa del desempeño ambiental con el desempeño financiero por lo que al integrar el riesgo medioambiental en un portafolio de inversiones el rendimiento esperado es menor que en una cartera que solo considera un margen de riesgo basado en la tasa descontada.

Para este trabajo se revisaron estudios previos en cuanto al desempeño financiero relacionado con el riesgo del cambio climático y desempeño ambiental. Posteriormente, se identificaron las variables financieras y medio ambientales de las diez empresas de mayor capitalización de mercado del sector tecnología que cotizan en bolsa a nivel global y se seleccionaron diez portafolios de inversión bajo la metodología de Markowitz (1952) y diez portafolios climáticos bajo la metodología de Bender et al. (2019). En seguida, se compararon los portafolios para convertir el desempeño y riesgo de intensidad de carbono en desempeño y riesgo financiero. En la parte final se muestran los resultados y conclusiones de este trabajo de investigación.

Marco Teórico

La relación que existe entre desempeño ambiental, el desempeño financiero, y el riesgo de cambio climático de la última década, se encontró que una vez analizadas las variables, tratan de explicar su comportamiento con base en modelos macroeconómico, mismos que vinculan los escenarios con los impactos del cambio climático y con el crecimiento económico, principalmente en países desarrollados, cuya base es con la propuesta de Stern (2007). Por otro lado, Diaz-Rainey et al. (2017), un sentido microeconómico, enfatizan la escasez de investigaciones sobre los impactos del cambio climático en el desempeño o rendimiento de las empresas en las principales revistas financieras; esta investigación considera la segunda postura.

Cabe señalar que las investigaciones pioneras al respecto de los impactos por el cambio climático relacionan las calificaciones ambientales de las empresas con la oportunidad de que las empresas obtengan beneficios adicionales o exploran oportunidades de ingresos en el mercado real y el mercado financiero por sus actividades bajas en carbono (Berman et al., 1999;

Freeman, 2010; Hillman y Keim, 2001). Además, Delmas y Nairn-Birch (2011) argumentaron que las empresas con estándares ambientales más altos regularmente tienen mejor desempeño financiero que las empresas más sucias, lo que aboga a la existencia de una relación positiva entre las empresas y el medio ambiente. Delmas y Nairn-Birch (2011) agregan también, que el cambio climático y sus consecuencias pueden ser oportunidades de ingresos para las empresas que desean involucrarse o diversificarse en brindar soluciones para un uso más eficiente de energía, agua y otros activos ambientales, es decir involucrarse en prácticas ambientales genera oportunidades de ingresos con costos relativamente menores a los costos de no hacer frente al cambio climático.

En este sentido, Jo et al. (2015) analizaron la relación de las prácticas ambientales con el desempeño financiero, y concluyeron que la responsabilidad ambiental corporativa tiene un impacto en el desempeño operativo en el sector de servicios financieros. Este estudio expresa que el rendimiento sobre los activos tiene un impacto positivo por la reducción de los costos ambientales en el corto plazo. Jo et al. (2015) igualmente revelan que las empresas que se buscan obtener calificaciones ambientales a través de buenas prácticas para obtener un diferencial de rendimiento solo les permite mejorar su reputación.

En otras investigaciones, se encuentra la relación de rendimiento de fondos e índices bursátiles y su relación con el clima. Por ejemplo, Ibikunle y Steffen (2017) comparan el desempeño de fondos de inversión verdes o de "conciencia ambiental, versus fondos tradicionales y fondos con componentes fósiles y de recursos naturales, en resumen, sus resultados sugieren que no existe una diferencia significativa de rendimiento respecto a los fondos tradicionales, por lo menos en el corto plazo.

Por su parte, LaPlante et al. (2017) analizaron el rendimiento de los índices de conciencia ambiental en el sector materiales durante el periodo 2011 a 2016, donde encontraron que cuatro de los cinco índices superaban al índice SyP 500 con una menor intensidad de carbono y un mejor rendimiento de mercado. En lo referente al desempeño de rendimiento de portafolios, Utz et al. (2015, 2014) compararon empresas calificadas como socialmente responsables con índices de conciencia ambiental y entre sus hallazgos encontraron que las empresas con calificación sólida en responsabilidad social tienen mejor desempeño que el índice; por su parte, Ibikunle y Steffen (2017) estu-

diaron el rendimiento de las acciones con calificaciones ambiental, social y gobernanza (ESG por sus siglas en inglés) cuya muestra fueron las empresas que cotizan en Europa durante el periodo de 2012 a 2015 confirmando la existencia de primas de valor pagadas por el mercado.

Además de los índices y fondos bursátiles con perfiles ambientales, algunos estudios explican el desempeño de los portafolios de inversión mediante el uso de la variable de intensidad de carbono. Henriques y Sodorsky (2018) observaron tres portafolios del sector de energías limpias con otros portafolios del sector de alto consumo en carbono, entre los resultados encontraron que las empresas de energías limpias obtuvieron un mejor desempeño derivadas de sus procesos bajos en carbono, por otra parte Fang et al. (2019). Utilizó la intensidad de carbono basada en ingresos para analizar el desempeño de los sectores energía, servicios públicos y materiales, sus hallazgos identificaron un alto riesgo ajustado al rendimiento en los sectores energía y materiales, pero señala que es complicado medir el riesgo climático a través de tiempo, los dos trabajos anteriores fueron utilizados por Bender et al. (2019). Quienes propusieron una metodología basada en intensidad de carbono para generar portafolios de inversión, sin un sector en específico, y usando diferentes variables medioambientales como restricciones en el diseño de portafolios de inversión; los hallazgos de Bender et al. (2019). Confirmaron que el valor en el tiempo es fundamental para comprender que el desempeño de las empresas en materia de impacto ambiental es en el corto plazo y, muestra la manera en que el riesgo se debe ajustar para reconocerlo en diferentes escenarios ambientales.

En contraposición Trinks et al. (2018) han argumentado que los trabajos sobre desempeño de portafolios que involucran combustibles fósiles solo son una campaña de desinversión. Ya que desinvertir en combustibles fósiles es igual a vender participaciones en empresas de carbono, petróleo o gas que impone un costo al inversionista en potencial de rentabilidad y reducción de la diversificación; con el mismo enfoque de Trinks, en cuanto a la diversificación, Anderson et al. (2016) apoyaron a la teoría de Markowitz, quienes sugirieron que las restricciones en los portafolios de inversión reduce las oportunidades de inversión y por lo tanto el rendimiento, refiriéndose a la desinversión en empresas de combustibles fósiles, Anderson et al. (2016) hallaron además que la huella de carbono en empresas de combustibles fósiles se puede disminuir hasta 50% a lo largo plazo y que el desempeño de los sectores que tienen alta exposición al carbono en los últimos años son con-

secuencia de movimientos económicos recientes, y no de una preferencia por sectores de bajo niveles de carbono, sin embargo, es necesario diseñar una red de análisis de emisiones que permita describir el efecto de la desinversión en los sectores de combustibles fósiles a largo plazo.

Para esta investigación se añadió el riesgo, que en portafolios de inversión se ajusta a partir de la información ambiental de las empresas bajo un criterio estandarizado que se observa en la revisión de la literatura. En primer lugar, la información ambiental de las empresas comúnmente se explica por las emisiones de carbono que genera una empresa, pues describen los estadios y principales dinámicas ambientales o, el estatus y tendencia de emisiones creadas por las empresas en el territorio en el que actúan (Quiroga Martínez, 2009).

Al total de emisiones, directas e indirectas también se les conoce como huella de carbono y se mide en masa de dióxido de carbono equivalente o CO_2e. la huella de carbono es la metodología más aceptada para medir el desempeño ambiental de las empresas, pues permite explicar las emisiones generadas directamente por la empresa y las emisiones adquiridas por la misma (Tabla 11.1), la huella de carbono entonces se define como el ritmo de emisión de un determinado contaminante durante una actividad concreta, o un proceso de producción industrial

Tabla 11.1 *Indicadores medioambientales de la empresa*

Dato	Unidad de medida	Descripción
Emisiones de carbono o huella de carbono	Scope 1 - Toneladas de CO_2 equivalentes (tCo^2e)	Emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la quema de combustibles fósiles y procesos de producción que son propiedad o están controlados por la empresa.
	Scope 2 - Toneladas de CO_2 equivalentes (tCo^2e)	Emisiones de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad, calor o vapor adquiridos por la empresa.

Nota. Adaptado de A Corporate Accounting and Reporting Standard (p. 25), por Greenhouse Gas Protocol(2004) https://ghgprotocol.org/corporate-standard

Actualmente, la huella de carbono tiene distintas vías de uso, una de éstas, se utiliza para la construcción de índices bursátiles con perfiles medioambientales. Estos se diseñan bajo la metodología de huella de carbono o intensidad de carbono basada en ingresos o, huella de carbono o intensidad de carbono basada en inversión (Tabla 11.2) que corresponden a la suma ponderada de contribución de emisiones por cada constituyente del índice a razón de los ingresos totales o valor de capitalización de mercado, este cálculo es similar a la razón financiera de valor de la acción por ingresos o valor de la acción entre capitalización de mercado. El enfoque basado en los ingresos puede ser más adecuado para para administrar riesgos de inversión que surgen de un supuesto de creación de portafolios, mientras que la huella de inversión proporciona una estimación de sentido común de lo que un inversionista responsable desea del mercado, pues sigue el valor de la acción (Truecost, 2018).

Tabla 11.2. *Criterios para calcular huella de carbono por inversión e ingresos*

Variable	Base para cálculo	Objetivo
Huella de carbono por inversión	Capitalización de mercado	Mide la responsabilidad medioambiental del inversionista
Huella de carbono por ingresos	Ingresos obtenidos	Diseño de carteras medioambientales que mitigan riesgos de inversión basados en carbón.

Nota. Adaptado de Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures (2021)

La evidencia empírica de los trabajos mencionados ha permitido relacionar el rendimiento de mercado de un portafolio con un índice de referencia; en síntesis, para determinar el valor en riesgo del cambio climático es necesario definir en qué nivel está presente la huella de carbono en un portafolio. Para ello, existen dos metodologías para medir la intensidad de carbono de un índice bursátil, la primera incluye la huella de carbono basada en ingresos que mide la responsabilidad del inversionista y la segunda la huella de carbono basada en inversiones, cuyo fin es apoyar la generación de portafolios de inversión sostenibles al seguir las decisiones del inversionista responsable.

Esta investigación tiene un enfoque integral entre la teoría Markowitz (1952) y la metodología de Bender et al. (2019) que ha funcionado como un modelo para construir portafolios de inversión bajo una perspectiva diferente. La inserción o sustitución de la variable de precios de los activos por variables ambientales puede permitir analizar el desempeño de portafolios de inversión bajo la perspectiva de un inversionista medioambientalmente responsable (Bender, 2018), esto se traduce en que la información ambiental de las empresas, al estar presente en el mercado se espera que el riesgo y rendimiento de las inversiones justifique el valor esperado de la empresa ante el riesgo del cambio climático en portafolios de inversión. Esta investigación se suma a que solo unos pocos estudios encuentran que el desempeño ambiental tiene un efecto negativo o nulo en la rentabilidad.

La teoría de selección de portafolios de Markowitz (1952) se basó en el análisis del binomio riesgo–rendimiento, en el cual uno de los principios básicos es la maximización de los rendimientos esperados con el menor de riesgo posible, es decir, el modelo de portafolios de inversión se basa en la correlación del riesgo de los activos de capital para generar una probabilidad de beneficios máximos. Sin embargo, dado que el rendimiento futuro de los activos es incierto, la incertidumbre se presenta como la probabilidad de riesgo de los activos y por lo tanto apoya en la determinación de los rendimientos esperados. Esto representa que el precio de los activos (títulos valor) es la variable independiente del análisis de portafolios de inversión.

A tal efecto, la teoría Markowitz (1952) ha funcionado como un modelo para construir portafolios de inversión bajo una perspectiva diferente. La inserción o sustitución de la variable de precios de los activos por variables ambientales permite analizar el desempeño de portafolios de inversión bajo la perspectiva de un inversionista medioambientalmente responsable (Bender et al., 2019). Esto se traduce en que la información ambiental de las empresas, como las emisiones de carbono, al estar presente en el mercado se espera que el riesgo y rendimiento de las inversiones justifique el valor esperado de la empresa ante el riesgo del cambio climático en portafolios de inversión. Cabe señalar que la información ambiental de las empresas comúnmente se explica por las emisiones de carbono que genera una empresa, pues describen los estadios y principales dinámicas ambientales o, el estatus y tendencia de emisiones creadas por las empresas en el territorio en el que actúan (Quiroga Martínez, 2009).

Metodología

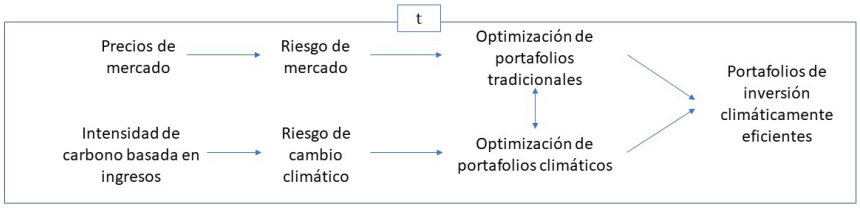
El presente estudio tiene un alcance correlacional y analiza la relación entre el riesgo y el rendimiento de los portafolios de inversión en función de variables de cambio climático. En particular, se consideran dos dimensiones clave:

1. Intensidad de carbono de los activos financieros.

2. Optimización de portafolios climáticos, minimizando el riesgo asociado a la intensidad de carbono.

Para ello, se combinó el modelo de la frontera eficiente de portafolios de Markowitz (1952) con el enfoque de portafolios climáticos de Bender et al. (2019) Figura 11.1.

Figura 11.1 *Modelo integrado de portafolios tradicionales y climáticos*



Nota. Modelo de integración propuesto a partir de la adaptación de la teoría de selección de cartera de Markowitz (1952) y las estrategias de inversión climática de Bender et al. (2019).

La muestra para el estudio se seleccionó de acuerdo con el interés de la propia investigación a partir de las diez empresas de mayor capitalización de mercado del sector tecnología del SyP Global 1200, tal índice está construido como un compuesto a su vez de siete índices principales, muchos de los cuales son líderes aceptados en sus regiones, entre ellos se encuentra: el SyP 500 (EE. UU.); SyP Europe 350; SyP TOPIX 150 (Japón); SyP/TSX 60 (Canadá); SyP/ASX All Australian 50; SyP Asia 50 y SyP latín América 40, cabe puntualizar que la importancia del SyP Global 1200 es por la capacidad para generar 7,495,523,590 tCO2e,. Por la parte del sector tecnología, en los últimos años aporta el 30% de los ingresos en comparación con el mercado, es el mayor exponente en rendimientos en comparación con los demás sectores del mismo índice con un 8%. Finalmente, la información de precios de acciones de las

empresas para la construcción de los portafolios de inversión eficientes se extrajo de la plataforma *Capital* IQ de enero 2012 a enero 2018.

El período de análisis se caracteriza por el estancamiento financiero secular o crecimiento lento a largo plazo. En este período, los principales factores son: el lento crecimiento de la productividad, el bajo impacto de los avances tecnológicos, la ralentización de la innovación, el envejecimiento de la población y la desigualdad de ingresos, entre otros elementos (Parodi Trece, 2018). Consideramos que el impacto ambiental es también un importante factor de análisis a considerar en este período

Una vez recolectada la información, primero se diseñaron diez portafolios de inversión tradicionales basadas en el precio de las acciones para calcular el máximo rendimiento de mercado esperado en función del mínimo riesgo esperado y con la restricción de no ventas en corto, para la optimización de portafolios de inversión de Markowitz (1952), por la función:

Donde:

w= vector de ponderaciones óptima

r = vector de rendimientos esperados

ƛ = Aversión al riesgo

Σ = Matriz de Covarianzas

A continuación, se construyeron diez portafolios de intensidad de carbono basada en ingresos (CO2e/ingresos) siguiendo el trabajo de Bender, Brigdes y Shah (2019); para este trabajo, se consideró únicamente la variable de intensidad de carbono basada en ingresos y se optimizaron los portafolios maximizando la exposición en empresas con baja intensidad de carbono en función del mínimo riesgo de intensidad de carbono basada en ingresos, y la restricción de no ventas en corto, es decir:

Donde:

w= vector de ponderaciones óptima de intensidad de carbono

X = vector de rendimientos esperados de intensidad de carbono

ƛ = Aversión al riesgo de intensidad de carbono

Σ = Matriz de Covarianzas de intensidad de carbono

Siguiendo a Bender et al. (2019) se reformuló la ecuación para controlar un nivel de error de seguimiento para adaptar el marco de riesgo climático y sujeta los objetivos a restricciones de métricas medio ambientales; la función objetivo final y sus restricciones se fijan en:

Donde:

w= vector de ponderaciones óptima de intensidad de carbono

X = vector de exposición a la intensidad de carbono

En la última etapa del método, se trasladaron las ponderaciones del portafolio tradicional al climático y viceversa con el fin de identificar los efectos de desempeño y riesgo de mercado/climático por una parte y en el otro para visualizar el grado de intensidad de carbono para los portafolios tradicionales con el fin de comparar los resultados.

Resultados

La Tabla 11.3, presenta la relación rendimiento-riesgo, de acuerdo con una cartera de inversión con riesgo de mercado, así como los resultados de los activos con baja intensidad de carbono con función al mínimo riesgo de intensidad de carbono esperado.

Tabla 11.3. *Riesgo vs rendimiento esperado: portafolios tradicionales vs. climáticos*

Riesgo y rendimiento de mercado esperado de los portafolios tradicionales											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.19	0.21	0.24	0.29	0.38	0.50
Rendimiento	0.19	0.18	0.20	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.44	0.49
Riesgo y rendimiento de mercado esperado de los portafolios climáticos											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.17	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.19	0.22	0.50
Rendimiento	0.19	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.21	0.26	0.31	0.49

Diferencias entre portafolios climáticos y tradicionales											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.00	0.02	0.01	0.00*	0.01	0.02*	0.04*	0.07*	0.10*	0.15*	0.00
Rendimiento	0.00	0.02	0.06	0.03	0.06	0.09	0.13	0.14	0.13	0.12	0.00

Nota. Comparativa de la frontera eficiente entre portafolios tradicionales y climáticos basada en indicadores de desempeño medioambiental. MVG = *Mínima Varianza Global. Los valores con * indican diferencias negativas, lo que representa una disminución en el riesgo o rendimiento del portafolio climático respecto al tradicional.*

De acuerdo con los resultados, se confirmó el supuesto de la teoría de portafolios de Markowitz en cuanto a la diversificación de activos para la optimización del conjunto de portafolios en una línea de oportunidades de inversión con una mínima varianza global y una frontera eficiente, por la parte de optimizar los portafolios climáticos maximizando la exposición en activos con baja intensidad de carbono en función del mínimo riesgo de intensidad de carbono esperado, también, los resultados se alinearon a la propuesta del trabajo de Bender, Brigdes y Shah (2019).

En seguida, en la Tabla 11.4, se pueden observar los resultados de los rendimientos y riesgos de intensidad de carbono esperados de los portafolios climáticos y los portafolios de inversión tradicionales.

Tabla 11.4. *Riesgo, rendimiento e intensidad de carbono en portafolios tradicionales y climáticos*

Riesgo y rendimiento de intensidad de CO_2e esperado de los portafolios tradicionales											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.002	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Rendimiento	0.12*	0.05*	0.11	0.09*	0.07*	0.04*	0.00*	0.03	0.07	0.11	0.16
Riesgo y rendimiento de intensidad de CO_2e esperado de los portafolios climáticos											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.00	0.05	0.02	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02
Rendimiento	0.07*	0.48*	0.41*	0.33*	0.26*	0.19*	0.12*	0.05*	0.01	0.08	0.16

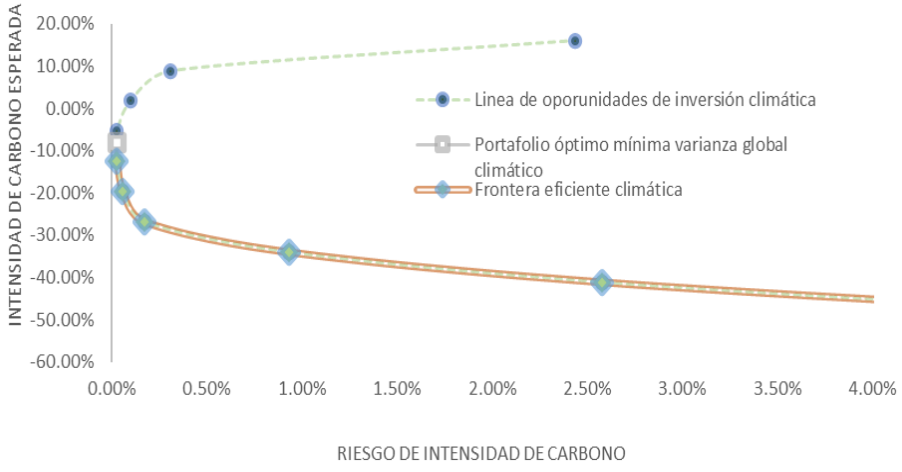
Diferencias entre portafolios climáticos vs tradicionales											
	Portafolio de MVG	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Riesgo	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00
Rendimiento	0.19*	0.43*	0.08*	0.42*	0.29*	0.23*	0.12*	0.02*	0.06*	0.03*	0.00

*Nota: Análisis comparativo de la intensidad de carbono entre carteras convencionales y climáticas. MVG = Mínima Varianza Global. Los valores con * indican diferencias negativas, señalando una reducción en la métrica correspondiente (riesgo, rendimiento o intensidad) al transitar hacia portafolios climáticos.*

Finalmente, los resultados se graficaron para mostrar el modelo de portafolios climáticos, tradicionales y el rendimiento de los portafolios tradicionales y los portafolios climáticos en el mismo plano.

La Figura 11.2 muestra que la frontera eficiente climática que se generó del modelo de portafolios climáticos de Bender, Brigdes and Shah (2019) está en el plano inferior del área de la gráfica, esto responde a que la línea eficiente de portafolios climáticos es aquella que pronostica una tendencia de descarbonización en el tiempo y que el portafolio de mínima varianza global marca el inicio de la frontera eficiente climática.

Figura 11.2. *Frontera eficiente climática*

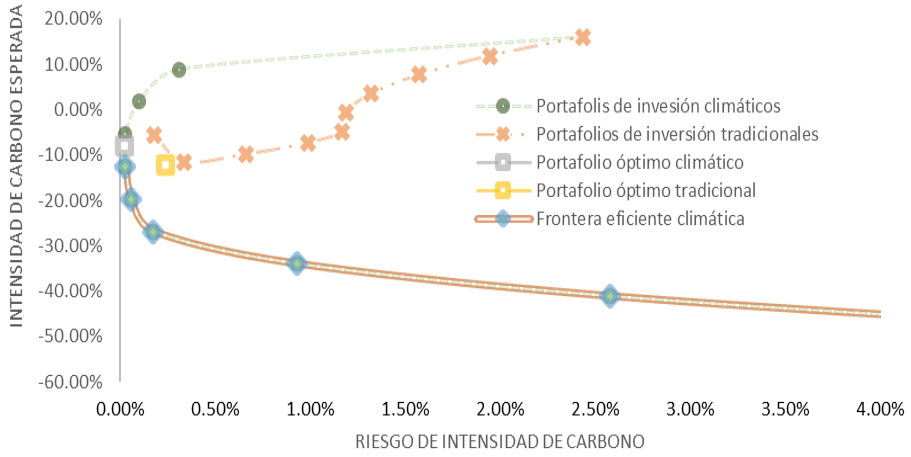


Nota. El gráfico ilustra la frontera eficiente climática y la línea de oportunidades de inversión basadas en indicadores de intensidad de carbono. El eje horizontal representa el riesgo de intensidad de carbono y el eje vertical la intensidad de carbono esperada.

La siguiente gráfica, muestra el resultado de la transición de los portafolios tradicionales al modelo de portafolios climáticos, se encontró que ninguno de los portafolios tradicionales se acerca a la línea de oportunidades de inversión de portafolios climáticos. Los resultados de la transición de los portafolios tradicionales al modelo de portafolios climáticos demostraron que el proceso de transición del modelo tradicional al climático funciona para identificar los niveles de intensidad de carbono de cada uno de los portafolios tradicionales medidos por riesgo esperado de intensidad de carbono y desempeño ambiental esperado.

La Figura 11.3 muestra que el portafolio óptimo tradicional tiene un nivel esperado de carbono del -12%, es decir un nivel de descarbonización mayor en comparación con el portafolio optimo climático con -7.89% (ver Tabla 11.2):

Figura 11.3. *Integración de portafolios tradicionales en modelos climáticos*

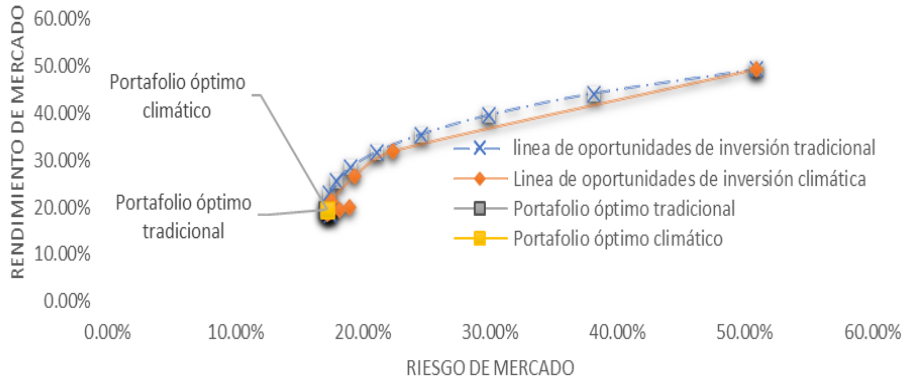


Nota. Comparación de la frontera eficiente y los portafolios óptimos bajo métricas de intensidad de carbono. La gráfica muestra el desplazamiento del portafolio óptimo y la eficiencia del modelo climático frente al tradicional en términos de riesgo y reducción de emisiones.

Sin embargo el riesgo esperado de intensidad de carbono si es representativo en 200 puntos base en comparación con riesgo nulo del portafolio óptimo climático (0,24% vs. 0,02%), se observó también que en esta transición los portafolios óptimos de mínima varianza tradicional y climática no pertenecen al mismo plano cartesiano. Caso contrario sucedido en la transición de

los portafolios climáticos al modelo de portafolios de inversión tradicional, los portafolios óptimos de mínima varianza global climático y mínima varianza global tradicional si se encontraron en el mismo eje de intersección (ver Figura 11.4 Portafolios climáticos incorporados al modelo de portafolios tradicionales).

Figura 11.4 *Portafolios climáticos incorporados al modelo de portafolios tradicionales*



Nota. Comparativa de las líneas de oportunidades de inversión y portafolios óptimos en el plano de riesgo-rendimiento de mercado. Se observa la convergencia y las sutiles diferencias entre el modelo tradicional y el modelo que incorpora indicadores climáticos.

La Figura 11.4 Portafolios climáticos incorporados al modelo de portafolios tradicionales muestra además que la transición del portafolio de mínima varianza global óptimo climático al modelo de portafolios tradicionales representó un 0.18% más de riesgo de mercado en comparación con el portafolio optimo tradicional, sin embargo el rendimiento de mercado no representó una diferencia relevante; se observa también que el resto de la línea de oportunidades de inversión climáticas se desplaza ligeramente hacia el plano inferior del plano, esto responde a la eficiencia de la frontera eficiente considerando las variables climáticas; es decir el desempeño y riesgo de mercado de la frontera eficiente climática es ligeramente menor en comparación con la frontera eficiente tradicional.

Discusión

Uno de los principios de la teoría de portafolios de Markowitz (1952) señala que la diversificación puede optimizar el rendimiento ajustado al riesgo, lo-

grando una frontera eficiente que maximiza el rendimiento por unidad de riesgo. esto es que al combinar activos, los inversionistas pueden reducir el riesgo sin sacrificar rendimiento. El supuesto detrás de este argumento es que una correcta diversificación se alinea con la curva de la mínima varianza global (MVG), la cual representa la mejor combinación de activos para un rendimiento dado con el menor riesgo posible. Los resultados de este trabajo confirman este supuesto.

Los portafolios tradicionales y climáticos muestran un comportamiento alineado con la diversificación en el sentido eficiente de Markowitz (1952). Sin embargo, los portafolios climáticos, optimizados para minimizar la intensidad de carbono, demuestran una mayor estabilidad en términos de riesgo a lo largo de diferentes niveles de rendimiento. Esto sugiere que la teoría de Markowitz sigue siendo válida para los portafolios que integran variables ambientales, como la intensidad de carbono, traducida en una frontera eficiente climática que optimiza tanto el rendimiento financiero como la sostenibilidad. En particular, los portafolios climáticos presentan un riesgo relativamente bajo en comparación con los tradicionales, lo que demuestra una gestión más eficiente del riesgo sin comprometer el rendimiento.

El marco de referencia en el campo de las finanzas climáticas sostiene que la integración de factores ambientales en las decisiones de inversión puede reducir el riesgo de exposición a cambios regulatorios, eventos climáticos extremos y otras externalidades ambientales negativas. En trabajos previos, como los de Bender, Bridges y Shah (2019) Se ha postulado que los portafolios que consideran la intensidad de carbono y otros riesgos ambientales tienden a ser más resilientes a largo plazo y ofrecen una mejor relación riesgo-rendimiento, especialmente en un contexto de creciente preocupación por el cambio climático.

Nuestros resultados muestran que los portafolios climáticos logran una reducción en el riesgo de intensidad de carbono en comparación con los portafolios tradicionales. Este hallazgo valida los supuestos teóricos sobre la importancia de integrar variables climáticas en las decisiones de inversión de Fang et al. (2019) y Bender et al. (2019). Por ejemplo, el portafolio de mínima varianza global de nuestros resultados de la tabla 11-4 muestran un riesgo de carbono casi nulo, lo que contrasta con el portafolio tradicional, que presenta un mayor riesgo de CO_2e esperado. Estos resultados confirman que los portafolios climáticos pueden ofrecer no solo una ventaja en términos de

sostenibilidad, sino también una reducción efectiva del riesgo relacionado con el cambio climático.

Además, la frontera eficiente climática se desplaza a una posición más baja en el gráfico en comparación con la frontera eficiente tradicional, lo que indica que la diversificación hacia activos de baja intensidad de carbono reduce el riesgo global del portafolio, reforzando las conclusiones de Bender et al. (2019).

Paralelamente, Ibikunle y Steffen (2017) señalaron que la sostenibilidad no solo es una cuestión ética o de regulación, sino que también tiene un impacto directo en la creación de valor a largo plazo para los inversionistas. Portafolios alineados con estrategias de descarbonización y con baja exposición a riesgos climáticos tienen una mayor probabilidad de ser resilientes frente a cambios normativos y de mercado, manteniendo un rendimiento estable a largo plazo.

Mostramos también que los portafolios tradicionales, al intentar alinearse con las métricas de descarbonización no logran acercarse a la línea de oportunidades de inversión climáticas; esto demuestra que los modelos tradicionales no son capaces de adaptarse fácilmente a las exigencias de un mercado cada vez más orientado hacia la sostenibilidad. En contraste, los portafolios climáticos ofrecen una mejor posición en términos de descarbonización y, aunque el rendimiento de los portafolios tradicionales puede parecer competitivo en el corto plazo, los riesgos ambientales asociados con la falta de una transición hacia un modelo sostenible pueden erosionar dicho valor con el tiempo generando riesgos de transición; estos resultados se acercan a los de LaPlante y Watson (2017) y Utz y Wimmer (2014).

Esta discusión señala que la relación entre el marco teórico y los resultados empíricos entorno a las teorías clásicas de diversificación y optimización de portafolios, como las propuestas por Markowitz, siguen siendo aplicables en un contexto de finanzas climáticas. Sin embargo, la integración de factores ambientales, como la intensidad de carbono, añade una nueva capa de complejidad que permite optimizar mejor los portafolios en términos de riesgo y sostenibilidad a largo plazo (Bender et al., 2019) Los resultados suman a la hipótesis de Trinks et al. (2018), y Henrique y Sodorsky (2018) donde los portafolios alineados al cambio climático no solo son una respuesta a las exigencias regulatorias y sociales, sino también una estrategia financieramente sólida para mitigar riesgos y maximizar rendimientos en un mundo cada vez más enfocado en la descarbonización y la sostenibilidad aunque ello implique movimientos de capitales hacia otros sectores.

Conclusiones

Esta investigación muestra que la integración de criterios de sostenibilidad y métricas ambientales o climáticas en las decisiones de inversión deben tomarse en consideración en la optimización de portafolios. Es evidente que reconocer factores como la intensidad de carbono en los portafolios permite optimizar la relación del riesgo – rendimiento sin sacrificar significativamente el desempeño, especialmente en el contexto de incertidumbre por efectos del cambio climático.

Uno de los hallazgos clave es que la frontera eficiente climática, aunque similar a la frontera eficiente tradicional, refleja una dualidad en la que los inversionistas deben equilibrar sus objetivos financieros con las amenazas del cambio climático. Al integrar los riesgos climáticos, es posible mantener un perfil de riesgo aceptable a pesar de mostrar una ligera reducción en el rendimiento en comparación con los portafolios tradicionales. Este fenómeno sugiere que, aunque a corto plazo pueda haber una ligera disminución en el desempeño de los portafolios, a largo plazo las inversiones sostenibles pueden redefinir las dinámicas del mercado financiero, creando una nueva frontera eficiente que optimiza tanto los resultados financieros como los ambientales.

El análisis muestra que, si bien los inversionistas convencionales pueden obtener rendimientos superiores a los de los portafolios climáticos, estos últimos ofrecen una mayor resiliencia frente al cambio climático. Al sacrificar parte de su rentabilidad, es posible que los inversionistas alineados con criterios de sostenibilidad apoyen a las empresas responsables con el medio ambiente, permitiéndoles reducir su costo de capital y acelerar su transición hacia un modelo de negocio más sostenible. Este argumento permitiría crear un incentivo a las empresas a mejorar su desempeño ambiental, lo que refuerza el ciclo de inversión en sostenibilidad y contribuye a la descarbonización de las carteras de inversión.

En términos teóricos, este trabajo contribuye a una comprensión más profunda de cómo los factores ambientales, como la contaminación y el cambio climático afectan el comportamiento de los inversionistas y, por ende, la valoración y el desempeño de los portafolios de inversión. La literatura revisada sugiere que el impacto del cambio climático sobre las decisiones de inversión es complejo y está condicionado por el gusto y comportamiento de los inversionistas. En este contexto, las ineficiencias del mercado en cuanto a la información sobre soste-

nibilidad podrían, en última instancia, afectar negativamente los rendimientos esperados de los inversionistas convencionales a largo plazo.

Con miras al futuro, el reto consiste en identificar de manera más precisa los efectos específicos del deterioro del capital debido al cambio climático y otras externalidades, y cómo estos factores influyen tanto en el desempeño de las empresas como en la construcción de portafolios. Estos elementos serán claves para guiar las decisiones de inversión en la transición hacia una economía baja en carbono, promoviendo un mejor equilibrio entre los objetivos financieros y los compromisos ambientales, tanto desde una perspectiva académica como empírica.

En conclusión, consideramos que la integración de factores ambientales o climáticos en la optimización de portafolios no solo ofrece una nueva perspectiva para mitigar riesgos y maximizar rendimientos, sino que también representa una vía efectiva para apoyar la transición hacia un futuro más sostenible. Este enfoque multidimensional en las decisiones de inversión redefine los parámetros de optimización y abre la posibilidad a nuevas oportunidades en la construcción de portafolios resilientes ante los desafíos globales del cambio climático.

Referencias

Andersson, M., Bolton, P., y Samama, F. (2016). Hedging climate risk. *Financial Analysts Journal*, 72(3), 13–32.

Bender, J., Bridges, T. A., y Shah, K. (2019). Reinventing climate investing: Building equity portfolios for climate risk mitigation and adaptation. *Journal of Sustainable Finance y Investment*, 9(3), 191–213. https://doi.org/10.1080/20430795.2019.1579512

Berman, S. L., Wicks, A. C., Kotha, S., y Jones, T. M. (1999). Does Stakeholder Orientation Matter? The Relationship between Stakeholder Management Models and Firm Financial Performance. *The Academy of Management Journal*, 42(5), 488–506. https://doi.org/10.2307/256972

Delmas, M. A., y Nairn-Birch, N. S. (2011). *Is the tail wagging the dog? An empirical analysis of corporate carbon footprints and financial performance*. https://escholarship.org/uc/item/3k89n5b7

Diaz-Rainey, I., Robertson, B., y Wilson, C. (2017). Stranded research? Leading finance journals are silent on climate change. *Climatic Change*, 143(1), 243–260. https://doi.org/10.1007/s10584-017-1985-1

Fang, M., Tan, K. S., y Wirjanto, T. S. (2019). Sustainable portfolio management under climate change. *Journal of Sustainable Finance y Investment*, 9(1), 45–67. https://doi.org/10.1080/20430795.2018.1522583

Fazio, H. (2019). *Cambio climático, economía y desigualdad: Los límites del crecimiento en el siglo* XXI. Eudeba.

Freeman, R. E. (2010). Strategic Management: A *Stakeholder Approach*. *Cambridge University Press*. https://doi.org/10.1017/CBO9781139192675

Henriques, I., y Sadorsky, P. (2018). Investor implications of divesting from fossil fuels. *Global Finance Journal*, 38(C), 30–44.

Hillman, A. J., y Keim, G. D. (2001). Shareholder Value, Stakeholder Management, and Social Issues: What's the Bottom Line? *Strategic Management Journal*, 22(2), 125–139.

Ibikunle, G., y Steffen, T. (2017). European Green Mutual Fund Performance: A Comparative Analysis with their Conventional and Black Peers. *Journal of Business Ethics*, 145(2), 337–355.

Jo, H., Kim, H., y Park, K. (2015). Corporate Environmental Responsibility and Firm Performance in the Financial Services Sector. *Journal of Business Ethics*, 131(2), 257–284.

LaPlante, A., y Watson, C. (2017). Managing carbon risk: A look at environmentally conscious indices. Global Risk Institute Report.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. https://doi.org/10.2307/2975974

Parodi Trece, C. (2018). *La gran desaceleración económica mundial* 2011-2015. Repositorio de la Universidad del Pacífico - UP. http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2060

Quiroga Martínez, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, CEPAL.

Ross, S. A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341–360. https://doi.org/10.1016/0022-0531(76)90046-6

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. https://doi.org/10.2307/2977928

SyP Trucost. (s/f). *Carbon Metrics—Temas de Inversión SyP Dow Jones Indices*. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de https://www.spglobal.com/spdji/es/landing/investment-themes/carbon-metrics/

Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change: The Stern Review. *Cambridge University Press*. https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434

Trinks, A., Scholtens, B., Mulder, M., y Dam, L. (2018). Fossil Fuel Divestment and Portfolio Performance. *Ecological Economics*, 146, 740–748. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.036

Utz, S., y Wimmer, M. (2014). Are they any good at all? A financial and ethical analysis of socially responsible mutual funds. *Journal of Asset Management*, 15(1), 72–82. https://doi.org/10.1057/jam.2014.8

Utz, S., Wimmer, M., y Steuer, R. E. (2015). Tri-criterion modeling for constructing more-sustainable mutual funds. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 331–338.