

Reus – 2023

EL VIAJE AL DESTINO CERO

OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA LOS
MERCADOS FINANCIEROS

Trabajo de Fin de Máster

Andreu Michael Neumann Calafell
Máster en Dirección de Empresas



FACULTAT D'ECONOMIA i EMPRESA
Universitat Rovira i Virgili

Índice de contenidos

El Viaje al Destino Cero	3
Resumen	3
Resum	3
Abstract	4
Introducción	5
1. Revisión de la literatura	7
1.1. Existencia de una prima de carbono en el mercado continuo	9
1.2. Diferencias entre carteras bajas en carbono y carteras tradicionales	10
1.3. Efecto de las emisiones de GEI sobre el mercado financiero	11
1.4. Efecto de las puntuaciones ASG sobre los rendimientos del mercado	12
1.5. Efecto de las normativas climáticas sobre el mercado financiero	13
2. Hipótesis del estudio	13
3. Metodología y datos	14
4. Resultados	17
5. Conclusiones	19
5.1. Limitaciones del trabajo	20
5.2. Futuras líneas de investigación	20
6. Propuesta de proyecto de tesis	21
6.1. Objetivos del proyecto de tesis	21
6.2. Datos y metodología	21
6.3. Cronograma del proyecto de tesis	22
7. Bibliografía	23

Índice de tablas

Tabla 1. Variables de estudio.....	15
Tabla 2. Estadísticos descriptivos.....	16
Tabla 3. Matriz de correlaciones.....	16
Tabla 4. Test de Hausman.....	17
Tabla 5. Resultados de la regresión de datos de panel.....	18

Índice de figuras

Gráfico 1. Cronograma del proyecto de tesis propuesto.....	23
--	----

El Viaje al Destino Cero

Resumen

El riesgo climático se ha convertido en uno de los riesgos que tanto empresas como gobiernos consideran relevantes en la actualidad. Desde 2018, la Unión Europea ha llevado a cabo distintas iniciativas legislativas para promover una transición hacia la sostenibilidad en los mercados financieros y en la economía europea. Dada la importancia del riesgo climático y de la Unión Europea en temas de sostenibilidad, el siguiente trabajo ha analizado el efecto del riesgo climático sobre los rendimientos de las empresas europeas en los mercados financieros. Con este fin, se han estudiado 295 empresas incluidas en el índice Stoxx600 entre 2015 y 2019. La metodología que se ha utilizado para llevar a cabo el estudio ha sido una regresión de datos de panel. Se ha observado que durante el período estudiado las empresas más contaminantes y con peores calificaciones ambientales obtienen menores rendimientos. Además, se ha llevado a cabo una propuesta de proyecto de tesis doctoral para desarrollar en el período de 2023-2026.

Palabras clave: *riesgo climático en el mercado financiero europeo, intensidad de carbono, calificaciones ASG.*

Resum

El risc climàtic ha esdevingut un dels riscos que tant empreses com governs consideren rellevants actualment. Des del 2018, la Unió Europea ha dut a terme diferents iniciatives legislatives per promoure una transició cap a la sostenibilitat als mercats financers i a l'economia europea. Atesa la importància del risc climàtic i de la Unió Europea en temes de sostenibilitat, en aquest treball s'ha analitzat l'efecte del risc climàtic sobre els rendiments de les empreses europees en els mercats financers. Amb aquesta finalitat, s'han estudiat 295 empreses incloses a l'índex Stoxx600 entre el 2015 i el 2019. La metodologia que s'ha utilitzat per dur a terme l'estudi ha estat una regressió de dades de panell. S'ha observat que durant el període estudiat les empreses més contaminants i amb pitjors qualificacions ambientals obtenen rendiments menors. A més, s'ha dut a terme una proposta de projecte de tesi doctoral per a desenvolupar en el període de 2023-2026.

Paraules clau: *risc climàtic en el mercat financer europeu, intensitat de carboni, qualificacions ASG.*

Abstract

Climate risk has become one of the risks that both companies and governments consider relevant today. Since 2018, the European Union has carried out different legislative initiatives to promote a transition towards sustainability in financial markets and the European economy. Given the importance of climate risk and the European Union in sustainability issues, the following work has analysed the effect of climate risk on the returns of European companies in the financial markets. For this purpose, 295 companies included in the Stoxx600 index have been studied between 2015 and 2019. The methodology used to carry out the study has been a panel data regression. It has been observed that during the period studied the most polluting companies and with the worst environmental ratings obtain lower returns. In addition, a proposal for a doctoral thesis project has been carried out to be developed in the period 2023-2026.

Key words: *climate risk in the European financial market, carbon intensity, ESG ratings.*

Introducción

No hay duda de la incidencia de la actividad humana en el cambio climático. Los gobiernos, las empresas y los grupos de interés consideran, como riesgos ambientales severos, los desastres naturales, el clima extremo, la incapacidad para mitigar y adaptarse al cambio climático, la crisis de recursos naturales y los incidentes de daños ambientales a gran escala (World Economic Forum, 2023). El cambio climático y la contaminación no solo suponen riesgos para el futuro, sino que ya tienen efectos bien visibles sobre la población (Cook y Heyes, 2022; He et al., 2022; Wang et al., 2022)

Se estima que las temperaturas en el año 2040 serán 1,5°C más altas a nivel mundial. Además, si se sigue con las condiciones actuales, el incremento de las temperaturas alcanzaría 3°C (Eurosif, 2021).

Para intentar frenar el calentamiento global o reducir sus efectos, numerosos países se unieron en 1997 y se adhirieron al Protocolo de Kioto, que comprometía a los países desarrollados a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Sin embargo, el acuerdo no entró en vigor hasta 2005. Posteriormente, en 2015, se aprobó el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015), tratado internacional y vinculante legalmente que, por primera vez, incluye a todos los países en la lucha contra el cambio climático. El objetivo principal del Acuerdo fue mantener el incremento de la temperatura media global por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales e intentar limitarlo a un máximo de 1,5°C.

Actualmente, la Unión Europea lidera la lucha contra el cambio climático con numerosas iniciativas. En 2018, la Comisión Europea publica el Plan de Acción en Finanzas Sostenibles con el objetivo de promover la inversión sostenible y transparente, y que la sostenibilidad se incluya en la gestión del riesgo (European Commission, 2018). De dicho plan, han derivado distintas regulaciones como la Taxonomía de las actividades económicas medioambientales (también conocida como Taxonomía Verde), la Regulación sobre la divulgación de información relativa a la sostenibilidad en el sector de los servicios financieros, el reglamento MIFID II, la Directiva CSRD y la modificación de la Directiva NFRD (Directorate-General for Financial Stability and Financial Services and Capital Markets Union, 2018).

El cambio climático supone un nuevo tipo de riesgo para las empresas, el riesgo climático. Reboredo y Ugolini (2022) definen el riesgo climático como la combinación del riesgo físico y el riesgo de transición. El primero proviene de los desastres naturales y de la

impredecibilidad e intensidad de los fenómenos climáticos. Mientras que el segundo proviene de las acciones que tienen que tomar las empresas a causa de cambios normativos, tecnológicos o de preferencias de los consumidores para reducir sus emisiones y adaptar sus procesos productivos a una economía verde.

Según Bolton y Kacperczyk (2021), las emisiones de GEI de las empresas se han ordenado en tres tipos de alcances: el Alcance 1, que corresponde a las emisiones directas de la producción de la empresa; el Alcance 2, que incluye las emisiones indirectas del consumo de electricidad, calor y vapor comprado; y el Alcance 3, que recoge las emisiones indirectas provenientes de la producción de materiales comprados, el uso de productos, actividades subcontratadas, etc.

El efecto del riesgo climático sobre los mercados financieros, las empresas y los grupos de interés es un tema actual, pero a su vez, muy discutido en la literatura (Horváthová, 2010). Existen distintas formas de aproximar el riesgo climático y no hay un consenso claro sobre cuáles son las variables o indicadores que mejor lo definen. Entre los más comúnmente utilizados destacan: la intensidad de carbono (Bhat, 1999; Görgen et al., 2017; In et al., 2019; Bolton y Kacperczyk, 2021; Ilhan et al., 2021), las emisiones de GEI a nivel de tierra, aire y cuerpos acuáticos (Chang et al., 2020; Hsu et al., 2020; Fang et al., 2021) o las calificaciones ASG de las agencias de rating (Garzón-Jiménez y Zorio-Grima, 2021; Zhang, 2022). Asimismo, no todos los trabajos cuantifican de la misma forma la intensidad de carbono. Algunos autores utilizan la suma de las emisiones de GEI de Alcance 1 y Alcance 2 (en algunos casos también se incluye el Alcance 3) normalizada por los ingresos de las empresas (Bhat, 1999; Garvey et al., 2018; Görgen et al., 2020; In et al., 2019; Bolton y Kacperczyk, 2021; Trinks et al., 2022), mientras que otros autores normalizan las emisiones por el valor de mercado de la empresa (Ilhan et al., 2021), por el patrimonio neto de la empresa (Hsu et al., 2020) o por el umbral de notificación del Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (Horváthová, 2012).

La mayoría de los trabajos sobre el impacto del riesgo climático en los mercados financieros se han centrado en el mercado de Estados Unidos (Bhat, 1999; Andersson et al., 2016; In et al., 2019; Hsu et al., 2020; Monasterolo y de Angelis, 2020; Yook y Hooke, 2020; Bolton y Kacperczyk, 2021; Ilhan et al., 2021; Garcia-Jorcano et al., 2022; Reboredo y Ugolini, 2022; Tang y Li, 2022) y existe poca literatura que estudie el mercado financiero europeo (Horváthová, 2012; Oestreich y Tsiakas, 2015; Andersson et al., 2016; Monasterolo y de Angelis, 2020; Reboredo y Ugolini, 2022).

Dada la relevancia del tema y que la Unión Europea es claramente pionera en temas de sostenibilidad en general y de sostenibilidad financiera en particular, el objetivo de este trabajo será analizar el efecto del riesgo climático en el mercado financiero europeo. Los inversores necesitan evaluar cuidadosamente los riesgos climáticos asociados a las empresas en las que invierten, así como la exposición de sus carteras a estos riesgos.

En este sentido, este trabajo hace importantes contribuciones académicas y prácticas al estudio del riesgo climático. Desde un punto de vista teórico, esta investigación respalda los hallazgos de los estudios previos de Garvey et al. (2018), In et al. (2019), Monasterolo y De Angelis (2020), Tripathi y Jham (2020) y Trinks et al. (2022) que indican que el mercado valora una baja exposición al riesgo climático. Los resultados muestran que tanto la intensidad de carbono como la puntuación del pilar ambiental de la puntuación ASG pueden ser medidas eficaces. Desde una perspectiva práctica, este documento proporciona a los inversores información valiosa para la toma de decisiones. La investigación crea conciencia entre las empresas sobre su exposición al riesgo climático y ofrece un medio para medirlo. La intensidad de carbono se puede utilizar como un indicador clave de rendimiento, comparándolo con los otros competidores del sector y tratando de buscar el valor más bajo.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la sección 1 se describe la revisión de la literatura sobre la vinculación del riesgo climático y los mercados financieros. En la sección 2 se plantean las hipótesis de este trabajo y en la sección 3 se describe la metodología y los datos del modelo. Los resultados se explican y muestran en la sección 4 y, a continuación, en la sección 5 se presentan las conclusiones. En la sección 6 se presenta la propuesta de proyecto de tesis doctoral.

1. Revisión de la literatura

La investigación del impacto del riesgo climático sobre el rendimiento financiero de las empresas y de los mercados tiene una historia considerable (Horváthová, 2010). La importancia del estudio del riesgo climático se ha visto impulsada gracias a las iniciativas públicas de distintos países y organizaciones supranacionales, como sería el caso del Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y las normativas ambientales de la Unión Europea.

La variable más básica que se puede utilizar para aproximar el riesgo climático es la cantidad emisiones de GEI que las empresas emiten (Chang et al., 2020; Fang et al., 2021; Garzón-Jiménez y Zorio-Grima, 2021; Hsu et al., 2023). Las emisiones de GEI no solo contaminan el aire, sino también el suelo y el agua del planeta.

Ahora bien, la intensidad de carbono se podría considerar la variable más usada para medir el riesgo climático. Este indicador se calcula normalmente a través del coeficiente de las emisiones de GEI y los ingresos por ventas de las empresas (Bhat, 1999; Garvey et al., 2018; Görgen et al., 2020; In et al., 2019; Bolton y Kacperczyk, 2021; Trinks et al., 2022). Otros autores han usado variantes de la intensidad de carbono: emisiones normalizadas por el valor de mercado de la empresa (Ilhan et al., 2021), emisiones normalizadas por el patrimonio neto de la empresa (Hsu et al., 2023) y emisiones normalizadas por el umbral de notificación del Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (Horváthová, 2012).

Andersson et al. (2016) utilizan en su estudio un indicador similar a la intensidad de carbono. Pero en lugar de emisiones de GEI, los autores emplean la huella de carbono normalizada por las ventas de la empresa. La huella de carbono en este caso se define como “cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas con todas las actividades de una persona o entidad (por ejemplo, edificio, corporación, país, etc.)” (Eckley Selin, 2023).

Las puntuaciones ASG de las empresas de rating son otra forma de aproximar y medir el riesgo climático que las empresas y los mercados financieros soportan (Garzón-Jiménez y Zorio-Grima, 2021; Reboredo y Ugolini, 2022; Zhang, 2022). Dichas puntuaciones se pueden separar en tres subpuntuaciones: el pilar ambiental (A), el pilar social (S) y el pilar de gobernanza (G).

La Unión Europea, en 2005, inició el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (EU-ETS). A través de dicho régimen, las empresas recibían una cantidad de derechos de emisión que podían utilizar, vender o comprar. Un derecho de emisión otorga a la empresa el derecho de emitir una tonelada de dióxido de carbono (European Parliament and European Council, 2003). Oestreich y Tsiakas (2015) y Garcia-Jorcano et al. (2022) en sus estudios utilizan los derechos de emisión del régimen EU-ETS para aproximar el riesgo climático.

Otra medida usada es la eficiencia de carbono (Trinks et al., 2020). Ahora bien, se ha detectado que, en algunos estudios, la eficiencia de carbono se utiliza como sinónimo de la intensidad de carbono (In et al., 2019), de hecho, se puede decir que una empresa es eficiente en carbono si su intensidad de carbono es baja. Pero la eficiencia de carbono es distinta a la intensidad de carbono, tanto en definición como en forma de cálculo. La eficiencia de carbono muestra que cantidad mínima de emisiones de carbono es necesaria

para producir un nivel de producción determinado respecto los competidores directos del sector en que la empresa compite (Trinks et al., 2020).

El efecto del riesgo climático sobre el rendimiento de las empresas se ha analizado utilizando distintas variables, y distintas metodologías. Hasta estos momento, los principales objetivos de investigación se han centrado en:

- Estudiar la existencia de una prima de carbono en el mercado continuo.
- Estudiar las diferencias entre carteras bajas en intensidad de carbono y carteras tradicionales.
- Analizar el efecto de las emisiones de GEI sobre el mercado financiero.
- Analizar el efecto de las puntuaciones ASG sobre los rendimientos del mercado.
- Analizar el efecto de las normativas climáticas sobre el mercado financiero.

En los siguientes apartados se expondrán las metodologías, variables y conclusiones de los estudios.

1.1. Existencia de una prima de carbono en el mercado continuo

Los inversores pueden pedir a las empresas más contaminantes una compensación por el riesgo climático que soportan. Esta compensación es conocida como prima de carbono (Oestreich y Tsiakas, 2015; Görgen et al., 2017; Bolton y Kacperczyk, 2021; Reboredo y Ugolini, 2022; Tang y Li, 2022). A medida que las legislaciones ambientales se vuelven más estrictas, las empresas contaminantes tienen peores resultados y su riesgo climático se incrementa.

Oestreich y Tsiakas (2015) aproximan el riesgo climático a través de la cantidad de derechos EU-ETS que las empresas del DAX y del FTSE recibían durante 2003 y 2012. A través de CAPM y de Carhart llegan a la conclusión que en el mercado se exige una prima de carbono a las empresas que recibían más derechos EU-ETS, siendo éstas las que tenían más riesgo climático. Posteriormente, Bolton y Kacperczyk (2021) a través de la intensidad de carbono y regresiones de series temporales encuentran que en el mercado estadounidense, entre 2005 y 2017, existe una prima de carbono, pero condicionada a la industria. Además, observan que, en momentos de recesión, la prima de carbono incrementa.

Tang y Li (2022) encuentran que se exige una prima de carbono tanto en Estados Unidos como en China entre 2000 y 2018. Los autores utilizan distintas redes neuronales (CNN,

Multi-LSTM, CNN-LSTM y Multi-CNN) para predecir el riesgo de carbono y los rendimientos del mercado.

Görgen et al. (2017) a través de una regresión de datos de panel y la intensidad de carbono, encuentran que, entre 2010 y 2017, y a nivel mundial, no existía una prima de carbono. Además, concluyen que los inversores no son conscientes del riesgo climático. Y Reboredo y Ugolini (2022) en su estudio a nivel europeo y norteamericano, entre 2013 y 2018, encuentran que no existe prima de riesgo de transición, es decir, no se exige una compensación a las empresas que están más expuestas a cambios regulatorios ambientales.

1.2. Diferencias entre carteras bajas en carbono y carteras tradicionales

En el estudio del riesgo climático también se ha llevado a cabo el análisis y comparativa de carteras bajas en carbono y carteras tradicionales (Andersson et al., 2016; Garvey et al., 2018; In et al., 2019; Monasterolo y De Angelis, 2020; Tripathi y Jham, 2020; Yook y Hooke, 2020; Trinks et al., 2022). Hay estudios que encuentran que las carteras bajas en carbono tienen mejores rendimientos que las tradicionales (Garvey et al., 2018; In et al., 2019; Monasterolo y De Angelis, 2020; Tripathi y Jham, 2020; Trinks et al., 2022), mientras que hay otros que no encuentran diferencias (Andersson et al., 2016; Yook y Hooke, 2020).

Sin embargo, se está empezando a llegar a un consenso sobre el mejor rendimiento de las carteras (índices) bajas en carbono respecto a sus homólogas tradicionales. Garvey et al. (2018) llegan a la conclusión que las carteras bajas en carbono obtienen mejores rendimientos que las altas en carbono a nivel mundial para el período de 2011 a 2015. Los modelos que utilizan en el estudio son una regresión y Fama-French 3 factores.

In et al. (2019) crean una cartera baja en carbono a partir de las empresas que cotizan en Estados Unidos desde 2005 hasta 2015 y la comparan con una cartera alta en carbono, llegando a la conclusión que la cartera baja en carbono obtiene mejores rendimientos. Como en los dos estudios anteriores, los autores utilizan CAPM, Fama-French 3 y 5 factores y Carhart.

Monasterolo y De Angelis (2020) observan que los índices bajos en carbono obtienen mejores rendimientos que sus homólogos a nivel mundial entre 2010 y 2018. De hecho, ven que, a partir del Acuerdo de París (2016), el riesgo sistemático de los índices bajos en carbono disminuye. Por lo que también concluyen que los inversores se vuelven más

conscientes del riesgo climático a partir del Acuerdo de París. En su estudio utilizan CAPM y Fama-French 5 factores.

Tripathi y Jham (2020) estudian en el mercado hindú (2006 – 2018) si las carteras bajas en carbono tienen mejores rendimientos que sus homólogas tradicionales a través de Carhart. Los autores llegan a la conclusión de que las carteras bajas en carbono obtienen rendimientos superiores en comparación al mercado y a las carteras tradicionales. Además, observan que los inversores de la India prefieren las carteras bajas en carbono. Ahora bien, señalan que hay que vigilar con la cantidad de filtros que se establecen al crear las carteras, ya que, al establecer muchos filtros, el universo inversor disminuye. Al disminuir el universo inversor, los rendimientos de las carteras pueden verse afectados negativamente.

Trinks et al. (2022) encuentra que las carteras bajas en carbono tienen mejor rendimiento que las carteras altas en carbono. Dichos resultados son encontrados a nivel mundial entre 2008 y 2016, a través de CAPM, Fama-French 3 y 5 factores, Carhart y regresiones de datos de panel.

Andersson et al. (2016) concluyen que, entre 2012 y 2015, no hay diferencias de rendimiento entre el índice bajo en carbono que han creado y los índices de referencia que han seleccionado (MSCI Europe Index, S&P500 y NASDAQ). Además, observan que los inversores y los gestores de carteras no consideran el riesgo climático en el momento de análisis y de toma de decisiones. Posteriormente, Yook y Hooke (2020) crean una cartera baja en carbono a partir de las empresas que cotizan en S&P500 entre 2004 y 2017. A través de CAPM y Fama-French 3 factores llegan a la conclusión que no hay diferencias entre la cartera baja en carbono y su homóloga tradicional.

1.3. Efecto de las emisiones de GEI sobre el mercado financiero

Distintos autores han investigado los posibles efectos de las emisiones de GEI sobre el rendimiento de los mercados financieros (Bhat, 1999; Chang et al., 2020; Hsu et al., 2020; Fang et al., 2021).

Chang et al. (2020) estudian a nivel mundial, entre 1971 y 2017, el rendimiento de las acciones respecto las emisiones que emiten las empresas. Ellos observan que el rendimiento sí que afecta a la cantidad de las emisiones que la empresa emite, pero no pasa lo contrario. En concreto, cuando el rendimiento incrementa:

- Las emisiones procedentes del carbón bajan.
- Las emisiones procedentes del petróleo incrementan.

- Las emisiones procedentes del gas no varían.

Bhat (1999) a través de la función de producción de Cobb-Douglas y de correlaciones encuentra que las emisiones afectan negativamente el valor de las empresas del mercado estadounidense entre 1988 y 1990. Y que, si las emisiones se incrementan, la rentabilidad disminuye. En la misma línea, Fang et al. (2021) encuentran, a través de redes neuronales (ConvLSTM2D), que las emisiones que las empresas emiten en cuatro ciudades industriales de China, entre 2015 y 2021, afectan negativamente los precios de las acciones de las propias empresas. Dicho efecto negativo se hace más intenso a partir del Acuerdo de París de 2016.

Hsu et al. (2020) encuentran que, entre 1990 y 2014, en Estados Unidos, se obtienen mayores rendimientos cuando las emisiones son mayores. Los autores utilizan el modelo de Fama y French 5 factores, entre otros.

1.4. Efecto de las puntuaciones ASG sobre los rendimientos del mercado

Otros estudios se han centrado en cómo el rendimiento ambiental de la empresa afecta al propio rendimiento o características de la empresa. Normalmente, el rendimiento ambiental de una empresa se puede capturar a través de las puntuaciones ASG o distintivos ISO, entre otros.

Garzón-Jiménez y Zorio-Grima (2021) descubren que el coste de capital de las empresas que pertenecen al Morgan Stanley Emerging Market entre 2014 y 2019, se incrementa cuando estas comunican poca información ASG. Además, indican que un menor tamaño de la empresa o un alto nivel de GEI incrementan el coste de capital para las empresas de dicho mercado y concluyen que los inversores aceptan menos rendimiento a cambio de sostenibilidad. Zhang (2022) encuentra a través de datos de panel que las empresas con mayor puntuación ASG obtienen mejores rendimientos. También observan que las empresas que comunican al mercado información ambiental logran diferenciarse del resto de empresas y se ven recompensadas. El estudio se llevó a cabo a nivel mundial y entre 2000 y 2021.

En sentido contrario, Horváthová (2012) encuentra, a través de datos de panel, que para empresas checas, entre el 2004 y el 2008, las certificaciones ambiental ISO 14001 y Eco-Management Audit Scheme no tienen ningún impacto sobre la Rentabilidad sobre los Activos (ROA); además, la autora encuentra que las emisiones altas incrementan el

rendimiento financiero de la empresa, a corto plazo (1 año), mientras que lo disminuyen en el largo plazo.

1.5. Efecto de las normativas climáticas sobre el mercado financiero

Los estados y las organizaciones supranacionales están creando y estableciendo distintas normativas climáticas. El objetivo principal de estas normativas es frenar o mitigar el cambio climático del planeta. Ahora bien, en el caso de la Unión Europea, dichas normativas se están aplicando también en los mercados financieros, con el fin de promover una transición verde en estos. Por eso, algunos autores han investigado el efecto de las normativas ambientales sobre el rendimiento del mercado o de las empresas.

Oestreich y Tsiakas (2015) realizan un estudio sobre el efecto que tiene el Régimen de comercio de derechos de emisiones de la UE (EU-ETS) sobre empresas que conforman el DAX y el FTSE, entre 2003 y 2012. Observan que las empresas obtienen beneficios adicionales a causa de poder vender los derechos de emisiones no usados y de traspasar el coste adicional de la adquisición de los derechos a los consumidores. La metodología que emplean en el estudio es el CAPM y Carhart.

Garcia-Jorcano et al. (2022) encuentran que las empresas que conforman el S&P500, entre 2013 y 2020, durante la tercera fase de la EU-ETS incrementan su sensibilidad hacia el riesgo climático y concluyen que el mercado tiene la capacidad de reducir las emisiones que emiten las empresas a través de concienciar a los inversores sobre el riesgo climático.

2. Hipótesis del estudio

A partir de la revisión de la literatura, se plantean dos hipótesis.

Hipótesis 1: una intensidad de carbono alta en una empresa produce un efecto negativo en los rendimientos obtenidos en el mercado.

Esta hipótesis es coherente con los resultados que han encontrado Bhat (1999), Bolton y Kacperczyk (2021), Garvey et al. (2018), Ilhan et al. (2021) y In et al. (2019), en que han observado que empresas que tienen intensidades de carbono altas obtienen rendimientos en los mercados menores que sus competidoras.

Hipótesis 2: a mejor calificación del pilar ambiental se espera que la empresa tenga mejores rendimientos en el mercado.

Distintos autores han concluido que las calificaciones ASG tienen efectos positivos sobre los rendimientos de las empresas en el mercado (Garzón-Jiménez y Zorio-Grima, 2021; Zhang, 2022), sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio que relacione la calificación del pilar ambiental con el rendimiento.

3. Metodología y datos

Para evaluar la posible existencia de una prima de riesgo climático se utilizará el modelo econométrico de datos de panel. Se selecciona esta metodología por su capacidad para examinar la evolución del grupo de empresas a lo largo de varios años, controlando los efectos individuales (Martinez et al., 2016).

El modelo se define de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \sum_{r=1}^s \beta_r \cdot X_{r,it} + \sum_{v=1}^w \beta_v X_{v,it} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

Donde:

Y_{it} representa el rendimiento de la empresa i en el año t .

$X_{r,it}$ es la variable económico-financiera r ($r = 1, \dots, s$) para la empresa i en el año t .

$X_{v,it}$ es la variable relacionada con el riesgo climático v ($v = 1, \dots, w$) para la empresa i en el año t .

μ_i es la heterogeneidad individual no observable que se mantiene constante en el tiempo para cada empresa.

ε_{it} es la perturbación aleatoria para la que se supone una media cero y una varianza constante.

En el modelo se incluirán las variables económico-financieras habitualmente utilizadas en la literatura financiera. Concretamente, se propone incluir el activo total, el activo fijo, la ROA y la ROE.

Las variables vinculadas al riesgo climático son las emisiones totales de Alcance 1 y 2¹, la intensidad de carbono, la calificación ASG obtenida por la agregación de los tres pilares y la inclusión de las controversias, y la calificación específica para cada pilar: ambiental,

¹ Actualmente, la presentación de informes sobre las emisiones de Alcance 3 es deficiente porque no existe un indicador estándar para medir las emisiones indirectas de la cadena de valor. Estas emisiones están en gran medida fuera del control directo de la empresa, razón por la cual no se incluyeron en este estudio.

social y de gobernanza. La tabla 1 contiene el listado de las variables utilizadas en el análisis, además de la definición de cada una.

Tabla 1. Variables de estudio

Variable	Definición
Rendimiento	Variación anual del precio de las acciones de cada empresa
Tamaño	Logaritmo del importe total de activo que tienen una empresa registrado en sus libros contables
Activos fijos	Logaritmo de los activos fijos netos que tiene una empresa (Propiedades, Plantas y Equipamientos)
ROA	Rendimiento de la inversión que lleva a cabo la empresa
ROE	Rendimiento que obtienen los inversores de la empresa
Alcance 1 y 2	Suma de las emisiones de CO ₂ de Alcance 1 y Alcance 2
Intensidad de Carbono	Logaritmo de la suma de las emisiones de Alcance 1 y 2 dividida por la capitalización bursátil. Actualmente, los informes sobre las emisiones de Alcance 3 son deficientes, ya que no existe ningún indicador estándar para poder medir las emisiones indirectas de la cadena de valor, emisiones que quedan en gran medida fuera del control directo de la empresa. Por este motivo, en este estudio se ha excluido su incorporación.
Calificación ASG Combinada	Calificación general que compila las puntuaciones de los pilares ambiental, social y de gobierno corporativo, con una superposición de las controversias de las empresas.
Calificación del Pilar Ambiental	Calificación de desempeño ambiental que mide el impacto de la empresa sobre el medioambiente, valorando la efectividad de sus políticas y actuaciones respecto a este tema.
Calificación del Pilar Social	Calificación de desempeño social que mide la capacidad de una empresa de generar confianza con los trabajadores, clientes, proveedores y la sociedad en general
Calificación del pilar de gobernanza	Calificación de desempeño del gobierno corporativo que mide los sistemas y procesos que aplica una empresa para asegurar los intereses de los grupos de interés en la empresa

Fuente: elaboración propia

Las empresas incluidas en el análisis se seleccionan de aquellas que cotizan en el índice Stoxx600 y para las cuales se dispone de datos para todas las variables entre 2015 y 2019. Los datos provienen de Eikon/Datastream. La muestra final corresponde a 295 empresas ya que se han eliminado un total de 305 empresas por falta de datos. Los años 2020 y 2021 han sido excluidos del estudio debido a la alta volatilidad provocada por la crisis sanitaria de la COVID-19 (Choi, 2021; Fernandes et al., 2021; Ozkan, 2021).

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos y la Tabla 3 la matriz de correlaciones.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos

n = 1475

	Mean	Std dev	Min	Max
Rendimiento	0.09	0.27	-0.76	2.35
Tamaño	9.82	1.72	4.22	14.59
Activos fijos	7.36	2.17	-1.01	12.32
ROA	0.07	0.14	-0.09	2.49
ROE	0.23	1.10	-1.98	26.05
Alcance 1 y 2	12.52	2.54	6.37	19.09
Intensidad de Carbono	3.09	2.35	-4.61	10.29
Calificación ASG Combinada	65.19	14.54	19.21	94.15
Calificación del Pilar Ambiental	70.60	19.93	5.81	99
Calificación del Pilar Social	73.73	17.41	11.36	98.13
Calificación del pilar de gobernanza	64.77	19.71	8.43	98.57

Tabla 3. Matriz de correlaciones

	Tamaño	Activo Fijo	ROA	ROE	Alcance 1 y 2	Intensidad carbono	ASG Combinado	Pilar Ambiental	Pilar Social	Pilar de Gobernanza
Tamaño	1									
Activo Fijo	0,534	1								
ROA	-0,373	-0,238	1							
ROE	-0,190	-0,146	0,845	1						
Alcance 1 y 2	0,204	0,365	-0,064	-0,033	1					
Intensidad Carbono	0,070	0,228	-0,058	-0,031	0,746	1				
ASG Combinado	0,070	0,183	-0,054	-0,046	0,039	0,046	1			
Pilar Ambiental	0,499	0,416	-0,198	-0,127	0,141	0,072	0,504	1		
Pilar Social	0,392	0,481	-0,180	-0,140	0,141	0,064	0,611	0,601	1	
Pilar de Gobernanza	0,204	0,181	-0,014	0,024	0,129	0,043	0,406	0,119	0,236	1

Se puede observar una correlación alta entre la ROA y la ROE, y también entre la Intensidad de Carbono y el Alcance 1 y 2. Dado que la ROA ha sido analizada más extensamente en la literatura (Horváthová, 2012; Garvey et al., 2018; In et al., 2019; Trinks et al., 2020;

Reboredo and Ugolini, 2022), se ha decidido mantener esta variable y excluir la ROE del estudio. En cuanto a la medida de riesgo climático, es más apropiado excluir las emisiones absolutas totales (Alcance 1 y 2) y mantener la Intensidad de Carbono ya que esta medida permite una comparación más precisa entre empresas de diferentes tamaños (Ilhan et al., 2021).

El modelo final que se ha utilizado es el siguiente:

$$\begin{aligned} Rendimiento_{it} = & \beta_1 \cdot Tama\tilde{n}o_{it} + \beta_2 \cdot Activo\ Fijo_{it} + \beta_3 \cdot ROA_{it} \\ & + \beta_4 \cdot Intesidad\ Carbono_{it} + \beta_5 \cdot ASG\ Combinada_{it} \\ & + \beta_6 \cdot Pilar\ Ambiental_{it} + \beta_7 \cdot Pilar\ Social_{it} \\ & + \beta_8 \cdot Pilar\ Gobierno + \mu_i + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

Donde $i = (1, 2, \dots, 295)$ empresas y $t = (1, 2, \dots, 5)$, años de estudio. Dado que todos los datos están disponibles para cada empresa, los datos del panel están balanceados.

Para determinar si el modelo es de efectos fijos o de efectos aleatorios, se aplica la prueba de Hausman. La hipótesis nula de esta prueba establece que no existe una correlación significativa entre los efectos individuales de cada empresa y los estimadores. Si se acepta la hipótesis nula, se utilizará el modelo de efectos aleatorios. En caso contrario, se utilizará el modelo de efectos fijos.

4. Resultados

La prueba de Hausman (Tabla 4) indica que no se acepta la hipótesis nula. Por lo tanto, se utiliza el modelo de efectos fijos. La Tabla 5 muestra los resultados.

Tabla 4. Test de Hausman

Chisq = 227.38
df = 8
p-value < 2.2e-16

Tabla 5. Resultados de la regresión de datos de panel

		Variable dependiente: Rendimiento
Tamaño		-0.113** (0.048)
Activo Fijo		0.111*** (0.025)
ROA		-0.860** (0.423)
Intensidad de Carbono		-0,283*** (0.020)
Calificación ASG Combinada		0,001 (0.001)
Calificación Pilar Ambiental		0.003*** (0.001)
Calificación Pilar Social		-0.002* (0.001)
Calificación Pilar de Gobernanza		-0.002** (0.001)
Observations	1,475	
R2	0.170	
F Statistic	30.084***	df (= 8: 1172)
Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01		

Las variables Activo Fijo, Intensidad de Carbono y Calificación Pilar Ambiental son significativas al 99%, mientras que las variables Tamaño, ROA y Calificación Pilar de Gobernanza lo son al 95% y la variable Calificación Pilar Social al 90%. Siendo la calificación combinada de ASG, la única variable no significativa.

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo se obtiene un R^2 de 0,17. Aunque este valor puede parecer bajo, es consistente con los hallazgos de otros estudios en el campo de la investigación. Horváthová (2012) y Trinks et al. (2022) también reportaron valores de R^2 alrededor de 0,17 y 0,27 en sus modelos econométricos utilizando datos de panel. En consecuencia, se puede concluir que el poder explicativo del modelo es comparable al de otros estudios de la literatura académica.

Si analizamos las variables económico-financieras todas son significativas. Se observa una relación positiva entre el volumen de activos fijos y la rentabilidad. Sin embargo, la relación resulta ser negativa respecto a la ROA y al volumen total de activos. Cuando una empresa tiene una ROA alta, puede atraer a competidores a su sector, aumentando la competencia y reduciendo la rentabilidad para todas las empresas en ese mercado. A su vez, la relación

negativa con el tamaño de la empresa podría explicarse porque, a medida que una empresa crece, puede resultar más difícil controlar el incremento de costes y, por consiguiente, derivar en una menor rentabilidad.

Respecto a las variables ambientales y las calificaciones ASG, nos encontramos con disparidad de resultados. La intensidad de carbono es significativa y con una incidencia negativa y alta, lo que sugiere que aquellas empresas con altas emisiones de carbono tienen un menor retorno, resultados coincidentes con los hallados por Bhat (1999) y Fang et al. (2021). Esto podría deberse a varios factores, como una imagen negativa de la empresa que afecta a sus ventas o a sanciones directas sobre sus emisiones, incrementando sus costes. En cualquier caso, este resultado destaca la importancia de gestionar adecuadamente el impacto ambiental de las empresas para mantener un buen desempeño financiero a largo plazo.

La ASG Combinada resulta ser no significativa, resultado coincidente con el trabajo de Horváthová (2012). Sin embargo, si se analiza cada uno de los pilares que componen esta calificación global, se confirma que una buena calificación en el pilar ambiental, el cual trata temas medioambientales, es estadísticamente significativa y se asocia positivamente con un mayor rendimiento, resultado coherente con la relación negativa obtenida con la intensidad de carbono. La falta de significancia de la ASG Combinada en el modelo de regresión se explica por el hecho de que los pilares sociales y de gobernanza presentan una relación negativa con el rendimiento y, por tanto, el efecto medioambiental se ve compensado. Es posible que las medidas destinadas a mejorar los aspectos sociales y de gobernanza requieran un gasto adicional que afecte a la rentabilidad.

5. Conclusiones

El objetivo del trabajo fue examinar el efecto del riesgo climático en el rendimiento financiero de las empresas y, para ello, se han utilizado los datos de 295 empresas europeas que forman parte del índice Stoxx600.

El modelo analizado muestra que las empresas con mayores emisiones de carbono enfrentan mayores riesgos financieros. Esta relación puede explicarse por la presión regulatoria, la preocupación creciente de los inversores por el impacto ambiental y la transición hacia una economía baja en carbono. Esto implica que las empresas deben considerar seriamente la reducción de sus emisiones de carbono y adoptar medidas sostenibles en su modelo de negocio para garantizar su viabilidad.

Puesto que la medida ASG valora el desempeño sostenible de una empresa, en términos medioambientales, sociales y de gobernanza, si se desea analizar la exposición de una empresa al riesgo climático, la calificación ambiental resulta ser la más pertinente. En general, los resultados indican que las empresas que se centran en el aspecto ambiental tienen una mayor probabilidad de tener un mejor rendimiento financiero, mientras que los aspectos sociales y de gobernanza pueden ser importantes para la reputación y la responsabilidad social de la empresa, pero pueden requerir un gasto adicional que afecte al beneficio.

5.1. Limitaciones del trabajo

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, el trabajo se basa en una muestra específica de empresas europeas y puede no ser representativo del mercado global. En segundo lugar, el período de estudio se limitó a 2015-2019 y, por lo tanto, puede no reflejar el actual contexto de incertidumbre económica y regulatoria en materia ambiental.

5.2. Futuras líneas de investigación

Una línea de investigación futura es construir un segundo modelo para corroborar los resultados obtenidos, utilizando otras medidas de intensidad de carbono ampliamente aceptadas en la literatura y propuestas por los estudios de Garvey et al. (2018), Gørgen et al. (2020), In et al. (2019), Bolton y Kacperczyk (2021) y Trinks et al. (2022), entre otros. Así que se puede concluir que hay una línea de investigación para encontrar que intensidad de carbono captura mejor el efecto del riesgo climático en los mercados financieros en distintos períodos temporales y lugares geográficos.

Después de la pandemia producida por la Covid-19, la Unión Europea ha confeccionado el Plan de recuperación para Europa con el fin de reactivar la economía, promover una transición hacia la sostenibilidad y la digitalización, crear un sistema más justo, resiliente y sostenible para las generaciones futuras (European Commission, 2020). A raíz de la guerra producida por la invasión de Ucrania por parte de las fuerzas armadas rusas, se ha producido una crisis energética a nivel europeo por el uso del suministro de gas como arma de guerra (European Council, 2023). Por lo que, una futura línea de investigación podría ser el estudio de los efectos de la crisis energética y del Plan de recuperación para Europa en los mercados financieros teniendo presente el riesgo climático.

6. Propuesta de proyecto de tesis

6.1. Objetivos del proyecto de tesis

El objetivo principal de la tesis doctoral será el estudio del riesgo climático en los mercados financieros. A partir de este surgen distintos objetivos en los cuales se intentará entender con mayor profundidad este riesgo. Teniendo presentes las líneas de investigación futuras expuestas en las conclusiones del trabajo, los objetivos que se plantean serán los siguientes:

- Determinar una medida que capture eficientemente el riesgo climático de las empresas.
- Analizar qué efecto ha tenido la Covid-19, la crisis energética y el Plan de recuperación para Europa en el riesgo climático en los mercados financieros.
- Crear un modelo que permita a los inversores incorporar en sus carteras de inversión el riesgo climático y protegerse de este en la mayor medida posible.

6.2. Datos y metodología

Los datos que se utilizarán para la realización de la tesis doctoral provendrán de la base de datos Eikon/Datastream. Además, para incrementar la precisión de las variables, se podrían utilizar otras bases de datos como:

- Morningstar en el caso de trabajar con fondos de inversión, ya que, puede ser utilizada para obtener información sobre calificaciones de sostenibilidad de los fondos de inversión (Sorrosal-Forradellas et al., 2023), calificaciones sobre el desempeño y riesgo de los fondos de inversión e información económico-financiera de estos.
- Carbon Disclosure Project (CDP) la cual es utilizada por Andersson et al. (2016), Gørgen et al. (2020), Ilhan et al. (2021) y Trinks et al. (2022). Esta base de datos ofrece información sobre las emisiones de las empresas en Alcance 1, 2 y 3, la intensidad de carbono y calificaciones ASG.

Después de recopilar los datos necesarios para el logro de los objetivos planteados, estos serán tratados para cada metodología seleccionada. Además, los datos se homogenizarán según las necesidades de cada objetivo y metodología.

Además de considerar las metodologías utilizadas previamente en la literatura, se propone la utilización de redes neuronales del tipo BiLSTM (Hochreiter y Schmidhuber, 1997; Vo

et al., 2019) que permitirán predecir los movimientos futuros de los rendimientos de las acciones y el riesgo climático de las empresas. Además, se propone incorporar en este tipo de redes neuronales números borrosos con el fin de capturar la incertidumbre a la cual se expone un inversor e incrementar la fidelidad del modelo propuesto.

6.3. Cronograma del proyecto de tesis

La lectura de la tesis se espera que sea en el curso académico de 2025-2026, por lo que se plantea el siguiente cronograma a seguir para lograr un correcto desempeño de la tesis alineado con los objetivos propuestos. El cronograma está compuesto por dos actividades: realización de tareas y realización de entregables.

A continuación, se detallan las tareas que se llevarán a cabo para el desarrollo de la tesis doctoral:

- T1. Actualización de la literatura de los efectos de las variables climáticas en los mercados financieros y en las carteras de inversión.
- T2. Identificar qué variables de sostenibilidad aproximan mejor el riesgo climático en los mercados en distintos momentos temporales y localizaciones geográficas.
- T3. Selección de las metodologías a aplicar para lograr los distintos objetivos planteados.
- T4. Recolección y tratamiento de los datos.
- T5. Aplicación de los modelos planteados.
- T6. Obtención de los resultados y contraste con la literatura existente.
- T7. Redacción del documento final para el depósito de la tesis.

A partir de las distintas tareas y objetivos establecidos, surgen distintos entregables que se presentarán en congresos o reuniones científicas para su mejora y posterior envío a revistas científicas de impacto:

- E1. Revisión sistemática de la literatura sobre el riesgo climático en los mercados financieros.
- E2. Efecto de la Covid-19, los fondos Next Generation (Plan de recuperación para Europa) y la crisis energética europea en la evaluación del riesgo climático.
- E3. Creación de una cartera de inversión que permita a los inversores protegerse del riesgo climático.

En el gráfico 1 se presenta el cronograma del proyecto de tesis propuesto:

Gráfico 1. Cronograma del proyecto de tesis propuesto

Período 2023-2024				Período 2024-2025				Período 2025-2026			
Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
T1				T1				T1			
	T2										
		T3									
						T4					
								T5			
									T6		
											T7
	E1				E2				E3		

7. Bibliografía

- Andersson, M., Bolton, P., & Samama, F. (2016). Hedging Climate Risk. *Financial Analysts Journal*, 72(3). <https://doi.org/10.2469/faj.v72.n3.4>
- Bhat, V. N. (1999). Does it Pay to be Green? *International Journal Environmental Studies*, 56(4), 497-507. <https://doi.org/10.1080/00207239908711219>
- Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2021). Do Investors Care about Carbon Risk? *Journal of Financial Economics*, 142(2), 517-549. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>
- Chang, C. L., Ilomäki, J., Laurila, H., & McAleer, M. (2020). Causality between CO2 emissions and stock markets. *Energies*, 13(11), 1-14. <https://doi.org/10.3390/en13112893>
- Choi, S. Y. (2021). Analysis of stock market efficiency during crisis periods in the US stock market: Differences between the global financial crisis and COVID-19 pandemic. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 574. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.125988>
- Cook, N., & Heyes, A. (2022). Pollution pictures: Psychological exposure to pollution impacts worker productivity in a large-scale field experiment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 114, 102691. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2022.102691>
- Directorate-General for Financial Stability, & Financial Services and Capital Markets Union. (2018). *Renewed sustainable finance strategy and implementation of the action plan*

on financing sustainable growth. https://finance.ec.europa.eu/publications/renewed-sustainable-finance-strategy-and-implementation-action-plan-financing-sustainable-growth_en

Eckley Selin, N. (2023). Carbon Footprint. En *Encyclopedia Britannica: Vol. Online*. <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint>

European Commission. (2018). *Sustainable finance: Commission's Action Plan for a greener and cleaner economy*. Press Release. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_1404

European Commission. (2020). *Communication from the Commission of the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The EU budget powering the recovery plan for Europe*.

European Council. (2023). *Infographic - Energy crisis: Three EU-coordinated measures to cut down bills*. <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-measures-to-cut-down-energy-bills/>

European Parliament, & European Council. (2003). Directive 2003/87/EC of the European parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC. En *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32003L0087>

Eurosif. (2021). *EUROSIF REPORT 2021*.

Fang, Z., Xie, J., Peng, R., & Wang, S. (2021). Climate finance: mapping air pollution and finance market in time series. *Econometrics*, 9(4), 1-15. <https://doi.org/10.3390/econometrics9040043>

Fernandes, L. H. S., de Araujo, F. H. A., & Tabak, B. M. (2021). Insights from the (in)efficiency of Chinese sectoral indices during COVID-19. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 578. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126063>

Garcia-Jorcano, L., Jimenez-Martin, J. A., & Robles, M. D. (2022). Carbon dioxide risk exposure: Co2Risk. *Climate Risk Management*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100435>

- Garvey, G. T., Iyer, M., & Nash, J. (2018). Carbon Footprint and Productivity: Does the «E» in ESG Capture Efficiency as well as Environment? *Journal Of Investment Management*, 16(1), 59-69.
- Garzón-Jiménez, R., & Zorio-Grima, A. (2021). Effects of carbon emissions, environmental disclosures and csr assurance on cost of equity in emerging markets. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1-11. <https://doi.org/10.3390/su13020696>
- Görgen, M., Jacob, A., Nerlinger, M., Riordan, R., Rohleder, M., & Wilkens, M. (2020). *Carbon Risk*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2930897>
- He, X., Luo, Z., & Zhang, J. (2022). The impact of air pollution on movie theater admissions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 112, 102626. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2022.102626>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9, 1735-1780.
- Horváthová, E. (2010). Does environmental performance affect financial performance? A meta-analysis. *Ecological Economics*, 70(1), 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.004>
- Horváthová, E. (2012). The impact of environmental performance on firm performance: Short-term costs and long-term benefits? *Ecological Economics*, 84, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.10.001>
- Hsu, P.-H., Li, K., & Tsou, C.-Y. (2023). The Pollution Premium. *The Journal of Finance*, 78(3), 1343-1392. <https://doi.org/10.1111/jofi.13217>
- Ilhan, E., Sautner, Z., & Vilkov, G. (2021). Carbon Tail Risk. *The Review of Financial Studies*, 34(3), 1540-1571. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa071>
- In, S. Y., Park, K. Y., & Monk, A. (2019). *Is «Being Green» Rewarded in the Market?: An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock Returns*.
- Martinez, L. B., Teruel, M., & Terceño, A. (2016). Determinantes de spreads soberanos durante a crescente crise financeira: O caso Europeu. *Cuadernos de Administracion*, 29(53). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao29-53.dssd>
- Monasterolo, I., & De Angelis, L. (2020). Blind to carbon risk? An analysis of stock market's reaction to the Paris Agreement. *Ecological Economics*, 170(April 2020), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106571>

- Oestreich, A. M., & Tsiakas, I. (2015). Carbon emissions and stock returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme. *Journal of Banking and Finance*, 58, 294-308. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.005>
- Ozkan, O. (2021). Impact of COVID-19 on stock market efficiency: Evidence from developed countries. *Research in International Business and Finance*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101445>
- Reboredo, J. C., & Ugolini, A. (2022). Climate transition risk, profitability and stock prices. *International Review of Financial Analysis*, 83, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102271>
- Sorrosal-Forradellas, M. T., Barberà-Mariné, M. G., Fabregat-Aibar, L., & Li, X. (2023). A new rating of sustainability based on the Morningstar Sustainability Rating. *European Research on Management and Business Economics*, 29(1). <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2022.100208>
- Tang, J., & Li, J. (2022). Carbon risk and return prediction: Evidence from the multi-CNN method. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1035809>
- Trinks, A., Ibikunle, G., Mulder, M., & Scholtens, B. (2022). Carbon Intensity and the Cost of Equity Capital. *The Energy Journal*, 43(2). <https://doi.org/10.5547/01956574.43.2.atr>
- Trinks, A., Mulder, M., & Scholtens, B. (2020). An Efficiency Perspective on Carbon Emissions and Financial Performance. *Ecological Economics*, 175(106632), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106632>
- Tripathi, V., & Jham, J. (2020). Corporate environmental performance and stock market performance: Indian evidence on disaggregated measure of sustainability. En *Journal of Corporate Accounting and Finance* (Vol. 31, Número 3, pp. 76-97). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jcaf.22444>
- UNFCCC. (2015). *The Paris Agreement*. United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Vo, N. N. Y., He, X., Liu, S., & Xu, G. (2019). Deep learning for decision making and the optimization of socially responsible investments and portfolio. *Decision Support Systems*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113097>

- Wang, C., Lin, Q., & Qiu, Y. (2022). Productivity loss amid invisible pollution. *Journal of Environmental Economics and Management*, 112, 102638. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2022.102638>
- World Economic Forum. (2023). *The Global Risks Report 2023 18th Edition*. www.weforum.org
- Yook, K., & Hooke, J. (2020). A Study of «Fossil Free» Equity Portfolio Performance. *The Journal of Investing, ESG Special Issue(2020)*, 70-80. <https://doi.org/10.3905/joi.2019.1.110>
- Zhang, S. Y. (2022). Are Investors Sensitive to Climate-Related Transition and Physical Risks? Evidence from Global Stock Markets. *Research in International Business and Finance*, 62(101710). <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101710>