



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MERCADOS FINANCIEROS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autor: Celia Arroyo Pavón

Director: Karin Alejandra Irene Martín Bujack

Madrid | Marzo 2023

RESUMEN

En los últimos años, la lucha contra el cambio climático se ha convertido en una de las mayores preocupaciones a nivel internacional, ya que su impacto negativo afecta de manera global al medioambiente, la economía y la sociedad.

En el año 2015, en una reunión organizada por las Naciones Unidas, países de todo el mundo acordaron luchar tanto de manera individual como conjunta contra los efectos del cambio climático, lo que resultó en la firma del Acuerdo de París. A medida que estos impactos se han vuelto más evidentes, gobiernos, empresas e individuos de todo el mundo han tomado medidas para contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como para disminuir su exposición al riesgo climático.

En este Trabajo de Fin de Grado, se analizará cómo las medidas implementadas por la creciente concienciación de los efectos del cambio climático han afectado a los mercados financieros y la economía en general.

Palabras clave: cambio climático, descarbonización, mercados financieros, riesgo climático, criterios ESG, fuentes de energía, recanalización de recursos financieros.

ABSTRACT

In the last years, the fight against climate change has become one of the major international concerns, as its negative impact has global effects on the environment, economy, and society.

In 2015, countries from all over the world agreed to fight both individually and collectively against the effects of climate change in a meeting carried out by the United Nations, which resulted in the signing of the Paris Agreement. As these impacts have become more apparent, governments, companies, and individuals worldwide have taken measures to contribute to the reduction of greenhouse gas emissions as well as to decrease their exposure to climate risk.

This Final Degree Project will analyze the effects that measures implemented by the increasing awareness of the consequences of climate change have had in the financial markets and the economy in general.

Keywords: climate change, decarbonization, financial markets, climate risk, ESG criteria, energy sources, financial resource reallocation.

ÍNDICE

1. OBJETIVO	6
2. METODOLOGÍA.....	6
3. MARCO CONCEPTUAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU COMPROMISO INSTITUCIONAL	7
3.1. DEFINICIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	7
3.2. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	9
3.3. EL ACUERDO DE PARÍS	12
4. TRANSFORMACIÓN HACIA UNA ECONOMÍA DESCARBONIZADA	12
4.1. MECANISMOS ESTATALES DE RESTRICCIÓN DE EMISIONES DE CARBONO	13
4.1.1. Límites a las emisiones de carbono.....	14
4.1.2. Impuestos sobre el carbono.....	15
4.1.3. Comparación de sistemas de restricción de emisiones de carbono.....	17
4.2. REESTRUCTURACIÓN DE LAS EMPRESAS HACIA LA DESCARBONIZACIÓN.....	19
4.2.1. Beneficios de la descarbonización	20
4.2.2. Alternativas de las empresas para la descarbonización.....	21
4.2.3. Desventajas y obstáculos de la descarbonización	22
4.2.4. Nivel de descarbonización actual.....	23
4.3. RATINGS ESG.....	23
4.3.1. Sistema de calificación ESG de Bloomberg	25
4.4. FUENTES DE ENERGÍA	26
4.4.1. Invasión rusa de Ucrania y fuentes de energía.....	27
5. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS MERCADOS FINANCIEROS.....	29
5.1. GESTIÓN DEL RIESGO CLIMÁTICO	29
5.1.1. Crecimiento de coberturas y seguros ante el riesgo climático	32
5.1.2. Crecimiento de las firmas de futuros de fuentes de energía.....	33
5.2. CRITERIOS ESG EN LA DISTRIBUCIÓN DEL RIESGO DE BANCOS AL MERCADO ASEGURADOR....	34
5.3. RECANALIZACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS HACIA FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES....	35
5.3.1. Cambio en la demanda de activos energéticos.....	38
5.4. INVERSIÓN EN HIDRÓGENO VERDE.....	39
5.4.1. Índices de hidrógeno verde	42
5.4.2. Fondos cotizados en bolsa de hidrógeno verde.....	43
5.4.3. Proyectos de hidrógeno verde	44
5.5. BONOS VERDES	45
5.6. INVERSIÓN EN AGUA	47
5.6.1. Bonos azules	49
5.6.2. Futuros del agua	50
5.7. MERCADOS DE CARBONO.....	53
5.7.1. Mecanismos de cooperación para los mercados de carbono.....	55
6. CONCLUSIONES	57
7. BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1. EMISIONES DE CO2 DE LOS DIEZ PAÍSES MÁS CONTAMINANTES DEL MUNDO (EN MILLONES DE TONELADAS)	8
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN POR SECTORES DE LAS EMISIONES DE CARBONO EN ESPAÑA..	9
FIGURA 3. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	10
FIGURA 4. PORCENTAJE DE ATENCIÓN RECIBIDO POR CADA ODS EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN ESPAÑOLES	11
FIGURA 5. IMPUESTOS SOBRE EL CARBONO POR PAÍS (EN DÓLARES ESTADOUNIDENSES POR TONELADA DE CO2).....	17
FIGURA 6. EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE PRIMAS DEL MERCADO ASEGURADOR POR REGIÓN.....	33
FIGURA 7. INVERSIÓN ANUAL GLOBAL EN ENERGÍA LIMPIA DE LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO EN MILES DE MILLONES DE DÓLARES ESTADOUNIDENSES	37
FIGURA 8. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN GLOBAL EN FUENTES DE ENERGÍA (EN BILLONES DE DÓLARES).....	39
FIGURA 9. DEMANDA MUNDIAL DE HIDRÓGENO EN MILLONES DE TONELADAS POR DÉCADA	40
FIGURA 10. CRECIMIENTO DE ÍNDICES DE HIDRÓGENO VERDE.....	42
FIGURA 11. CRECIMIENTO DE FONDOS COTIZADOS EN BOLSA DE HIDRÓGENO VERDE...	43
FIGURA 12. PROYECTOS DE HIDRÓGENO APROBADOS POR REGIÓN	44
FIGURA 13. PRINCIPALES PAÍSES EMISORES DE BONOS VERDES.....	46
FIGURA 14. VALOR DE LAS EMISIONES DE BONOS AZULES DESDE SU CREACIÓN (EN BILLONES DE DÓLARES).....	50
FIGURA 15. VOLUMEN DIARIO PROMEDIO DE NEGOCIACIÓN DE FUTUROS EN LA BOLSA DE FUTUROS DE CHICAGO (CME)	52

1. Objetivo

En los últimos años, los efectos del cambio climático se han ido intensificando y, con ellos, la preocupación por su impacto. Ello hace que tanto a nivel estatal como internacional se hayan establecido convenios y acuerdos con el objetivo de regular, controlar y disminuir dicho impacto. Por tanto, se ha pasado a vivir en un mundo con una economía y unos mercados financieros influidos por el nuevo compromiso institucional de los agentes con el cambio climático.

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado consiste en llevar a cabo un análisis del impacto que están teniendo las decisiones tomadas a raíz del cambio climático en los mercados financieros ya que, al ser un fenómeno tan reciente y dinámico, hay limitada literatura por el momento que concrete, explique y examine dicho impacto.

Por ello, en este TFG, se establecerá el marco conceptual necesario para explicar dicho impacto y el compromiso institucional dirigido por los ambiciosos objetivos para 2050 introducidos por el Acuerdo de París; se continuará explicando la transformación hacia una economía descarbonizada y se finalizará analizando el impacto del cambio climático sobre los mercados financieros.

2. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado ha sido la revisión bibliográfica. Es decir, la investigación pertinente se ha llevado a cabo mediante la recogida y el análisis de datos contenidos en archivos, documentos, estudios, bases de datos e investigaciones realizados con anterioridad. Para ello, se han empleado fuentes de información secundarias como Google Scholar, Dialnet y el Repositorio de la Universidad Pontificia Comillas. La utilización de estas fuentes ha permitido obtener información actualizada y relevante para la realización de un análisis exhaustivo del tema abordado.

3. Marco conceptual sobre el cambio climático y su compromiso institucional

En el apartado a continuación se explicará qué es el cambio climático y sus principales consecuencias. Debido a la gravedad de estas y lo perjudiciales que resultan a nivel global, ha surgido la necesidad de acordar un compromiso institucional para reducir y frenar sus efectos, también desarrollado en esta sección.

3.1. Definición del cambio climático

Conforme a la definición de las Naciones Unidas (2022), el cambio climático “se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos”. Estas modificaciones podrían darse de manera natural. Sin embargo, desde el siglo XIX, la acción del hombre se ha convertido en la principal causa del cambio climático, más concretamente, la quema de combustibles fósiles entre los que destacan el petróleo, el gas o el carbón, que supone la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Estos últimos cubren la tierra y retienen el calor, provocándose así un aumento de la temperatura global (Pörtner et al., 2022).

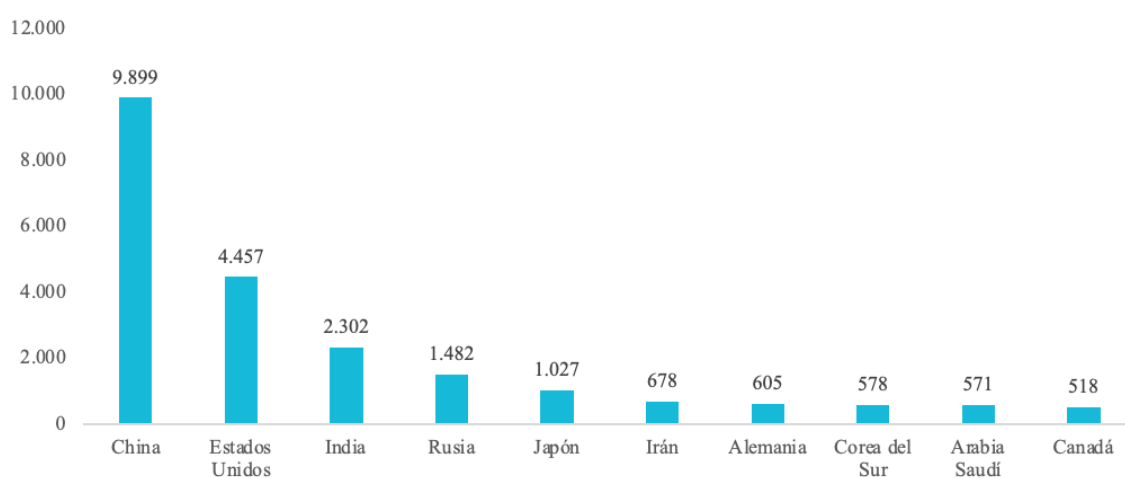
El problema de esta situación es que el cambio climático no implica exclusivamente un incremento de la temperatura, sino que supone abundantes y graves consecuencias entre las que destacan severos incendios, inundaciones, adversas tormentas, reducción de la diversidad de la flora y la fauna, aumento del nivel del mar, deforestación, fuertes sequías, etcétera. A su vez, estos fenómenos inciden en la salud, la vivienda, la seguridad o la alimentación (Abbass et al., 2022).

Los efectos mencionados perjudican a todos los países del mundo independientemente de las emisiones de gases de efecto invernadero que estos produzcan. Las causas son individuales mientras que las consecuencias son colectivas. Resulta relevante destacar el hecho de que tan solo diez países están generando el 68% de las emisiones globales (Naciones Unidas, 2021a).

En el año 2020, las emisiones totales a nivel mundial superaron los 32 mil millones de toneladas de CO₂. En la Figura 1, puede verse el volumen de emisiones de los diez

países más contaminantes del mundo. Puede comprobarse que tan solo las emisiones de China suponen alrededor de un 30% de las emisiones mundiales, lo cual se explica por el hecho de ser el mayor exportador de bienes de consumo de la comunidad internacional (Global Carbon Project, 2021).

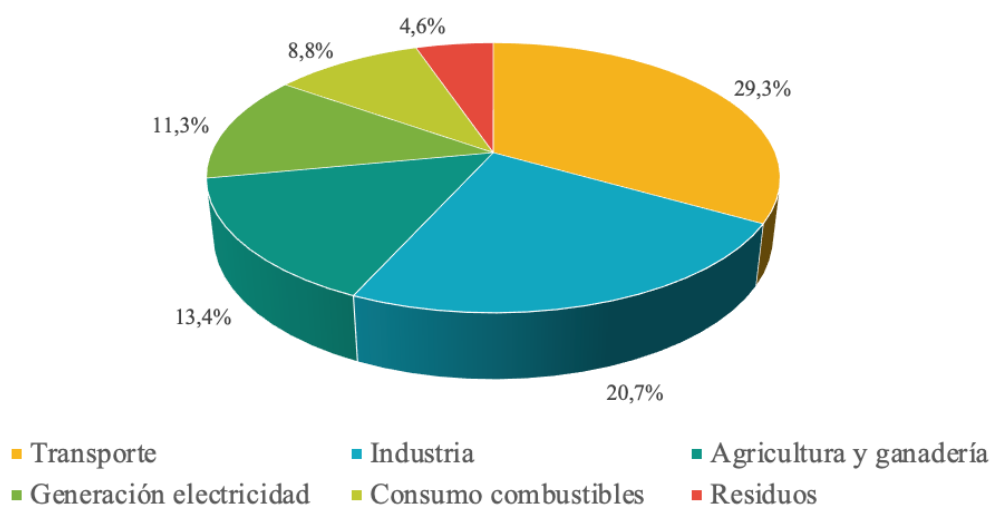
Figura 1. Emisiones de CO2 de los diez países más contaminantes del mundo (en millones de toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de BP Statistical Review of World Energy, 2021

Asimismo, cabe destacar que, en España, las actividades que más contribuyen a la generación de emisiones de carbono son el transporte, la industria y la agricultura y ganadería, como se comprueba en la Figura 2.

Figura 2. Distribución por sectores de las emisiones de carbono en España



Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021

Al ser tan perjudiciales las consecuencias del cambio climático en los distintos ámbitos mencionados, ha resultado imprescindible la búsqueda de soluciones para minimizarlas (Abbass et al., 2022). Cabe destacar que, al tratarse de un fenómeno global, se han examinado soluciones de carácter global. Se ha alcanzado un compromiso institucional a nivel internacional, destacándose la firma de acuerdos y el desarrollo de marcos que faciliten el proceso de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2022).

3.2. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son las metas globales establecidas en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas a lograr en 2030 y recogen los retos más urgentes a nivel mundial (Naciones Unidas, 2022). Mediante estos objetivos, se contempla el fuerte compromiso de la ONU con el cambio climático, recogido en varios de ellos.

En la Figura 3, se muestran los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Figura 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible



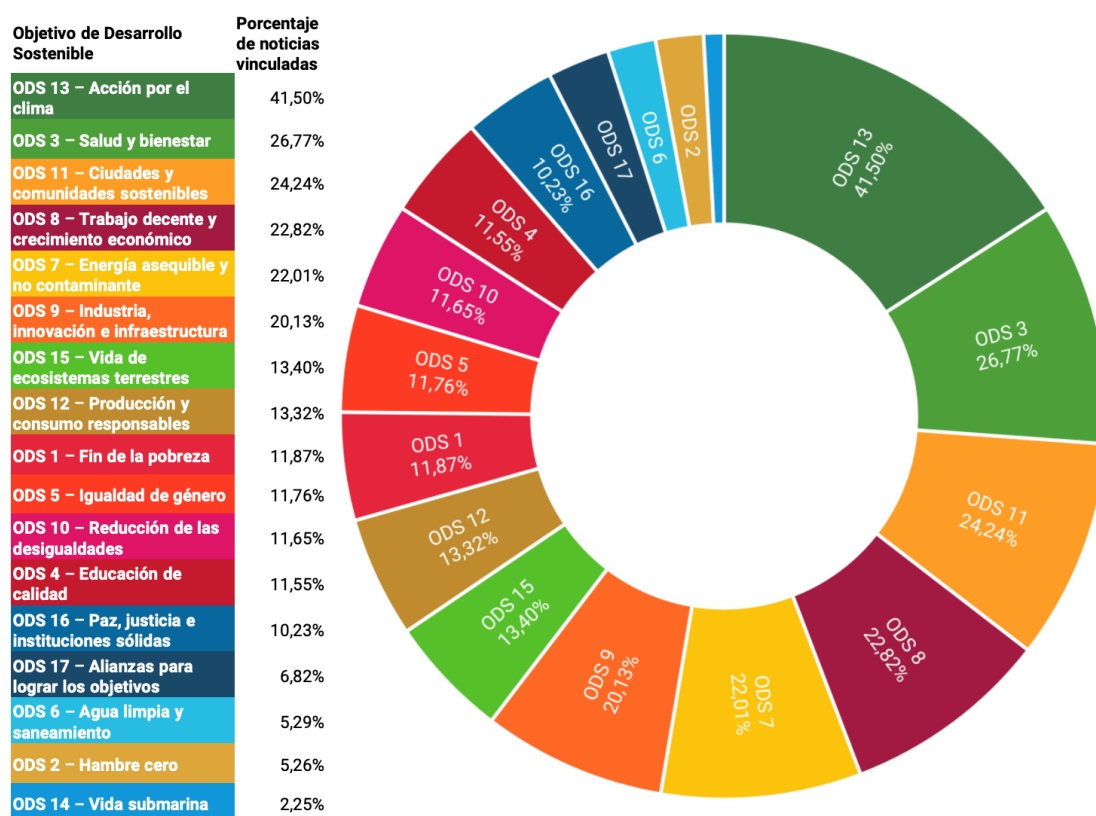
Fuente: Organización de Naciones Unidas

De los diecisiete objetivos establecidos por las Naciones Unidas, el decimotercero (acción por el clima) hace referencia directa a la necesidad de implementar medidas para frenar el cambio climático y sus consecuencias. Sin embargo, la mayor parte de los objetivos se refieren al cambio climático indirectamente. Este hecho se debe a que, para acercarse a la consecución de este es imprescindible avanzar hacia el logro del objetivo 7 (energía asequible y limpia), del objetivo 9 (industria, innovación e infraestructura), del objetivo 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y del objetivo 12 (producción y consumo responsables) (United Nations Development Programme, 2019).

En la Figura 4, puede comprobarse la atención que recibe cada uno de los ODS en los medios de comunicación españoles. El estudio ha sido realizado mediante el análisis de 288 medios de comunicación generalistas y regionales de España. Resulta conveniente mencionar que la suma de los porcentajes vinculados a cada ODS supera el 100%, puesto que hay noticias que se vinculan a más de un objetivo (CANVAS Estrategias Sostenibles y Graphext, 2021).

Puede observarse que el ODS que mayor atención recibe en los medios de comunicación españoles es el decimotercero, este es, la acción por el clima. Aunque es cierto que no existe una correlación exacta entre la importancia de un tema para la sociedad con la exposición que este tiene en los medios de comunicación, hay estudios que concluyen que sí existe cierta relación y que se trata de un buen indicador de su relevancia (McCombs, 2018). Por tanto, podría establecerse que el hecho de que el ODS 13 (acción por el clima) aparezca con tanta frecuencia en 288 medios de comunicación españoles indica la gran importancia que este tiene para la sociedad y los gobiernos.

Figura 4. Porcentaje de atención recibido por cada ODS en los medios de comunicación españoles



Fuente: CANVAS Estrategias Sostenibles y Graphext, 2021

3.3. El Acuerdo de París

Al igual que los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París es fruto de las Naciones Unidas. Se trata del resultado de la reunión de los líderes globales en diciembre de 2015 en París, con el objetivo de frenar el cambio climático y reducir sus efectos. Es decir, fue producto de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015. Este tratado internacional firmado por 194 partes (193 estados y la Unión Europea) asienta las bases que guían a largo plazo a todas las partes contratantes. Los objetivos primordiales establecidos son disminuir la emisión de gases de efecto invernadero para que la temperatura media mundial no aumente más de 2°C este siglo, reexaminar las responsabilidades de los contratantes cada cinco años, proveer de financiación a los países en desarrollo para que también puedan formar parte de este proceso y lograr la neutralidad climática en el año 2050 (Naciones Unidas, 2021a).

Si bien este acuerdo establece objetivos a largo plazo, según Naciones Unidas (2022), también existe la necesidad de alcanzar ciertas metas en períodos de tiempo más cercanos. Así, es necesario acabar con aproximadamente la mitad de las emisiones actuales para impedir que la temperatura aumente más de 1,5°C y la quema de combustibles fósiles debe verse reducida en torno a un 6% al año entre 2020 y 2030. No obstante, la consecución de estos objetivos a corto y medio plazo supone un gran desafío (Naciones Unidas, 2022).

En aras de la consecución de estos retos, los países firmantes del Acuerdo de París alrededor de todo el mundo han iniciado un proceso de transformación hacia la descarbonización (Koch & Eisenack, 2021).

4. Transformación hacia una economía descarbonizada

La descarbonización es el proceso de reducción o eliminación de la dependencia de combustibles fósiles con el objetivo de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente, de dióxido de carbono (Hansen, Sato & Kharecha, 2013). De esta manera, se contribuye a la consecución del objetivo de disminuir la dependencia energética de los combustibles fósiles y a impedir que la temperatura media mundial

continúe aumentando. Es por ello por lo que la principal ventaja que presenta la descarbonización es la contención del cambio climático (Peters & Geden, 2018).

4.1. Mecanismos estatales de restricción de emisiones de carbono

La acción del hombre es la causa principal del cambio climático (Al Mamun, Boubaker & Nguyen, 2022). Con el incremento de la actividad económica, la quema de combustibles fósiles se ha visto exponencialmente aumentada, la cual supone la emisión de gases de efecto invernadero, aumentándose así la temperatura global y dándose el fenómeno del cambio climático (Naciones Unidas, 2022).

Para lograr la disminución de emisiones de carbono de las economías, resulta necesario que se alcance una transición energética a nivel global, que suprima el carbono de la producción energética y de la actividad económica (Al Mamun, Boubaker & Nguyen, 2022). Ello supone una modificación orgánica hacia una obtención de energía basada en alternativas sostenibles que produzca únicamente emisiones que la Tierra sea capaz de absorber (Jacobson, 2021).

Si el mundo estuviese dominado por el utilitarismo de John Stuart Mill (1861), ningún individuo ni empresa dudaría en acabar con sus emisiones de carbono incluso aunque ello supusiese la disminución de su actividad económica y beneficios, pues esta acción supondría el mayor beneficio para el mayor número de personas. Sin embargo, lejos de esta utopía, el mundo está dominado por una realidad racionalista en la que cada persona busca sus propios intereses y lucros. Por tanto, son los gobiernos los encargados de establecer marcos regulatorios para corregir estas actuaciones y reenfoclarlas hacia el bien común.

En las próximas décadas, los gobernantes van a tener que hacer frente a dos retos de especial relevancia. En primer lugar, desarrollar una regulación adecuadamente definida que promueva la transición climática y que penalice a aquellos que la perjudiquen. Y, en segundo, lograr el suministro energético necesario mediante el desarrollo de fuentes de energía limpias (Ghoreishi-Madiseh & Rasouli-Chegeni, 2021).

Con el objetivo de alcanzar los propósitos del Acuerdo de París y los ODS, los estados alrededor del mundo han tomado medidas (Naciones Unidas, 2022). Estos compromisos

internacionales establecen el fin, pero no los medios para conseguirlo. Corresponde a cada gobierno la autonomía para establecer las medidas pertinentes para reducir las emisiones de carbono (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021a). Cada cinco años, los países contrayentes del Acuerdo de París deben presentar las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC), es decir, un conjunto de disposiciones y actuaciones por parte de los gobiernos para disminuir sus emisiones de carbono con el objetivo de frenar el cambio climático (Naciones Unidas, s. f.). Las dos medidas más extendidas son el establecimiento de límites a las emisiones de carbono y los impuestos sobre el carbono (Comisión Europea, 2021).

En los siguientes apartados se explican ambas medidas mencionadas y se realiza una comparación entre ellas.

4.1.1. Límites a las emisiones de carbono

Una de las medidas más comunes tomadas por los países firmantes del Acuerdo de París ha sido el establecimiento de límites máximos a las emisiones de carbono que se pueden producir en un periodo de tiempo determinado con el objetivo de disminuirlas (Carbon Pricing Leadership Coalition, 2021).

A modo ejemplificativo y debido a la imposibilidad de recoger los límites establecidos en cada país contrayente del Acuerdo, se desarrollan los establecidos por la Comisión Europea en 2005, vinculantes para todos los estados miembros de la Unión Europea. El objetivo de ello es lograr la neutralidad climática en 2050, así como los objetivos a corto y medio plazo acordados (Comisión Europea, 2021).

La manera en la que se asignan estos límites es mediante los derechos de emisión (Beuse & Rübhelke, 2018). Conforme al Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021b), un derecho de emisión es “el derecho a emitir, desde una instalación afectada por el régimen de la Unión Europea, una determinada cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera” y equivale a una tonelada de dióxido de carbono (Kumar, Jain & Gupta, 2021).

La Unión Europea es la encargada de establecer la cantidad de derechos que le corresponden a cada estado miembro. A continuación, cada país los reparte entre las

instalaciones en alcance del régimen europeo mediante dos mecanismos: la asignación gratuita y la subasta pública (Grisolia, Bartolomé & Pérez-Collazo, 2020). El primero consiste en otorgar los derechos de manera gratuita a aquellas empresas con riesgo de fuga de carbono, es decir, las pertenecientes a sectores en los que la presión regulatoria podría obligarles a trasladarse a países sin límites de emisiones para evitar los costes de estas, como la producción de acero o de cemento (Hintermann, 2008). El segundo consiste en la asignación de derechos mediante una subasta pública a aquellas empresas de sectores que no están tan expuestos a la competencia internacional y, por tanto, tienen menor necesidad de que la asignación de derechos de emisión sea gratuita, como el transporte o la generación energética (Kuzemko & Bradshaw, 2019).

Cada año, los límites se van reduciendo con el fin de que disminuyan las emisiones (Comisión Europea, 2021).

Además de la obtención mediante la asignación de la Unión Europea (tanto de manera gratuita como por subasta pública), también se pueden adquirir derechos de emisión a través de los mercados de carbono (Beuse & Rübhelke, 2018), que serán explicados en detalle más adelante.

4.1.2. Impuestos sobre el carbono

No solo se han establecido límites para las máximas emisiones de carbono, sino que ya en algunos países se han comenzado a fijar impuestos sobre dichas emisiones (Díaz-Rainey & Ashton, 2018).

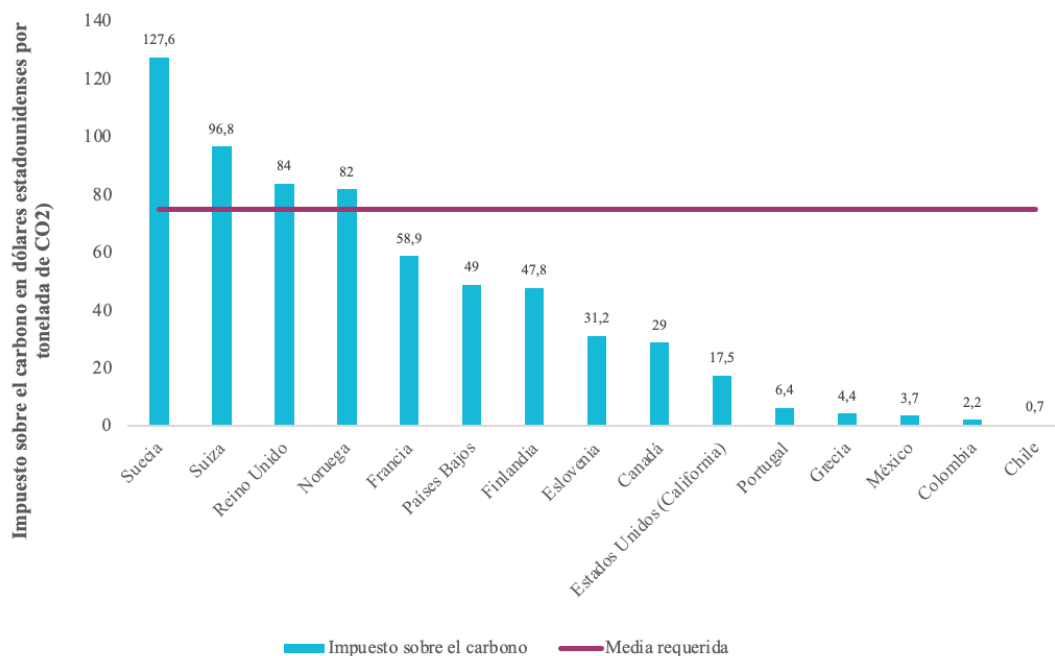
El propósito que se pretende alcanzar con su implementación es la reducción de las emisiones de dióxido de carbono para frenar el cambio climático y, por tanto, reducir los perjuicios que sus efectos están generando (Stavins, 2019). La naturaleza de estos impuestos subyace en la idea de internalizar económicamente los costes medioambientales del uso de los combustibles fósiles empleados por las empresas, haciendo que tanto estas como los consumidores paguen por dichas emisiones (Acemoglu, Akcigit & Hanley, 2018). De esta forma, se pretende reducir el empleo de combustibles fósiles y promover el desarrollo de tecnologías no contaminantes (Van den Bijgaart & Gerlagh, 2019).

Los impuestos sobre el carbono comenzaron a aplicarse en la década de 1990, aunque su gran crecimiento se ha producido en la última década. Los pioneros en su aplicación fueron Finlandia, en 1990, y Suecia, en 1991. A estos, se han ido sumando países como Suiza, Dinamarca, Noruega, Países Bajos, Canadá o México (Goulder, 2013). En la actualidad, 46 estados han implantado precios a las emisiones de carbono mediante un sistema de impuestos. Cabe destacar que en otros muchos países este modelo está programado o siendo considerado (Banco Mundial, 2022).

De manera similar a otros impuestos como el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) o el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF), el importe del impuesto sobre el carbono varía en función del estado que lo aplica de manera significativa (Klenert et al., 2021). En la Figura 5, se observa que, por lo general, los países nórdicos establecen los impuestos más altos, mientras que los países latinoamericanos tienen los inferiores. En Estados Unidos, la magnitud del impuesto sobre el carbono varía en cada estado, siendo el superior el implementado en California (17,5\$ por tonelada de CO₂).

De acuerdo con el informe del Banco Mundial (2022), las cuantías actuales son aún muy bajas para limitar los efectos del cambio climático. Se debería alcanzar el impuesto medio global sobre el carbono de 75\$ por tonelada de CO₂ antes de 2030 para que el sistema fiscal del carbono sea eficiente. En la Figura 5, puede comprobarse que existe una gran distancia para alcanzar el objetivo requerido.

Figura 5. Impuestos sobre el carbono por país (en dólares estadounidenses por tonelada de CO2)



Fuente: elaboración propia con datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2021

Se trata de unos primeros pasos que aún están teniendo reducido impacto, pero de los que se prevé un resultado potencial muy positivo con escala mundial (Jenkins & Spence, 2022).

4.1.3. Comparación de sistemas de restricción de emisiones de carbono

Tanto los límites a las emisiones de carbono como los impuestos sobre este son sistemas que buscan limitar los efectos de este gas de efecto invernadero y que pueden resumirse mediante el mismo principio: los emisores de carbono son penalizados económicamente. De esta forma, promueven el cambio hacia iniciativas verdes con el fin último de restringir los impactos del cambio climático (Schulze, 2021).

Con cualquiera de los dos enfoques, es esencial garantizar que el precio más alto del carbono necesario para abordar el cambio climático sea políticamente aceptable (Nordhaus, 2015).

La naturaleza de ambos mecanismos reside en que, al tener las emisiones de carbono un coste medioambiental elevado, resulta conveniente asignarles también un coste económico. De esta forma, se promueven los proyectos sostenibles y la innovación para el desarrollo de tecnologías no contaminantes, favoreciendo así la lucha contra los efectos del cambio climático (International Energy Agency, 2020).

Además de que ambos sistemas favorecen la reducción de emisiones de las economías, la principal ventaja en común que presentan son sus beneficios económicos y fiscales. Tanto los impuestos al carbono como los derechos de emisión suponen ingresos adicionales para la administración pública, con distintas aplicaciones en función de las necesidades de cada estado (Filippini & Heimsch, 2021). Su uso primordial es la financiación de inversiones sostenibles; no obstante, también pueden emplearse para proporcionar ayuda a los sectores vulnerables y más perjudicados por el cambio climático, así como para reducir otros impuestos o disminuir el déficit fiscal (Schubert & Tovar, 2020).

Los regímenes de derechos de emisión cuentan con ventajas frente a los impuestos sobre el carbono. Su mayor beneficio a nivel medioambiental es que permiten un mayor control de las emisiones puesto que, mediante la asignación de derechos de emisión, se establece el máximo de emisiones totales que se pueden producir, lo que asegura que se logre el objetivo concreto de disminución de emisiones. Por el contrario, los impuestos al carbono meramente promueven a las empresas a reducir sus emisiones para evitar costes, pero no fijan una cuantía objetivo (Ellerman, Buchner & Carraro, 2020). Asimismo, los derechos de emisión otorgan una mayor flexibilidad en tanto en cuanto que las empresas pueden comprar y vender derechos en los mercados, explicados con detalle posteriormente, en función de sus necesidades para alcanzar los límites fijados, mientras que los impuestos sobre el carbono son rígidos (Li et al., 2021). Por último, los regímenes de derechos de emisión brindan una mayor transparencia y control de las emisiones producidas por cada empresa, puesto que estas tienen que informar del uso específico que han hecho de los derechos (Van der Laan & Gocht, 2021).

Los impuestos al carbono, por su parte, también tienen beneficios respecto a los derechos de emisión, ya que proporcionan seguridad sobre los precios de las emisiones futuras, promoviendo así la inversión verde y la reducción del consumo energético. Además, son más fáciles de implementar si se reforma el impuesto a los combustibles existente (Parry, Black & Zhunussova, 2022). Por ello, los impuestos al carbono son más convenientes que los derechos de emisión en países aún en desarrollo (Black et al., 2022).

Con el objetivo de aunar los beneficios de los sistemas explicados, cada vez, más estados están aplicando en sus territorios tanto los impuestos como los límites a las emisiones de carbono, lo que se conoce como “precio del carbono dual”. Algunos países que ya han implementado ambas políticas son Suecia, Francia y Canadá (Liu et al., 2021).

Muy probablemente, ambos sistemas de restricción de emisiones de carbono irán adquiriendo cada vez más peso en las economías hasta que estas alcancen la completa neutralidad climática con el objetivo último de frenar los impactos del cambio climático (Riahi et al., 2021).

4.2. Reestructuración de las empresas hacia la descarbonización

Como se ha explicado en el apartado anterior, los gobiernos alrededor de todo el mundo han implementado medidas de restricción de emisiones de carbono para impulsar el proceso de transición hacia la descarbonización de la economía (Comisión Europea, 2021).

Las empresas, muy conscientes de las sanciones económicas que sufrirán en caso de no adaptarse a estas medidas, han iniciado un proceso de reestructuración hacia la descarbonización (Liu, Chen & Zhang, 2021). Resulta conveniente añadir que es muy probable que estas medidas vayan haciéndose más estrictas o que se implementan nuevas regulaciones que fuercen a seguir disminuyendo las emisiones de carbono producidas (Adamson et al., 2022).

4.2.1. Beneficios de la descarbonización

Las empresas son las protagonistas del proceso de descarbonización de la economía, ya que son las causantes de la mayor parte de las emisiones de carbono. Por ello, resulta primordial la transición de estas hacia un modelo de negocio más sostenible para la contención del cambio climático (Creutzig et al., 2018).

Además, las empresas se benefician a sí mismas de la implementación de iniciativas y proyectos sostenibles que reduzcan sus emisiones de carbono, al tratarse de una de las maneras en las que las empresas pueden disminuir su exposición al riesgo climático. Este último se refiere a la exposición a incurrir en pérdidas financieras como consecuencia del clima, concepto que será explicado en detalle más adelante (Krueger, Sautner & Starks, 2020).

Asimismo, el proceso de reestructuración de las empresas hacia la descarbonización promueve la innovación tecnológica, ya que implica cambios significativos en las operaciones, procesos y estrategias de las compañías para reducir su huella de carbono. Por ejemplo, mediante la adopción de prácticas para descarbonizar sus operaciones, como medidas de eficiencia energética o el uso de fuentes de energía renovables (Liao & Fan, 2021). Gracias a estos cambios, se obtiene un gran beneficio como es la disminución de la dependencia energética actual, puesto que Europa es importadora de combustibles fósiles, lo que permite lograr seguridad energética y minimizar la dependencia de la volatilidad existente en el mercado global de energía (Aravind & Krishnakumar, 2021).

Por último, la implementación de prácticas sostenibles mejora la reputación de la marca, el aumento de la competitividad y permite posicionarse como líder en la transición hacia un futuro con bajas emisiones de carbono, puesto que los consumidores y los inversores tienen cada vez más en cuenta la responsabilidad ambiental de las empresas (Xu, Liu, & Wang, 2021).

4.2.2. Alternativas de las empresas para la descarbonización

La descarbonización de las empresas requiere la adopción de medidas y tecnologías sostenibles, de manera que se reduzcan las emisiones de carbono producidas. Para lograrlo, las empresas deben evaluar sus operaciones actuales e identificar aquellas áreas en las que pueden disminuir sus emisiones. Las compañías también deben comprometerse con las partes interesadas, como empleados, clientes y accionistas, con el objetivo de conseguir apoyo para sus esfuerzos de descarbonización y asegurarse de que estos se alinean con sus valores y prioridades (Garg, Khanna & Kumar, 2021).

Es posible que las empresas tengan que introducir cambios significativos en sus procesos para apoyar la aplicación de estrategias bajas en carbono. Las medidas óptimas dependerán de las características particulares de cada empresa y del entorno en el que se encuentre (Ali & Khan, 2020). Algunas de las estrategias que pueden adoptar hacia la descarbonización son:

- La eficiencia energética en sus procesos y operaciones, de manera que se disminuya la energía empleada y, por tanto, las emisiones producidas. Ello puede alcanzarse mediante el empleo de tecnologías energéticamente eficientes, la optimización de procesos y una gestión energética apropiada (Ali & Khan, 2020).
- La transición hacia fuentes de energía renovables mediante el empleo de paneles solares o turbinas eólicas (Garg, Khanna & Kumar, 2021).
- La sustitución de combustibles contaminantes por otros no contaminantes como los biocombustibles (Geels, 2018).
- La adopción de prácticas sostenibles en la cadena de suministro, como el aprovisionamiento de proveedores responsables con el medio ambiente (Ali & Khan, 2020).
- La captura de dióxido de carbono, que es la estrategia más innovadora entre las propuestas, consistente en tecnologías que capturan y almacenan el carbono de manera segura en lugar de emitirlo a la atmósfera (Lackner, 2020).

Asimismo, conviene añadir que la descarbonización puede ocasionar cambios en la estructura organizativa de las compañías, implicando la creación de nuevas funciones y responsabilidades, como un director de sostenibilidad, o el establecimiento de equipos

multifuncionales para impulsar los esfuerzos de descarbonización (Chang & Herzig, 2018). Además, resulta conveniente que los gerentes de las distintas áreas impulsen el cambio hacia la sostenibilidad y el desarrollo de estrategias ambientalmente responsables (Kanashiro, Montes-Sancho & De Quevedo-Puente, 2021).

4.2.3. Desventajas y obstáculos de la descarbonización

Aunque la descarbonización cuenta con diversidad de beneficios a nivel económico y ambiental, como contrapartida, cabe hacer referencia a que las organizaciones se enfrentan a varios retos en su camino hacia la descarbonización. Esto se debe a que se trata de un proceso complejo que requiere un compromiso a largo plazo y una inversión significativa, lo cual ralentiza su implementación (Stern, 2019).

Uno de los principales obstáculos es la enorme dependencia de combustibles fósiles que afecta a infinidad de regiones, entre las que se encuentra Europa. Actualmente, no existen las capacidades y tecnologías suficientes para satisfacer el suministro energético requerido mediante recursos sostenibles. Para lograrlo, es necesario llevar a cabo inversiones significativas que muchas empresas no están dispuestas a asumir, debido a los elevados costes que conllevan y la falta de incentivos para ello (Cherp et al., 2018). Pese a estar el sector público apoyando financieramente las iniciativas de descarbonización, este apoyo aún no es suficiente (Pahle et al., 2022). Cabe destacar que, no solo hacen falta capacidades financieras para desarrollar soluciones sostenibles, sino que también se necesitan conocimientos técnicos de los que muchas regiones carecen (Shove, 2019).

Asimismo, la descarbonización supone cambios relevantes en la estructura económica actual, lo que puede ocasionar resistencia política y social. Esto se debe a que los sectores que puedan verse perjudicados por este proceso se opongan. Por ejemplo, el sector industrial incurrirá en enormes pérdidas en el proceso hacia la descarbonización, puesto que tendrá que realizar inversiones muy elevadas (Hillman, 2018). Otro ejemplo serían las familias que no estén dispuestas a modificar sus hábitos de consumo actuales o a optar por soluciones más sostenibles si éstas tienen un coste superior. En cuanto a los gobiernos, puede haber algunos que prefieran no destinar fondos públicos a

iniciativas sostenibles e incluso que cuestionen si realmente el cambio climático es un fenómeno real (Shove, 2019).

Pese a estas desventajas y obstáculos, a largo plazo, los beneficios que acarrea la descarbonización superan los costes asociados a esta, puesto que resulta imprescindible para la lucha contra el cambio climático y sus efectos (Chen & Li, 2021).

4.2.4. Nivel de descarbonización actual

El nivel de descarbonización actual que han alcanzado las empresas es muy diferente en función del sector y el estado al que pertenezcan (Linnenberg & Maas, 2020).

Conforme al informe realizado por Accenture (2022), en el que se analizan 2.000 de las mayores empresas a nivel global, tanto públicas como privadas, el 34% de ellas se ha comprometido a alcanzar en 2050 el “cero neto”, es decir, reducir sus emisiones de carbono hasta que sean prácticamente nulas (Howells, Staffell & Zerriffi, 2020). Sin embargo, el 93% de estas no lo logrará si no duplica el ritmo de descarbonización actual antes de 2030.

Aunque muchas empresas han comenzado el proceso de reducción de emisiones de carbono mediante las estrategias explicadas anteriormente, aún están muy lejos los objetivos establecidos en el Acuerdo de París de reducir la quema de combustibles en torno a un 6% al año entre 2020 y 2030 y de alcanzar las cero emisiones netas en 2050 (Beccarello & Di Foggia, 2023).

4.3. *Ratings* ESG

La progresiva concienciación sobre el cambio climático no solo ha supuesto cambios en las actuaciones de los gobiernos y las empresas, sino que también ha tenido impacto en la forma de invertir, puesto que ha ampliado las prioridades de los inversores y ha añadido el componente ambiental a la toma de decisiones de inversión (Kolk, 2021).

Con el fin de realizar una evaluación sobre las prácticas relacionadas con la sostenibilidad por parte de las organizaciones, surgen los *ratings* ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), que proveen a los inversores y otros grupos de interés de una amplia visión de cómo la organización está gestionando su impacto medioambiental y social, así como sus prácticas de gobernanza (García-Sánchez, Medina-Muñoz & García-Sánchez, 2021).

El cambio climático ha incrementado la importancia de la “E” dentro de los factores ESG, es decir, del *environment* o medioambiente (Adeyeye & Piesse, 2021). Algunos de los factores que se analizan en este contexto son las emisiones de carbono de la compañía, el uso que esta hace del agua o el modo en que se gestionan los residuos (Núñez-López & López-Pérez, 2020). Cada vez, los inversores muestran un mayor interés por invertir en aquellas empresas que sean respetuosas con el entorno ya que reconocen la importancia de luchar contra el cambio climático. Las empresas, conscientes de este hecho, están aumentando sus esfuerzos para demostrar su compromiso con el medioambiente (Zwickin & Sharma, 2022).

En torno a este punto, resulta conveniente mencionar que no existe un método estandarizado de cálculo de *ratings* ESG, sino que hay diversas organizaciones que establecen sus propios criterios para el cálculo, evaluación y análisis, como MSCI, S&P Global y Fitch Ratings. Al tener cada una su propia metodología, los resultados obtenidos pueden variar considerablemente de acuerdo con el sistema empleado (Riera & Ferreira, 2021).

Aunque el objetivo teórico de los *ratings* ESG es evaluar y comparar la sostenibilidad de las prácticas de las organizaciones, en la práctica, estos no cumplen con su finalidad debido a la falta de un criterio estandarizado que impide la comparabilidad y, por tanto, su aplicación para los inversores (Kolk, 2021).

Las empresas escogerán, por ende, el criterio que les vaya a otorgar un *rating* ESG más positivo, independientemente de si este refleja o no la verdadera imagen de las prácticas de la empresa en términos de sostenibilidad. Asimismo, las compañías se esforzarán en mejorar de manera selectiva las áreas evaluadas por el *rating* seleccionado en vez de tratar de progresar en aquellos procesos y prácticas que más atención necesiten (Maier & Schneider, 2021).

En este punto, cabe explicar el concepto de “greenwashing”, consistente en la práctica realizada por algunas compañías de aparentar ser sostenibles y actuar conforme a criterios ESG, cuando la realidad es que su esfuerzo para abordar los efectos negativos ambientales o sociales de sus prácticas es mínimo o nulo. Esto ocurre por la falta de estandarización mencionada y puede hacer que los inversores creen que están invirtiendo en organizaciones sostenibles, mientras que la realidad no es así (Grewal & Levy, 2021). Por ejemplo, una compañía anuncia que ha disminuido sus emisiones de dióxido de carbono en un 15%, ocultando que esto lo ha conseguido externalizando la parte de su proceso productivo a un proveedor que está generando grandes cantidades de emisiones de carbono (Elliott, 2018). Esto podría hacerse empleando un *rating* ESG que solo tenga en cuenta las emisiones de *scope* 1 (emisiones directas de fuentes propias de la empresa). Las emisiones generadas por el proveedor pertenecerían al *scope* 3 (emisiones indirectas producidas en la cadena de valor de la empresa no relacionadas con la producción de energía), pero que podrían no ser contempladas por el criterio escogido (Bryman & Bell, 2019).

El estudio realizado por Grewal, Narayan y Sahni (2022), destaca la importancia de desarrollar un criterio de estandarización de los *ratings* ESG para que realmente los grupos de interés puedan comparar las prácticas de las organizaciones en términos de sostenibilidad y evitar prácticas como el “greenwashing”.

Una vez alcanzada dicha estandarización, las calificaciones ESG pueden resultar muy útiles. Un *rating* ESG alto puede mejorar la reputación de una empresa, así como atraer un mayor número de inversores y aumentar su competitividad frente a otras empresas del sector, mientras que un *rating* ESG bajo podría tener las consecuencias contrarias. Estas razones podrían motivar a las organizaciones a invertir más recursos en iniciativas que sean acordes a una mejora de sus calificaciones ESG y les favorezcan para posicionarse como empresas responsables y sostenibles en el mercado, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático (Galimberti & Gualandri, 2022).

4.3.1. Sistema de calificación ESG de Bloomberg

Con el objetivo de contribuir a la falta de estandarización y transparencia de los *ratings* ESG, Bloomberg introdujo un sistema propio de calificación ESG en 2014. Este sistema

otorga una calificación de la A a la F (siendo la A la mejor y, la F, la peor posible) a las organizaciones en función de sus prácticas ambientales, sociales y de gobernanza. Asimismo, ofrece información en detalle del cálculo de la calificación para promover la transparencia y facilitar la comparabilidad (Bloomberg, 2021).

Dentro de los factores ESG analizados por Bloomberg, tienen una importancia destacada los ambientales, ya que este sistema de calificación surge en un contexto en el que la concienciación sobre los efectos del cambio climático está tomando importancia (Tufano, 2021).

Dentro de la sección ambiental, se valoran prácticas como las emisiones de carbono, la eficiencia en el empleo de recursos naturales, la gestión de residuos o la eficiencia energética (Gersen & Derwall, 2019). En total, este sistema cubre más de 200 aspectos, lo que lo convierte en una de las alternativas de valoración de la responsabilidad ESG más amplia y completa (Cui et al., 2021).

Por el momento, este sistema está logrando resultados positivos. Conforme a Hoepner, Majoch y Nguyen (2021), el sistema de calificación ESG de Bloomberg cuenta con una sólida metodología. Asimismo, las empresas con una calificación ESG de Bloomberg alta cuentan con una probabilidad mayor de emitir bonos verdes, explicados más adelante, que aquellas con un *rating* inferior (Wagner, Berg & Kiesel, 2018).

El sistema de calificación ESG de Bloomberg está contribuyendo al reto de falta de estandarización de los resultados ESG de las compañías ofreciendo un criterio caracterizado por su transparencia, bien valorado por diferentes autores y que abarca una gran diversidad de prácticas relacionadas con la sostenibilidad. Sin embargo, sigue habiendo aún un largo camino por recorrer en la normalización de criterios ESG, aunque cada vez se está más cerca de lograrlo (Fogarty et al., 2022).

4.4. Fuentes de energía

Las fuentes de energía y el cambio climático están muy relacionados entre sí. La producción y el uso de la energía generan gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al calentamiento global (Mazzucato, Semieniuk & Jiang, 2020).

Mediante la quema de combustibles fósiles (como el carbón, el petróleo y el gas natural), se emiten enormes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera. Asimismo, el empleo de las fuentes de energía tiene otros impactos medioambientales, como son la contaminación del aire y del agua o la degradación del suelo (Zhou & Tol, 2022).

Para alcanzar el objetivo de disminuir el impacto del cambio climático y lograr la transformación a un sistema energético más sostenible, resulta primordial la sustitución de fuentes de energía tradicionales por las renovables como la solar, la eólica, la hidráulica o la geotérmica. Estas generan insignificantes emisiones de carbono y, por tanto, no contribuyen al cambio climático (Kahouli, 2020).

4.4.1. Invasión rusa de Ucrania y fuentes de energía

Desde el año 2021, el sector energético presenta una gran inestabilidad como consecuencia de motivos geopolíticos, tecnológicos y atmosféricos. Este hecho se ha acentuado con motivo de la invasión rusa de Ucrania (iniciada en febrero de 2022) por el enorme grado de dependencia de Europa de Rusia en términos energéticos. Cada día, Europa compra alrededor de 2,8 millones de barriles de petróleo a Rusia. Asimismo, adquiere anualmente aproximadamente 155 miles de millones de metros cúbicos de gas y 44 millones de toneladas de carbón ruso (Real Instituto Elcano, 2022).

La Unión Europea se encuentra intentando reducir su importación energética de Rusia para evitar estar tan expuesta a la inestabilidad del mercado energético global y a las políticas del gobierno ruso (Real Instituto Elcano, 2022). Sin embargo, la suplencia de cantidades tan significativas de combustibles rusos es una labor de gran complejidad que requiere un largo periodo de tiempo, así como una gran inversión en infraestructura (Taranu, 2021).

La sustitución de combustible en la que Europa ha invertido mayores esfuerzos es en la de carbón, puesto que la UE ha prohibido la importación del procedente de Rusia. Como consecuencia, ha comenzado a adquirir el excedente de carbón de países como Australia o Sudáfrica. Sin embargo, este no es suficiente para cubrir la demanda existente (Carrasco Contero, 2022).

El reemplazo del petróleo ruso también resulta difícil debido a la diferencia de calidades existentes, siendo el ruso de gran calidad y, por tanto, más fácilmente refinado comparado con otros tipos. Asimismo, las infraestructuras rusas han logrado una alta eficiencia en la producción y transporte de petróleo (Colgan, 2020). A ello hay que añadirle que, en caso de comenzar a importar petróleo de una región de la que no se hiciese previamente, se requiere una enorme inversión económica y de tiempo para la construcción de oleoductos, barcos petroleros, camiones cisterna y/o ferrocarriles para su transporte. Por tanto, su sustitución no puede ser inmediata y supondría costes adicionales causantes de un enorme daño económico a Europa (Staszewska, 2021).

En cuanto al gas, es importante destacar que los grandes exportadores de este no disponen apenas de excedentes. Argelia sí sería capaz de aumentar la exportación actual de gas a la UE, sin embargo, no resulta muy conveniente depender energéticamente de Argelia, ya que se caracteriza por problemas de seguridad e inestabilidad política, lo que puede resultar perjudicial para la industria energética. Una alternativa al gas natural es el gas natural licuado, habiéndose firmado ya acuerdos con Estados Unidos para su adquisición y existiendo la posibilidad de importarlo de Qatar y Australia (Angel, 2022). Sin embargo, esta opción presenta un coste elevado debido a que para mantenerse en estado líquido tiene que encontrarse a una temperatura de -162°C , lo cual encarece mucho los procesos de la cadena de suministro (Gómez-Elvira y García-Álvarez, 2019).

La sustitución de estas fuentes de energía es de elevada complejidad. No existen grandes excedentes de producción energética a nivel mundial y, además, se requiere una gran inversión en infraestructuras, así como un largo periodo de tiempo (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, 2021).

Como se ha explicado, algunas de las soluciones que se están implementando en la actualidad consisten en la sustitución de carbón, petróleo y gas rusos por estos mismos combustibles, pero procedentes de otras regiones. De esta manera, se reduce la dependencia de Rusia, pero se mantiene la dependencia de otros países (Mohanna, 2022).

Una solución muy conveniente para reducir la dependencia energética es promover la inversión en fuentes de energía renovables. Se trata de una solución a largo plazo. Sin

embargo, permite no solo acabar con la dependencia energética, sino también contribuir a la lucha contra el cambio climático, ya que supone una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Carrasco Contero, 2022).

La Comisión Europea ha propuesto REPowerEU, una iniciativa que busca reducir la dependencia energética de Rusia. Para lograrlo, pretende diversificar las importaciones, así como fomentar la inversión en energías renovables (Comisión Europea, 2022a).

En definitiva, la invasión rusa de Ucrania ha intensificado la inestabilidad del mercado energético global y ha incrementado el interés en la inversión en energías sostenibles para reducir la dependencia europea y alcanzar la seguridad energética (Carrasco Contero, 2022).

5. Impacto del cambio climático en los mercados financieros

De la mano de la creciente importancia de los efectos del cambio climático, las nuevas políticas ambientales, la descarbonización de la economía y las modificaciones en la forma de invertir, los mercados financieros han sufrido modificaciones (Jiang, Xu & Zhang, 2022).

El Acuerdo de París puso de manifiesto la importancia de reconducir recursos financieros hacia aquellas inversiones que promuevan una economía descarbonizada que frene los efectos del cambio climático, las denominadas “finanzas verdes” (Barbosa, Brusca & Luque, 2021).

En este apartado se recogen las modificaciones más relevantes que han experimentado los mercados financieros como consecuencia del objetivo global de luchar contra el cambio climático.

5.1. Gestión del riesgo climático

La gestión del riesgo climático se ha convertido en un aspecto fundamental a la hora de gestionar los riesgos en el sector financiero tanto por parte de inversores como de compañías como consecuencia del cambio climático (Krueger, Sautner & Starks, 2020).

Conforme a Andersson, Bolton y Samama (2016), el riesgo climático es la exposición que tiene una compañía o un inversor a incurrir en pérdidas financieras como consecuencia del clima. Ello se debe a que el riesgo climático afecta a la valoración de los activos y a la rentabilidad de las inversiones de diversas maneras (Krueger, Sautner & Starks, 2020):

- Climatológica (también conocido como riesgo físico), puesto que los activos físicos pueden deteriorarse o destruirse en caso de ocurrir fenómenos meteorológicos adversos como sequías o tormentas, perdiendo así gran parte de su valor, fenómenos que se han visto agravados como consecuencia del cambio climático (Bua et al., 2022).
- Política (también conocido como riesgo de transición), puesto que la regulación es cada vez más estricta con las prácticas no sostenibles debido a la mayor concienciación sobre los efectos del cambio climático. Ello implica que el valor de las empresas puede disminuir en tanto en cuanto que las potenciales regulaciones ambientales podrían obligar a tener que pagar impuestos sobre las emisiones de carbono o a incurrir en costes adicionales (Krueger, Sautner & Starks, 2020).
- De mercado, que aglutinan las consecuencias en la economía y los mercados de modificaciones causadas por el efecto climático, como el aumento en el precio del petróleo. Estas afectan a industrias muy expuestas al cambio climático, como la de combustibles fósiles, que dependen de los recursos naturales, lo cual puede incidir en su producción, ingresos, costes y, por tanto, rentabilidad (Andersson, Bolton & Samama, 2016).
- Social, puesto que las compañías pueden verse afectadas por los cambios en la demanda ya que los consumidores están cada vez más concienciados con la necesidad de frenar el cambio climático y optar por opciones ambientalmente responsables (Andersson, Bolton & Samama, 2016).

Por las razones mencionadas, promovidas por el cambio climático, gestionar el riesgo climático resulta imprescindible a la hora de tomar decisiones y gestionar los riesgos en el sector financiero. Tanto empresas como inversores pueden adoptar estrategias para aumentar la rentabilidad y disminuir la volatilidad de las inversiones. Los inversores pueden diversificar su cartera de inversiones disminuyendo su exposición a sectores

muy influenciados por el riesgo climático y aumentando su exposición hacia aquellas industrias más responsables con el medioambiente, como las energías limpias (Andersson, Bolton & Samama, 2016). Según Cepni, Demirer y Rognone (2022), esto puede hacerse mediante la inversión en activos verdes, los cuales poseen un riesgo climático más bajo que los activos que no son verdes y su valor depende menos de los factores de riesgo climático.

Por su parte, las empresas pueden optar por la implementación de iniciativas y proyectos sostenibles. Disminuir su cuantía de emisiones y diversificar su cartera de productos y servicios hacia opciones sostenibles pueden ser soluciones adecuadas. Mediante estas, pueden evitar la caída de la demanda por unos consumidores progresivamente más concienciados con el cambio climático y minimizar la exposición a la posible introducción de regulaciones climáticas que puedan afectar a su actividad (Krueger, Sautner & Starks, 2020). Asimismo, resultaría conveniente que las compañías aumentasen sus coberturas y seguros ante el riesgo climático, lo que se explicará detalladamente en el siguiente apartado. Además, les convendría emitir bonos verdes, también explicados más adelante, para conseguir la pertinente financiación para iniciativas y proyectos sostenibles (Andersson, Bolton & Samama, 2016). Por último, Krueger, Sautner y Starks (2020) hacen referencia a la relevancia de la comunicación por parte de las compañías de las medidas sostenibles que estén implementando para que los inversores tengan en cuenta esta información a la hora de invertir.

Según Bua et al. (2022), progresivamente, tanto inversores como empresas están teniendo más en cuenta el riesgo climático a la hora de tomar decisiones financieras y económicas. Cada vez, están incorporando más los criterios ESG, que son los factores ambientales, sociales y de gobernanza que se tienen en cuenta a la hora de tomar una decisión de inversión. Sin embargo, algunos inversores institucionales están subestimando este riesgo, lo que aumenta la exposición y podría ocasionarles elevadas pérdidas financieras (Krueger, Sautner & Starks, 2020). Se requiere una mayor implicación y concienciación sobre los efectos que tendrá el cambio climático a largo plazo si no se toman las medidas pertinentes (Bua et al., 2022).

5.1.1. Crecimiento de coberturas y seguros ante el riesgo climático

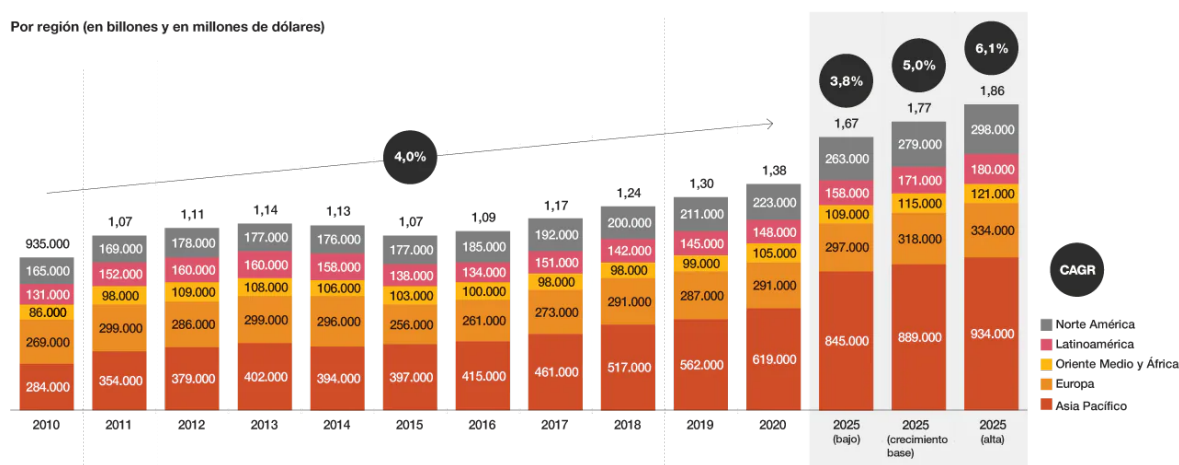
Las empresas son cada vez más conscientes del riesgo que corren de sufrir contratiempos meteorológicos que es imposible controlar o predecir de manera precisa y que se han vuelto más frecuentes como consecuencia del cambio climático, lo que ha provocado el aumento de las coberturas y los seguros contra estos (Boubaker & Raza, 2022).

Cada vez, los efectos del cambio climático como la escasez de agua, los incendios, las pérdidas de cultivos, las inundaciones o los desastres naturales son más frecuentes. Estos eventos tienen graves consecuencias en la producción, en la vida de las personas y en la economía (Ballesteros-Sánchez, Morales-García & Pérez-Sánchez, 2021). Por ello, resulta de vital importancia estar cubiertos ante ellos mientras se sigue luchando en el proceso para paliarlos.

A las formas de cobertura tradicionales, se han añadido nuevas como los seguros de transición climática, que ofrecen a las compañías no solo cobertura ante los riesgos ocasionados por los efectos del cambio climático, sino también ayuda técnica para minimizar las consecuencias de estos (Fankhauser, Schmidt & Wagner, 2020).

En la Figura 6, se muestra la evolución del volumen de primas del mercado asegurador por región desde 2010 hasta 2020, así como las predicciones para 2025. Estas cuantías corresponden a seguros frente a contratiempos meteorológicos adversos como tormentas e incendios, agravados por el cambio climático (PricewaterhouseCoopers, 2021). Puede comprobarse que se trata de un mercado con, aunque limitado, crecimiento de 2010 a 2020. Se espera que las primas del mercado asegurador global alcancen el valor de 1,86 billones de dólares en 2025. Cabe añadir que se prevé un importante y constante crecimiento en un futuro muy cercano como consecuencia de la creciente concienciación sobre el cambio climático y sus impactos (Mills & Hartwig, 2021).

Figura 6. Evolución del volumen de primas del mercado asegurador por región



Fuente: Recuperado de PricewaterhouseCoopers. 2021. *Insurance 2025 and beyond*.

Además, algunas aseguradoras se encuentran invirtiendo en proyectos sostenibles que favorezcan la lucha contra el cambio climático y sus efectos (Jarzabkowski, Bednarek & Dörr, 2021). De acuerdo con Van Lent, Pelizzon y Schuster (2021), esto, indudablemente, contribuye a la consecución de un reto global, no obstante, también podría considerarse como una estrategia para, en un futuro, minimizar el número de partes recibidos.

5.1.2. Crecimiento de las firmas de futuros de fuentes de energía

La creciente preocupación por la gestión del riesgo climático, además de haber supuesto el crecimiento de coberturas y seguros, ha ocasionado el aumento de la firma de contratos de futuros para asegurar el suministro energético (Barrero, 2022).

Según Hossain y Mitra (2021), un futuro es un contrato mediante el que las partes contrayentes se comprometen a comprar o vender un activo en una fecha futura determinada a un precio establecido previamente. Se emplea frecuentemente como un instrumento de protección frente a movimientos de precios adversos.

Con el objetivo de reducir la incertidumbre generada por el cambio climático y la invasión rusa de Ucrania en el mercado energético global, se ha dado un gran incremento de la firma de futuros (Domínguez & Boeta, 2022), ya que ponen a disposición de los inversores la oportunidad de tener garantizado el precio que pagarán por la energía en el largo plazo, pudiendo así planificar sus estrategias de inversión, así como paliar el riesgo ocasionado por potenciales aumentos de los precios de la energía (Kilian, 2022).

Aunque diferentes tipos de contratos de futuros de energía se encuentran en crecimiento, se está produciendo un incremento especialmente importante en los relacionados con las fuentes de energía renovable (Pereira et al., 2022). Estos últimos no solo garantizan el suministro energético y evitan el riesgo de potenciales subidas de los precios de la energía, sino que favorecen la lucha contra el cambio climático, puesto que promueven el empleo de energías limpias (Kanamura & Motohashi, 2022).

5.2. Criterios ESG en la distribución del riesgo de bancos al mercado asegurador

Resulta importante destacar que el crecimiento de coberturas y seguros ante el riesgo climático no es la única modificación que ha sufrido el mercado asegurador como consecuencia del riesgo climático, sino que los criterios ESG han comenzado a incluirse en la toma de decisiones y en la gestión de riesgos (Falconer et al., 2020).

Las entidades bancarias se encuentran muy expuestas a riesgos crediticios, de mercado y operativos en sus actividades diarias, lo que supone que presenten un elevado riesgo en sus balances. Con el objetivo de minimizarlo, los bancos transfieren los riesgos al mercado asegurador (Micocci, Piacenza & Tiseno, 2021).

La distribución de riesgos es una práctica frecuentemente empleada por las entidades bancarias para disminuir los riesgos asociados a sus operaciones mediante la transferencia de estos o de parte de estos a las compañías aseguradoras a través de la contratación de instrumentos como pólizas de seguro, seguros de títulos de valores o seguros de crédito (Darracq-Paries, Timmer & Markgraf, 2021).

Antes de firmar contratos, las aseguradoras realizan un análisis de los riesgos de las entidades bancarias (Andreou, Markides & Charitou, 2019). Con el aumento de la concienciación sobre los efectos del cambio climático y de la mayor exposición al riesgo climático, se han incorporado a estas evaluaciones los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza). Algunas de las prácticas analizadas son el respeto de los derechos humanos o la transparencia en la divulgación de la información, sin embargo, cabe resaltar que las más tenidas en cuenta son aquellas relacionadas con el impacto ambiental (Bäckstrand & Wennerholm, 2020).

Cada vez, las aseguradoras son más reticentes a asumir riesgos relacionados con actividades que no sean responsables con el medioambiente (Boemi, 2018). Asimismo, algunas aseguradoras han dejado de permitir la contratación de seguros a compañías relacionadas con combustibles fósiles como el petróleo, el carbón o el gas por ser altamente contaminantes (Gagliardi & Scandizzo, 2021). Un ejemplo de ello es la compañía de seguros AXA, que estableció en 2015 que no ofrecería más seguros a empresas relacionadas con la industria del carbón (Rubino & Galbraith, 2018).

Si los préstamos concedidos, así como la actividad del banco cumplen con los criterios de sostenibilidad, tendrán una facilidad mayor para distribuir su riesgo en el mercado asegurador. Este hecho, por tanto, promueve una actuación acorde con buenas prácticas respecto a los criterios ESG (Chiam & Fang, 2021).

5.3. Recanalización de recursos financieros hacia fuentes de energía renovables

Como se viene explicando, los efectos del cambio climático son cada vez más visibles, hecho que ha aumentado la concienciación sobre la necesidad de luchar contra este fenómeno y la exposición al riesgo climático. La progresiva sustitución de fuentes de energía tradicionales por renovables contribuye a la descarbonización de la economía y, por ende, a luchar contra el cambio climático y a minimizar tanto sus efectos como los riesgos que genera (Fankhauser & Jotzo, 2020).

Como se ha explicado previamente, la producción y el uso de la energía producen gran parte de las emisiones de carbono causantes del cambio climático (Mazzucato,

Semieniuk & Jiang, 2020). A este hecho es importante añadirle las tensiones geopolíticas actuales como consecuencia de la invasión rusa de Ucrania. En este contexto, la inversión en fuentes de energía renovables es una solución adecuada tanto para contribuir a la lucha contra el cambio climático como para reducir la dependencia energética (Carrasco Contero, 2022).

El desarrollo de fuentes de energía renovables requiere financiación. Tanto a nivel estatal como a nivel empresarial se están implementando medidas para promover el cambio a un sistema energético con bajas emisiones de carbono. Se está produciendo una recanalización de recursos financieros de sectores contaminantes a aquellos respetuosos con el medioambiente, explicado detalladamente a continuación (Fankhauser & Jotzo, 2020).

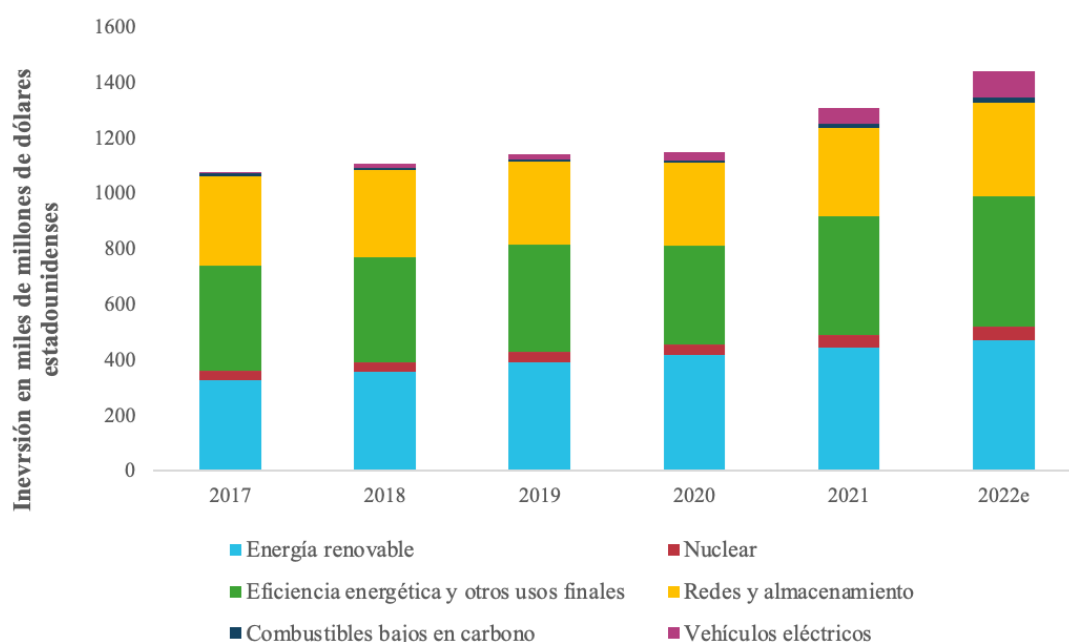
Los gobiernos tienen un papel imprescindible en la transición hacia las energías renovables y, por tanto, en la lucha contra el cambio climático (Zhang, Li & Wang, 2021). Los estados tienen la capacidad de crear condiciones favorables para la inversión en estas energías renovables mediante instrumentos financieros como los créditos fiscales, subvenciones y contratos a largo plazo para la adquisición de energía procedente de fuentes renovables (International Renewable Energy Agency, 2021). Muchos gobiernos han implementado iniciativas que tienen como objetivo conceder condiciones favorables de financiación para proyectos sostenibles (World Green Bond Network, 2022).

La inversión privada también tiene un gran peso en este proceso. Existen infinidad de oportunidades de inversión en este ámbito a todos los niveles: desde la financiación de pequeños proyectos a las grandes inversiones en capital de empresas de energías renovables (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2021). Se trata de un mercado en crecimiento y, por tanto, las oportunidades para invertir en él seguirán incrementándose, permitiendo a los inversores multitud de variantes para participar en la transición hacia un sistema energético sostenible (Global Sustainable Investment Alliance, 2021a).

Además, las empresas contribuyen en este proceso incorporando la sostenibilidad en sus operaciones y cadenas de suministro (International Finance Corporation, 2021).

Gracias a la mayor concienciación sobre la importancia de la transformación hacia la eficiencia energética, apoyada por las medidas e iniciativas explicadas, la inversión en energías limpias está en continuo crecimiento (Gonzalez-Eguino, Sampredo & Arto, 2022). En la Figura 7 se observa que, cada vez, se invierte una mayor cantidad de recursos financieros en el desarrollo de energías renovables, así como el desglose de las inversiones realizadas de manera anual a nivel global.

Figura 7. Inversión anual global en energía limpia de los sectores público y privado en miles de millones de dólares estadounidenses



Fuente: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía, 2022

Puede comprobarse en la Figura 7 que, desde 2017 hasta 2020, la inversión se mantuvo más o menos constante. Sin embargo, desde 2020, está en continuo crecimiento. Ello se debe a la mayor concienciación sobre el cambio climático, las cada vez más exigentes políticas gubernamentales con las emisiones de carbono, la disminución de costes por las mejoras de las tecnologías y porque los inversores han comenzado a reconocer la

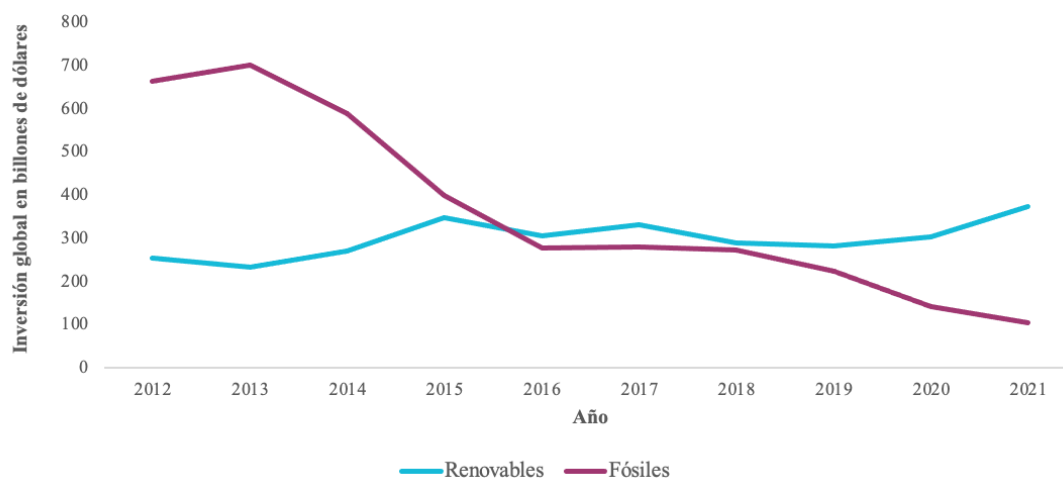
oportunidad de obtener beneficios financieros al invertir en fuentes de energía renovables (Hussain & Singh, 2021).

5.3.1. Cambio en la demanda de activos energéticos

Como recién se ha explicado, la demanda de energía renovable se encuentra en aumento, principalmente, para frenar los efectos del cambio climático, aunque el aumento en el último año es también consecuencia de las tensiones geopolíticas ocasionadas por la guerra entre Rusia y Ucrania (Carrasco Contero, 2022).

A medida que aumenta la inversión en fuentes de energía renovables, va disminuyendo en fuentes de energía tradicionales, es decir, se está produciendo una recanalización de fondos financieros (Jawahir & Law, 2019).

Se ha realizado un análisis de la evolución de la inversión global en fuentes de energía renovables y fósiles hasta 2021. Se ha excluido el año 2022 con el objetivo de aislar los efectos de la invasión rusa de Ucrania sobre las fuentes de energía, para focalizarse en los efectos del cambio climático. En la Figura 8, puede comprobarse cómo en el año 2012 la inversión global en fuentes de energía tradicionales triplicaba la inversión en renovables. De manera progresiva, las energías renovables han ido ganando terreno a favor de las fósiles hasta haberse dado por completo la vuelta la situación inicial, triplicando la inversión en energías limpias la inversión en aquellas contaminantes.

Figura 8. Evolución de la inversión global en fuentes de energía (en billones de dólares)

Fuente: Elaboración propia con datos de BloombergNEF, 2021

La mayor concienciación sobre el cambio climático ha aumentado la demanda de energías renovables (Gonzalez-Eguino, Sampedro & Arto, 2022). Como consecuencia, en la lucha contra este fenómeno, los gobiernos han implementado mecanismos de restricción a las emisiones de carbono (Comisión Europea, 2021), que han forzado a las empresas al empleo de fuentes de energía limpias (Liu, Chen & Zhang, 2021). A estos factores, hay que añadirle que la generación de energía renovable se ha vuelto más asequible gracias a las nuevas tecnologías desarrolladas (Salpakari Aro & Valkeapää, 2021). Todo ello ha originado un entorno muy favorable para la inversión en energías renovables y desfavorable para las contaminantes (Gonzalez-Eguino, Sampedro & Arto, 2022).

5.4. Inversión en hidrógeno verde

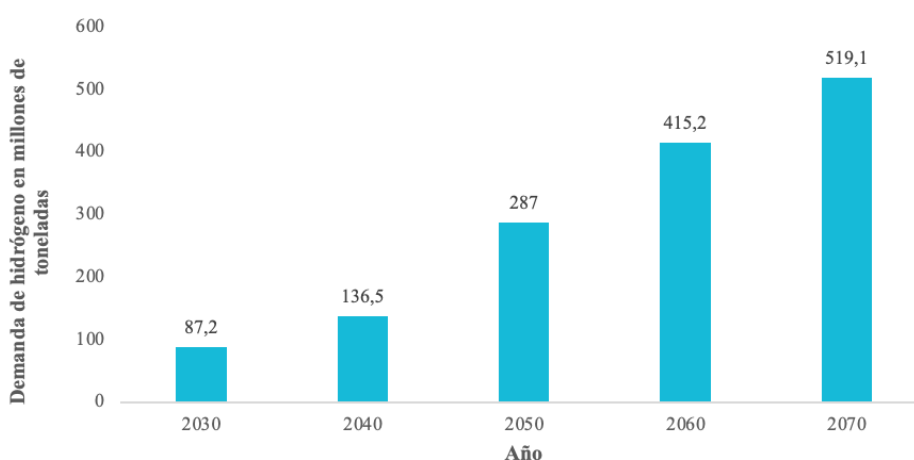
La lucha contra el cambio climático y sus efectos ha incrementado la relevancia del empleo de soluciones energéticas sostenibles. Además de promoverse las fuentes de energía renovables ya establecidas, como la energía hidroeléctrica, la solar, la eólica o la geotérmica, se han puesto en marcha investigaciones para descubrir o mejorar las fuentes de energía limpias, contribuyendo así a los objetivos establecidos en el Acuerdo de París (Mazzucato, Semieniuk & Jiang, 2020).

En este contexto, se han llevado a cabo investigaciones sobre el empleo del hidrógeno como fuente de energía. Una de las principales conclusiones obtenidas ha sido el elevado potencial de este como fuente energética (Azimi, Bahrami & Sharifian, 2021).

El hidrógeno es el elemento químico más abundante del universo (Zhang, Elnashaie, & Lin, 2018). Además, tiene un elevado contenido energético por unidad de masa (120kJ/g) comparado con combustibles como la gasolina (44kJ/g) o el carbón (24kJ/g), por lo que resulta muy provechoso para la generación de energía (Schlapbach & Züttel, 2001).

Conforme a las predicciones de la Agencia Internacional de Energía (2022), por el gran potencial que presenta, la demanda de hidrógeno crecerá exponencialmente durante las próximas décadas, proceso que puede observarse en la Figura 9 a continuación.

Figura 9. Demanda mundial de hidrógeno en millones de toneladas por década



Fuente: Elaboración propia con datos de la Agencia Internacional de Energía, 2021

El hidrógeno es una energía limpia. Sin embargo, resulta conveniente recalcar que el proceso por el que este se obtiene puede no serlo. Mientras que el hidrógeno tradicional es generado mediante la quema de combustibles fósiles, emitiendo gases de efecto invernadero, el hidrógeno verde se genera a través de la electrólisis del agua, la cual emplea fuentes energéticas limpias como la eólica y la solar para separar las moléculas de agua en oxígeno e hidrógeno, lo cual no genera emisiones de carbono. Es por esta

razón por la que el presente apartado se va a centrar en el hidrógeno verde (Pereira et al., 2021).

El hidrógeno verde cuenta con ventajas características. La principal y ya mencionada es que se trata de una energía limpia, clave para luchar contra el cambio climático (Hydrogen Council, 2020). Otra de sus mayores ventajas es que cuenta con la posibilidad de almacenarse y transportarse, tanto en forma de gas a presión como en estado líquido (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020). Asimismo, el hidrógeno verde se genera mediante fuentes de energía sostenibles, por tanto, no sufre la volatilidad de precios experimentada por las fuentes de energía no renovables (Green Hydrogen Catapult, 2021). Además, se trata de una fuente de energía polivalente, pues puede emplearse como alternativa a la gasolina o al diésel para proveer de energía no solo a los automóviles, sino también a la aeronáutica y la navegación. Asimismo, el hidrógeno puede ser utilizado para generar agua caliente o calefacción y se está estudiando su empleo para procesos industriales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Aunque el hidrógeno verde presenta multitud de beneficios, su obtención cuenta con el inconveniente de requerir complejas y costosas infraestructuras, resultando su producción mucho más cara que la del hidrógeno convencional. Para lograr una generación más asequible de hidrógeno verde, es necesario desarrollar y mejorar las tecnologías para su producción, lo que genera necesidades de financiación (Fernández, 2022).

Actualmente, no se puede invertir de manera directa en hidrógeno verde porque no es una *commodity*, es decir, un producto tangible y homogéneo que se pueda comercializar (Fry & Li, 2021). No obstante, mediante instrumentos financieros como índices o ETFs es posible tomar exposición en la industria del hidrógeno verde (Ferraro & Simonsen, 2020).

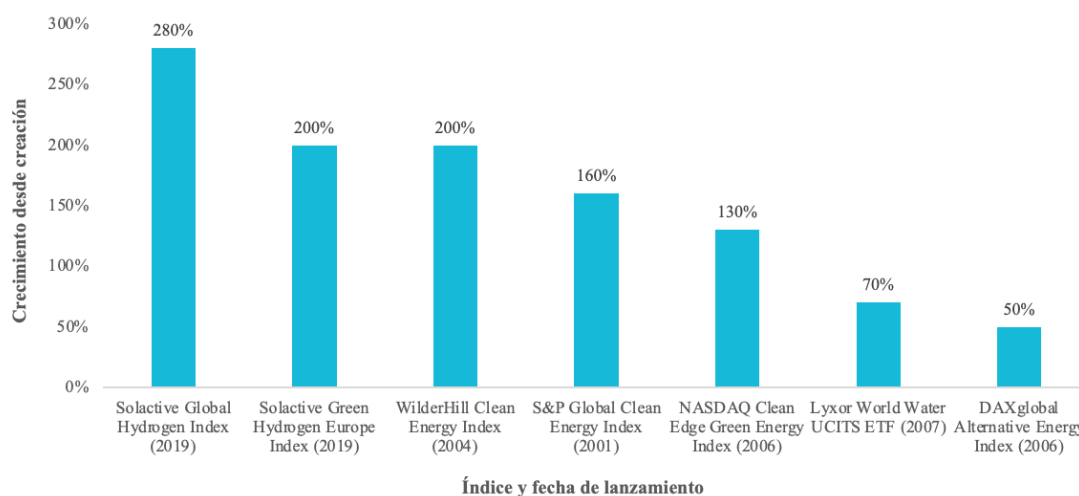
Los instrumentos financieros, según la International Federation of Accountants (2021), son contratos financieros contraídos por dos entidades que dan origen a un activo financiero para una de las partes contrayentes y un pasivo financiero o instrumento de patrimonio para la otra, empleados para invertir, obtener financiación o gestionar riesgos, entre otros.

5.4.1. Índices de hidrógeno verde

Los índices de hidrógeno verde son un registro estadístico que muestra el rendimiento del grupo de acciones de empresas involucradas en la industria del hidrógeno verde que lo componen (Liu Yan & Shen, 2021).

Como consecuencia del gradual compromiso con la lucha contra el cambio climático, el esperado potencial del hidrógeno verde y los avances en la tecnología para su obtención, el interés por este recurso está aumentando y, por tanto, estos índices están experimentando un gran desarrollo (Ostadi & Zahedi, 2021). En la Figura 10, puede comprobarse el crecimiento de algunos de los índices más relevantes de hidrógeno verde desde su creación (año señalado entre paréntesis) hasta finales de 2021.

Figura 10. Crecimiento de índices de hidrógeno verde



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg, 2022

Como puede observarse, la mayoría de los índices mostrados han alcanzado un crecimiento superior al 100% desde su creación, llegando algunos a alcanzar el 200%.

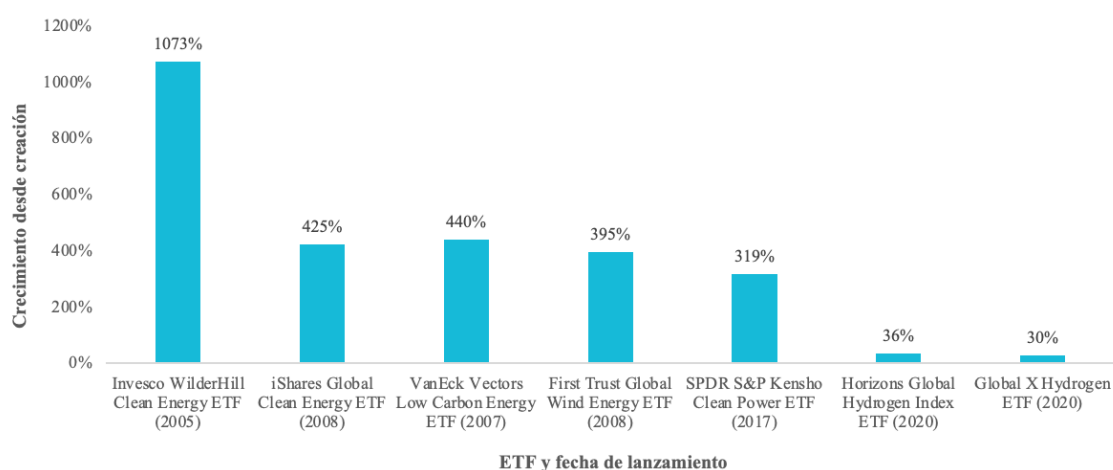
5.4.2. Fondos cotizados en bolsa de hidrógeno verde

Los fondos cotizados en bolsa (o ETFs) son fondos de inversión que, a diferencia de otros fondos, cotizan en el mercado de valores (Tetlock & Xu, 2017).

Los ETFs de hidrógeno verde replican el comportamiento de un índice subyacente (en este caso, de los índices de hidrógeno verde recién explicados), por lo que permiten a los inversores tomar exposición en la industria del hidrógeno verde de forma diversificada, al depender del rendimiento de una cartera de empresas dedicadas a la producción, almacenamiento, transporte y uso de este recurso (Kwon, 2021).

De manera similar y por las mismas razones que los índices, los fondos cotizados en bolsa de hidrógeno verde han experimentado un exponencial crecimiento desde su creación, lo que puede comprobarse en la Figura 11. Cabe destacar que algunos de los índices mostrados no se centran exclusivamente en el hidrógeno verde, sino también en otras energías renovables.

Figura 11. Crecimiento de fondos cotizados en bolsa de hidrógeno verde



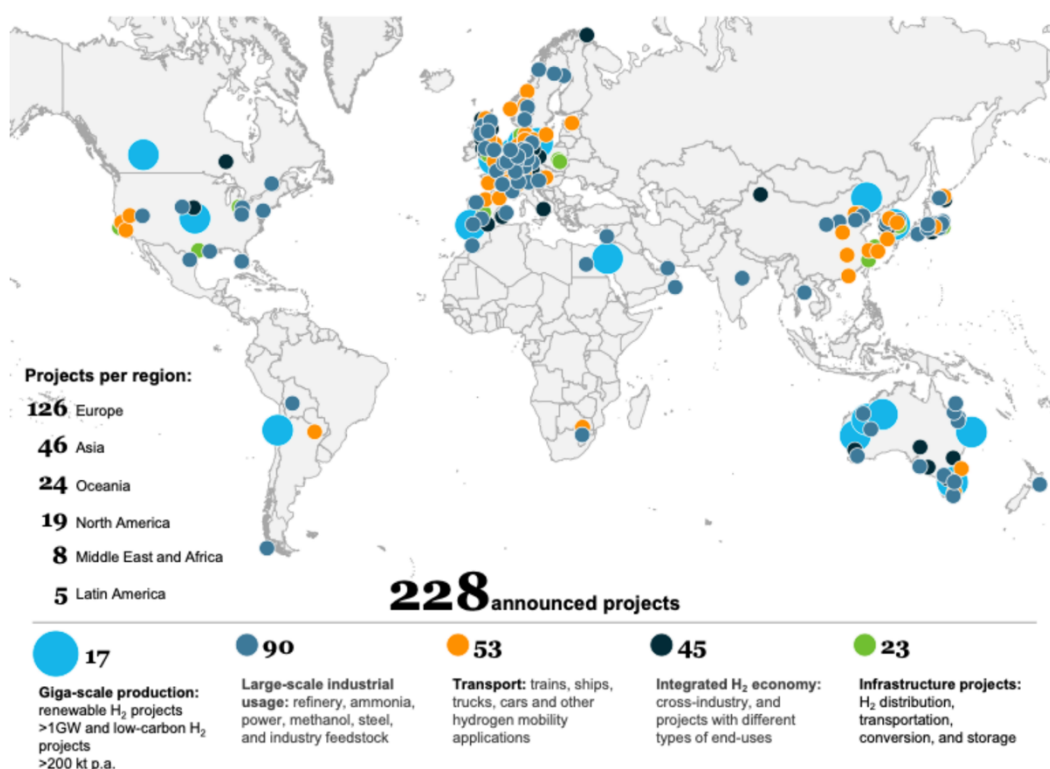
Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo Finance, 2022

5.4.3. Proyectos de hidrógeno verde

En 2021, había 228 proyectos de hidrógeno aprobados de los cuales el 80% se enfocaban en los sectores industrial y automovilístico (McKinsey & Company, 2021).

En cuanto al origen geográfico de estos, el 40% corresponde Europa (International Energy Association, 2021). Además de Europa, las regiones que más están invirtiendo en proyectos relacionados con el hidrógeno verde son Estados Unidos y el este de Asia (McKinsey & Company, 2021). En la Figura 12 se pueden comprobar los proyectos de hidrógeno desarrollados en cada región del mundo.

Figura 12. Proyectos de hidrógeno aprobados por región



Fuente: Recuperado de McKinsey & Company. 2021. Hydrogen Insights. A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness

Como ha podido comprobarse, el mercado del hidrógeno verde se encuentra en continuo crecimiento, puesto que se trata de una fuente de energía limpia y con un gran futuro

por delante (Fernández, 2022). Los países contrayentes del Acuerdo de París están comprometidos a alcanzar la neutralidad climática en 2050. Conforme al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020), el hidrógeno verde podrá satisfacer entre el 20% y el 25% de las necesidades energéticas en 2050. Este hecho verifica la importancia de invertir en este activo para la consecución de los objetivos del Acuerdo de París.

5.5. Bonos verdes

Además de los ya mencionados, como consecuencia del impacto del cambio climático, han aparecido nuevos instrumentos en los mercados financieros, entre los que destacan los bonos verdes (Álvarez, Gómez & Losada, 2019).

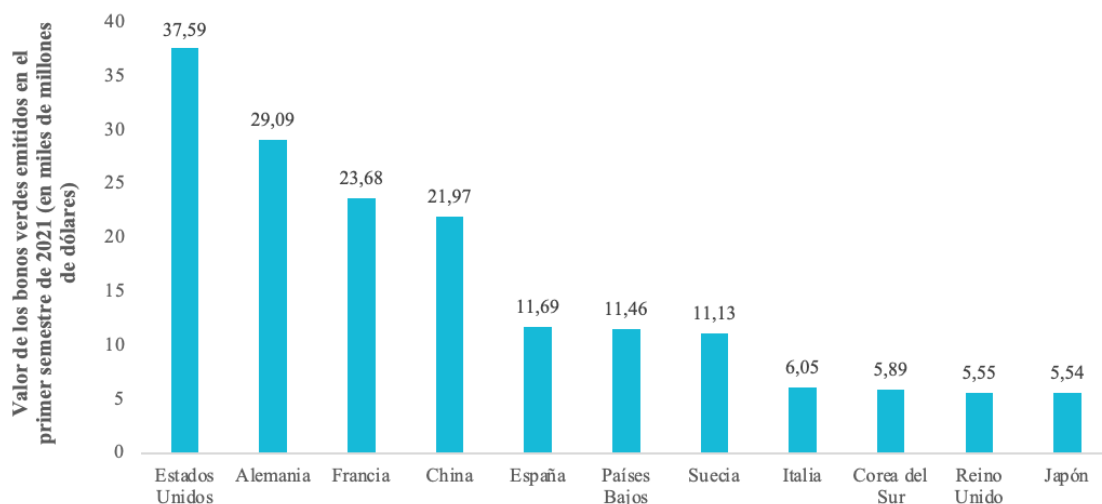
Los bonos verdes son instrumentos de renta fija que han sido específicamente creados para la financiación de proyectos sostenibles y que pueden ser emitidos tanto por gobiernos, como por empresas u organizaciones internacionales (Kim, Choi & Lee, 2020).

El primer bono verde fue emitido en 2007 por el Banco Europeo de Inversiones con el propósito de financiar proyectos relacionados con las fuentes de energía renovables. Desde aquel entonces, ha ido aumentando su volumen de emisiones debido a motores como la mayor concienciación con el cambio climático o la ascendente demanda de los inversores de nuevos instrumentos financieros responsables con el medio (Boubaker et al., 2021). Aunque en su inicio se destinaban exclusivamente a la financiación de proyectos relacionados con las energías limpias, progresivamente, los bonos verdes han pasado a financiar todo tipo de proyectos sostenibles (Hsu & Lee, 2020).

La lucha contra el cambio climático es un propósito común a nivel internacional plasmado en el Acuerdo de París. Este objetivo pone de manifiesto la necesidad de inversión de grandes cantidades de capital en tecnologías, sistemas e infraestructuras. Es decir, se requiere una recanalización de recursos financieros para respaldar las inversiones necesarias en aras de favorecer la transformación económica hacia la descarbonización. Es en este contexto, los bonos verdes resultan esenciales para solucionar esta necesidad de financiación (Hervé-Mignucci & Nourry, 2022).

En la Figura 13 a continuación se puede observar el valor de los bonos verdes emitidos por los principales países emisores, con Estados Unidos en la cabeza, que tan solo en la primera mitad del 2021 sus emisiones superaron los 37.000 millones de dólares.

Figura 13. Principales países emisores de bonos verdes



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Recursos Mundiales

El mercado global de bonos verdes está en constante crecimiento. Conforme al informe anual de Climate Bonds Initiative (2022), este alcanzó el valor de 310.000 millones de dólares en 2021 (un 21% más que en 2020) y, en 2022, se encontró cerca de los 400.000 millones. Además, estima que el mercado global de bonos verdes alcance un billón de dólares estadounidenses en 2025, lo cual representa un crecimiento anual que sobrepasa el 20%.

Desde su creación en 2007 y, durante muchos años, los bonos verdes han contado con el inconveniente de falta de regulación y estandarización que concretase detalladamente qué proyectos podían financiar los bonos verdes. Este vacío legal ha sido empleado por numerosas organizaciones mediante el fenómeno ya explicado “greenwashing”, que supone que los bonos se emitan como verdes cuando apenas tienen beneficios medioambientales (Scholtens & Kang, 2021). Se pusieron en marcha iniciativas como la Climate Bonds Initiative, que estableció una serie de pautas para la emisión de bonos

verdes (Robins & Willard, 2019). Sin embargo, aún existía la necesidad de una normativa más clara al respecto. En este contexto, el Consejo Europeo (2023) ha llegado a un acuerdo para establecer una normativa sobre los requisitos que deben tener los bonos para ser considerados “bonos verdes europeos”.

Los bonos verdes son un instrumento financiero de especial relevancia para hacer frente a la lucha contra cambio climático y promover el desarrollo sostenible. Por un lado, suponen una alternativa para apoyar y financiar proyectos verdes que impulsen la transición hacia una economía sostenible y descarbonizada (Hervé-Mignucci & Nourry, 2022). A esto, hay que añadirle que suponen una oportunidad de inversión para aquellos individuos que quieran obtener rentabilidad al mismo tiempo que contribuir a frenar el cambio climático (Yarovaya & Brzezczynski, 2020).

5.6. Inversión en agua

El agua es un recurso natural irremplazable en la vida humana, puesto que resulta imprescindible para la producción de alimentos, la generación de energía, la industria, etcétera. Sin embargo, uno de los efectos más importantes del cambio climático es que aumenta la frecuencia de fenómenos meteorológicos que alteran la disponibilidad del agua, como las sequías, las inundaciones o las tormentas (Gleeson et al., 2021). A este acontecimiento, hay que añadirle que la población mundial está en continuo crecimiento, lo cual aumenta la demanda de agua. Es por ello por lo que, en los últimos años, se ha puesto de manifiesto la importancia de la administración eficiente de este recurso (Liu et al., 2021).

Como ha sido explicado previamente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU son las metas globales establecidas en 2015 a lograr en 2030 y recogen los retos más urgentes a nivel mundial (Naciones Unidas, 2022). En la Figura 3, puede observarse que los ODS incluyen un objetivo específico dedicado al agua, titulándose el sexto “agua limpia y saneamiento”, convirtiendo la eficiente gestión de esta en un desafío global.

Según datos de la UNESCO (2021), el agua es un recurso muy limitado y, además, sus reservas se están agotando. Menos del 5% del agua existente en el planeta es dulce. De la cuantía total de esta, aproximadamente el 69% está congelada y el 30% es

subterránea, quedando tan solo un 1% restante en ríos y lagos superficiales. Cabe añadir que gran parte de esta está contaminada, siendo tan solo apta para el consumo humano menos del 1% del agua dulce disponible.

Mientras la demanda de agua se encuentra en crecimiento debido al aumento de la población mundial, su oferta está disminuyendo por los efectos del cambio climático previamente mencionados (Almuktar, Hameed & Yusop, 2021). Según las Naciones Unidas (2021b), se estima que la demanda de agua superará a la oferta en un 40% en 2030.

Conforme a la ley clásica de la oferta y la demanda, cuanto más crítica sea la escasez de agua y el incremento de su demanda, más aumentará su precio, otorgando una mayor rentabilidad a los inversores que han apostado por esta inversión, lo que explica que sea tan atractiva (Global Water Partnership, 2021). La inversión en agua no solo ofrece rentabilidad económica, sino también rentabilidad ambiental, en tanto en cuanto que contribuye a la mejora de la gestión del agua y, por tanto, a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (Muñoz-Grandes & del Mar, 2021).

Es en este contexto en el que se ha producido un incremento de la inversión en agua tanto por entidades públicas (más preocupadas por mantener el nivel necesario de agua para satisfacer la demanda global), como por inversores privados, que añaden al fin anterior el objetivo de obtener rentabilidad económica de esta nueva oportunidad (Zhang et al., 2021). Independientemente de cuál sea el objetivo perseguido, para la adecuada gestión del agua son necesarias financiación pública y privada, puesto que se requieren nuevas infraestructuras y herramientas que demandan inversión (Van den Berg & Danilenko, 2020).

El Gobierno de España (2021) ya se ha puesto manos a la obra, anunciando en 2021 que realizaría una inversión de 7.000 millones de euros para modernizar el sistema hidráulico español en un plazo de seis años.

En la actualidad, existen diversas maneras que permiten invertir en agua como las acciones, los fondos de inversión o los fondos cotizados en bolsa. Sin embargo, en el presente apartado, se explicarán los instrumentos financieros que han aparecido como

consecuencia del cambio climático relacionados con el agua: los bonos azules y los futuros del agua.

5.6.1. Bonos azules

Los bonos azules (o bonos de conservación marina) son un instrumento financiero para respaldar la inversión en proyectos relacionados con la protección y preservación de las aguas. Aparecen por primera vez en los mercados financieros en el año 2018 como un subtipo de bonos verdes, pero enfocados exclusivamente en los recursos híbridos, océanos y ecosistemas acuáticos (Bennett et al., 2019).

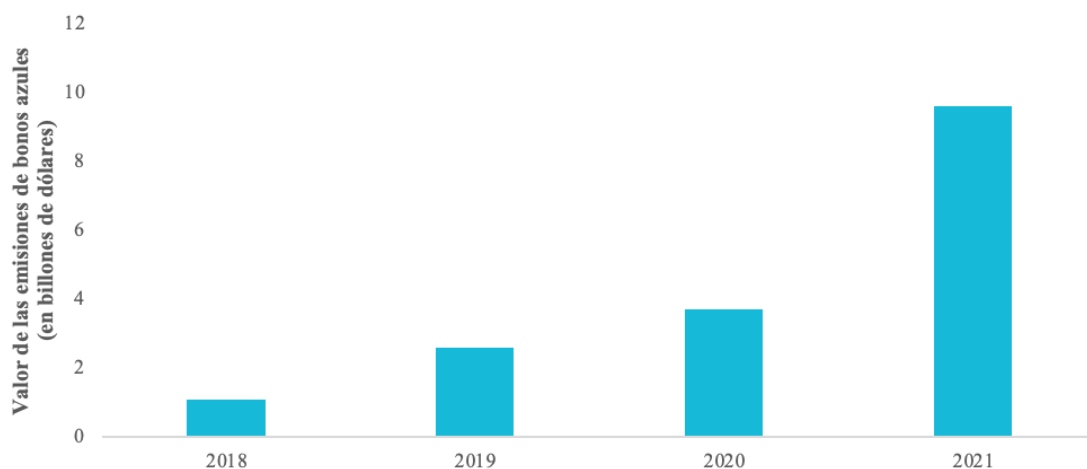
Los bonos azules permiten financiar proyectos relacionados con el agua y sus ecosistemas a cambio de unos intereses (Brouwer et al., 2019).

Este instrumento financiero aparece y crece motivado por las consecuencias del cambio climático. Estas afectan tanto a los ecosistemas acuáticos como a la disponibilidad de agua dulce para el consumo (Gould et al., 2021).

El cambio climático está teniendo un impacto muy negativo en los ecosistemas acuáticos debido a varias razones. En primer lugar, está aumentando la temperatura del agua, lo que altera la diversidad de especies acuáticas (IPCC, 2019). Además, está produciendo una acidificación de los océanos, al estar estos últimos absorbiendo grandes cantidades de carbono, lo que perjudica a la fauna y flora marina (Laffoley & Baxter, 2019). Por último, está incrementando el nivel del mar, lo que podría suponer la inundación de zonas de costa o modificaciones en la biodiversidad (IPCC, 2013). Es importante resaltar que los ecosistemas acuáticos como, por ejemplo, los arrecifes de coral o las praderas de pastos marinos son esenciales puesto que ofrecen beneficios como la absorción de carbono o la protección contra la erosión costera ocasionada por eventos climáticos adversos (Freeman, Kelly & Sutton-Grier, 2021).

En la Figura 14, se muestra el crecimiento exponencial que ha experimentado el valor de las emisiones globales de bonos azules desde su aparición en 2018.

Figura 14. Valor de las emisiones de bonos azules desde su creación (en billones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de Water Bonds Initiative y de la ONU, 2021

Los bonos azules son, por tanto, un instrumento financiero cuya aparición se debe a los efectos del cambio climático. Pese a ser aún un producto muy reciente, se espera que tenga un gran crecimiento en los próximos años ya que la importancia de la inversión en agua está en continuo aumento (Bouwmeester, 2021).

Este nuevo producto ofrece posibilidades de inversión a aquellos interesados en invertir en proyectos sostenibles relacionados con los ecosistemas marinos y los recursos híbridos (Yarovaya & Brzezczynski, 2020).

5.6.2. Futuros del agua

Además de los bonos verdes y azules previamente explicados, es importante mencionar la creación de otro producto financiero como consecuencia del cambio climático: los futuros del agua (Alam et al., 2021).

Como se explicó previamente, un futuro es un contrato mediante el que las partes contratantes se comprometen a comprar o vender un activo en una fecha futura determinada a un precio establecido previamente (Hossain & Mitra, 2021).

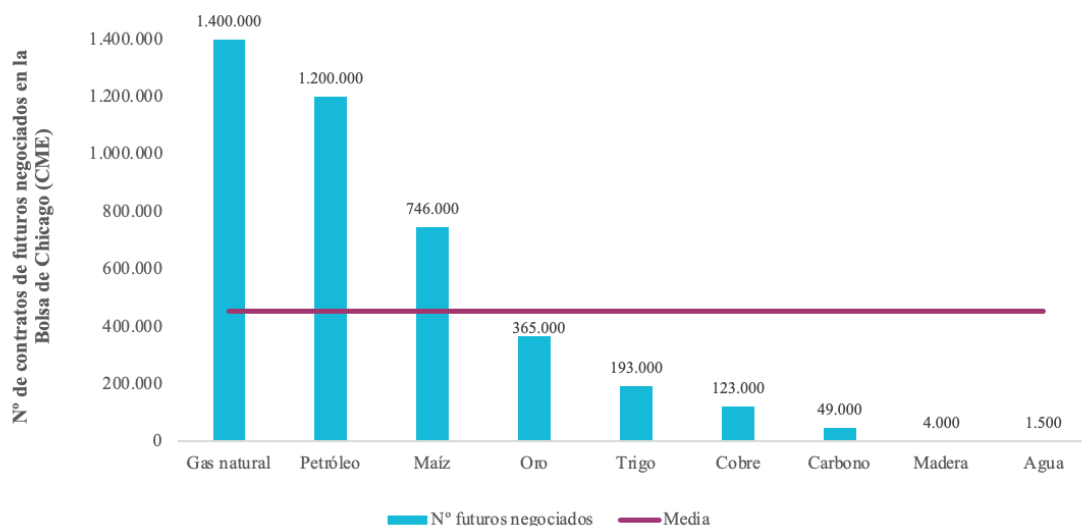
Los futuros de agua nacen como un instrumento de cobertura para los agricultores de California para protegerse contra la volatilidad del precio del agua como consecuencia de las grandes sequías que han afectado a la región en los últimos años (Madar & Rausser, 2021). Se trata de un instrumento financiero imprescindible para garantizar precios asequibles de un recurso imprescindible para la vida, tanto por su propio consumo como su empleo para actividades como la agricultura (Wan, Zhang & Li, 2021).

Aunque el agua en sí no cotiza en bolsa (Gasull, 2021), en diciembre de 2020, los futuros del agua comenzaron a cotizar en la Bolsa de Chicago (CME). Se negocian en función del valor de su subyacente, que es el índice del precio del agua *Nasdaq Veles California Water* (Madar & Rausser, 2021). Este índice se emplea como base en todos los mercados de agua del mundo (CME, 2021).

Además de emplearse como instrumento de protección contra la volatilidad de los precios del agua, al cotizar en bolsa, los inversores pueden emplear los futuros del agua para la especulación. Esta ha sido la principal crítica que han recibido estos productos, al no ser considerado ético especular con un recurso imprescindible como es el agua y porque dicha especulación puede contribuir a la volatilidad de su precio. Esta crítica ha sido contestada con diversos argumentos y, es que, se trata de un instrumento de protección ante la incertidumbre de disponibilidad de un recurso básico. Además, establece un límite máximo a su precio y otorga de mayor transparencia a la negociación del agua, lo que, a su vez, posibilita una gestión más eficiente (Iannicelli, 2021).

En la Figura 15, puede observarse el análisis comparativo realizado entre los contratos de futuros de diversas *commodities* negociados diariamente en 2021 en la Bolsa de Futuros de Chicago, en la que cotizan los futuros del agua (Gasull, 2021). Aunque no son *commodities* estrictamente comparables con el agua, comparten ciertas características, por lo que permiten hacerse una idea del volumen de futuros de agua respecto a los de otros recursos negociados en el mismo mercado (Cotula, 2021).

Figura 15. Volumen diario promedio de negociación de futuros en la Bolsa de Futuros de Chicago (CME)



Fuente: Elaboración propia con datos de Commodity Futures Trading Commission, 2021

Como puede comprobarse, los futuros de agua negociados diariamente alcanzan un promedio de 1.500 contratos, muy inferior en comparación a la media de las demás *commodities* analizadas, siendo esta de 453.500 futuros.

La demanda de futuros del agua es muy inferior a la de otros futuros debido a varias razones. En primer lugar, mientras que los futuros del agua son muy recientes y no cuentan con datos históricos, los de los otros recursos son productos ya muy establecidos en los mercados financieros (Tisdell, 2021). Además, los futuros del agua se basan en el precio de este recurso en California y, por tanto, no contemplan los precios de otras regiones. Para personas no californianas no es muy atractivo cubrirse con futuros que dependen del valor del agua en la región de California en lugar del sitio donde se encuentren. Por ende, podría resultar interesante la creación de futuros globales de agua (Iannicelli, 2021).

Aunque el principal beneficio de invertir en agua es lograr asegurar la disponibilidad de este recurso natural para satisfacer la demanda actual y futura (Tilmant & Marlier, 2020), invertir en agua es una oportunidad atractiva de inversión por la potencial

rentabilidad que puede generar y que se ha visto potenciada como consecuencia del cambio climático (Suh et al., 2021).

5.7. Mercados de carbono

Por último, otra de las consecuencias que ha tenido el cambio climático ha sido la aparición de nuevos mercados financieros: los mercados de derechos de emisión de carbono (Ekardt & Kramer, 2020).

Como se explicó previamente, los países contrayentes del Acuerdo de París han establecido mecanismos de restricción de emisiones de carbono con el objetivo de disminuirlas. Entre estos mecanismos, destacan los límites a las emisiones de carbono que se pueden producir en un periodo de tiempo determinado (Carbon Pricing Leadership Coalition, 2021).

Los límites a las emisiones de carbono se establecen mediante los derechos de emisión, asignados por la Unión Europea a cada estado miembro que, a continuación, los reparte (mediante asignación gratuita o subasta) entre las instalaciones en alcance del régimen europeo de su territorio (Grisolia, Bartolomé & Pérez-Collazo, 2020). A este procedimiento, se le añade la posibilidad de adquisición de derechos de emisión a través de los mercados de carbono (Beuse & Rübhelke, 2018).

El primer mercado de carbono se estableció en el año 1996 como parte del Protocolo de Kioto y como consecuencia de la creciente concienciación sobre la necesidad de luchar contra el cambio climático. Desde aquel entonces, se han establecido diferentes mercados de carbono alrededor del mundo (Burchi & Marchi, 2017).

En este tipo de mercados, el bien intercambiado son los derechos de emisión de dióxido de carbono, un activo caracterizado por su escasez y que puede ser tanto comprado como vendido. Al igual que los demás mercados, funcionan a través de la ley de la oferta y la demanda (Betz & Hintermann, 2017). Algunos de los territorios donde ya han sido implementados son la Unión Europea, California, Quebec o Nueva Zelanda (Narassimhan et al., 2018).

Como se venía explicando anteriormente, a cada instalación afectada por el régimen europeo se le otorga un número de derechos de emisión. Aquellas que generen menos emisiones de las otorgadas por sus derechos, pueden vender el excedente, obteniendo ingresos adicionales. Por el contrario, en caso de necesitar generar más emisiones en sus procesos, precisan de derechos de emisión adicionales (International Emissions Trading Association, 2021).

La Comisión Europea (2022b) destaca la relevancia de los mercados de carbono puesto que posibilitan a las partes comprar y vender derechos en función de sus necesidades, debido a que la asignación previamente explicada por parte de la UE puede haber sido realizada por exceso o por defecto.

Asimismo, para los inversores individuales, algunos de estos mercados pueden ser una oportunidad de inversión. Es importante señalar que no todos los mercados de carbono permiten la participación de particulares, depende del mercado concreto del que se trate, así como de la normativa del país en el que se encuentre (Kelsey & Tschopp, 2020). Por ejemplo, los derechos de emisión de la Unión Europea sí pueden ser comprados y vendidos por inversores individuales en el mercado secundario (Arens, & Hintermayer, 2021). Por el contrario, el mercado de carbono de China está cerrado a los particulares, permitiendo exclusivamente la participación de empresas (Liu et al., 2022).

Los mercados de carbono abiertos a los inversores individuales permiten especular con un recurso escaso que puede venderse y comprarse como activo financiero. Ello posibilita tanto diversificar carteras como poseer una posible fuente adicional de ingresos (Scholtens & Zhang, 2018).

Si bien es cierto que existe la posibilidad de especular con los derechos de emisiones de carbono, la participación de los inversores individuales está siendo muy limitada. Debido a la imposibilidad de encontrar datos más recientes, se tomará como referencia el informe del Banco Mundial (2019), que estableció que en el mercado europeo de derechos de emisión las transacciones de particulares representaron solo el 2%. Estudios han establecido que el porcentaje se mantiene en torno a esta cifra y que no se prevé que aumente en los próximos años (Dunne & Nguyen, 2021 y Liao & Wang, 2021). Ello podría deberse a motivos como la complejidad o la volatilidad de estos mercados y al hecho de que algunos no permiten la participación individual (Friedrich & Schwarz,

2021). Además, al igual que cualquier inversión, presenta riesgos asociados y, es que, las decisiones tomadas en el Acuerdo de París no son vinculantes, por lo que podría ocurrir que diversos países no cumplan con su objetivo de emisiones, lo cual afectaría al valor de los derechos de emisión (Gallego-Schmid et al., 2019). Asimismo, dicho valor podría verse modificado por cambios en las políticas climáticas (Schumacher & Streck, 2019).

5.7.1. Mecanismos de cooperación para los mercados de carbono

Los efectos del cambio climático impactan a todos los países, independientemente de las emisiones que pertenezcan a cada uno de estos. Es un problema global que causa perjuicios globales (Burke & Emerick, 2021). Es por esta razón por la que se han desarrollado mecanismos de cooperación tanto bilateral como multilateral entre estados para promover los mercados de carbono (Comisión Europea, 2022b).

Debido a la imposibilidad de explicar todos los mecanismos de cooperación internacional en este ámbito, se han escogido los más relevantes en los que es partícipe la Unión Europea.

La cooperación bilateral será ejemplificada mediante los acuerdos Unión Europea-Corea y Unión Europea-China.

El sistema coreano de comercio de derechos de emisión fue iniciado en 2015 y respalda aproximadamente el 66% de las emisiones totales coreanas (Kim & Kim, 2019). La Comisión Europea (2022b) fomenta este sistema mediante asistencia técnica, puesto que puede iniciar y promover el crecimiento del comercio de derechos entre países en desarrollo y economías emergentes. Asimismo, la Comisión Europea ha ayudado a la consolidación de un mercado de derechos de emisión en China mediante el suministro de asistencia técnica en el marco de un programa desarrollado desde 2014 hasta 2017. El resultado fue la creación de un mercado nacional de derechos de emisión (Wang & Fang, 2020). En 2017, la UE y China establecieron un nuevo proyecto por otros tres años en el marco de esta cooperación (Zhang, Wang & Wei, 2019). En la actualidad, existe la plataforma para el diálogo político y la cooperación entre la Unión Europea y

China en materia de comercio de derechos de emisión, para seguir contribuyendo al desarrollo del mercado mencionado (Comisión Europea, 2022b).

En cuanto a la cooperación multilateral, es importante destacar que la Comisión Europea fue la propulsora de la Asociación Internacional para la Acción contra el Carbono, formada por estados y regiones que cuentan con sistemas obligatorios de comercio de derechos de emisión con fijación previa de límites máximos (Harrison, 2011). Asimismo, la Comisión Europea (2022b) promueve la creación y el correcto funcionamiento de estos mercados mediante la Asociación para la Preparación del Mercado, un foro para intercambiar experiencias sobre el comercio de derechos de emisión.

Por último, cabe destacar que los gobiernos alrededor de todo el mundo trabajan para preservar la interconexión de los sistemas de comercio de derechos de emisión con el objetivo de establecer límites máximos armonizados y promover el apoyo mutuo, así como para aumentar la liquidez en los mercados de carbono (Ellerman & Buchner, 2018).

Todas estas formas de cooperación se respaldan en la idea de que todos los países pagan los efectos de todas las emisiones. Al ser un problema global, se requiere la puesta en marcha de mecanismos globales. Asimismo, mediante esta cooperación, se aumenta la liquidez, se incrementa la estabilidad en el precio del carbono, se armoniza el funcionamiento de los distintos sistemas, se reducen los costes de la disminución de emisiones y se fomenta la cooperación internacional en aras del fin del cambio climático (Carbon Pricing Leadership Coalition, 2021).

6. Conclusiones

La lucha contra el cambio climático es uno de los objetivos con mayor importancia y preocupación a nivel global, puesto de manifiesto en considerables reuniones organizadas principalmente por las Naciones Unidas. Mediante el Acuerdo de París, firmado en 2015, países de todo el mundo se comprometieron a luchar tanto de manera individual como conjunta para paliar los efectos del cambio climático, pues suponen consecuencias perjudiciales para todos ellos.

Esta situación ha incrementado la concienciación de la necesidad de transición hacia una economía baja en emisiones a nivel global, promovida por los estados mediante sistemas como los derechos de emisión de carbono o los impuestos sobre este. Con el fin de evitar las sanciones económicas que sufrirán en caso de no adaptarse a estas medidas, las empresas han iniciado un proceso hacia la descarbonización.

Asimismo, el cambio climático está teniendo un gran impacto en los mercados financieros, ya que la gestión del riesgo climático ha supuesto cambios en la toma de decisiones financieras. Las empresas pueden apostar por estrategias para minimizar dicho riesgo como la firma de coberturas y seguros contra el cambio climático o de futuros de fuentes de energía. Por su parte, los particulares pueden llevar a cabo prácticas como la diversificación de sus carteras de inversión hacia opciones sostenibles. Para evaluar la sostenibilidad en las prácticas de las empresas a la hora de tomar decisiones financieras y económicas, cada vez más, se emplean los ratings ESG, así como para la distribución de riesgos en el mercado asegurador.

Las transformaciones mencionadas ponen de manifiesto una gran necesidad de financiación. Para respaldar las inversiones requeridas, han aparecido instrumentos financieros como los bonos verdes.

Asimismo, en el contexto actual de gran dependencia energética unida a las tensiones geopolíticas y la necesidad de luchar contra el cambio climático, las fuentes de energías renovables están adquiriendo un mayor peso progresivamente, lo que supone una recanalización de recursos financieros hacia estas. Además del crecimiento de las fuentes limpias ya establecidas, ha aparecido el hidrógeno verde como posible fuente de

energía del futuro, la cual ha ocasionado la aparición de nuevos instrumentos financieros como los índices o los ETFs de hidrógeno verde.

El agua, recurso imprescindible a la vez que escaso, ha adquirido también una gran importancia al verse su disponibilidad afectada por fenómenos meteorológicos adversos, más frecuentes que nunca como efecto del cambio climático. Del mismo modo que el hidrógeno verde, el agua ha originado la aparición de productos financieros nuevos como los bonos azules o los futuros del agua.

Por último, a raíz de los mecanismos de restricción de emisiones de carbono impuestos por los gobiernos, se han establecido nuevos mercados financieros: los mercados de derechos de emisión de carbono, que están en continuo crecimiento.

Si bien se han realizado grandes avances en la lucha contra el cambio climático, aún es necesario un esfuerzo adicional para lograr los objetivos acordados en el Acuerdo de París. Se requieren acciones más ambiciosas para lograr la descarbonización de la economía, proceso en el que el sector financiero desempeña un papel fundamental.

7. Bibliografía

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539-42559.
- Accenture. (2022, noviembre). 93% de las empresas no conseguirá sus objetivos de cero emisiones netas si no duplican el ritmo de descarbonización. Accenture Newsroom. <https://newsroom.accenture.es/es/news/93-de-las-empresas-no-conseguira-sus-objetivos-de-cero-emisiones-netas-si-duplican-no-duplican-el-ritmo-de-descarbonizacion.htm>
- Acemoglu, D., Akcigit, U., & Hanley, D. (2018). Online Appendix for "Climate Change, Inequality, and Redistribution Across Generations". *American Economic Journal: Macroeconomics*, 10(4), 1-28.
- Adamson, M., Dijkema, D., Hendrix, D. M. W., & Weijnen, M. P. C. (2022). The challenges of decarbonisation for the energy intensive industry: An exploration of policy measures and technology innovations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111979.
- Adeyeye, A. O., & Piesse, J. M. (2021). Climate change and environmental, social, and governance disclosures: a review of the literature. *Journal of Financial Reporting and Accounting*, 19(2), 184-203. doi: 10.1108/JFRA-12-2020-0169
- Al Mamun, M., Boubaker, S., & Nguyen, D. K. (2022). Green finance and decarbonization: Evidence from around the world. *Finance Research Letters*, 46, 102807.
- Alam, M. F., Rashid, M. A., Tanvir, A. G. K. M., Pervin, S. S., & Chowdhury, K. I. (2021). Climate change impacts on future water availability: a systematic review of the literature. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 5405-5422. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11861-0>

- Ali, S. A., & Khan, Z. (2020). Exploring sustainable supply chain management practices and their impact on corporate sustainability: Evidence from the resource-based view. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121689.
- Almuktar, S., Hameed, H., & Yusop, Z. B. (2021). Climate change impacts on water resources in Iraq: Challenges and opportunities. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 5-16. doi: 10.1007/s11356-020-11323-1.
- Álvarez, I. A., Gómez, C. L., & Losada, F. (2019). El impacto del cambio climático en la economía: los nuevos instrumentos de financiación verde. *Revista de economía mundial*, (51), 155-174.
- Andersson, M., Bolton, P., & Samama, F. (2016). Hedging climate risk. *Financial Analysts Journal*, 72(3), 13-32.
- Andreou, A. S., Markides, C. C., & Charitou, A. N. (2019). Analysis of bank risks in insurance selection: empirical evidence from insurers in Europe. *The European Journal of Finance*, 25(8), 721-737.
- Angel, N. R. (2022). El papel del gas en el conflicto de Rusia y Ucrania. *Aula Abierta*, (44), 81-98.
- Aravind, N. A., & Krishnakumar, P. (2021). Decarbonization and innovation: evidence from India. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125781.
- Arens, C., & Hintermayer, M. (2021). Carbon Markets in Flux: A Critical Review of the EU ETS and Prospects for a Global Carbon Market. *Frontiers in Climate*, 3, 614465. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.614465>
- Azimi, M., Bahrami, M. L., & Sharifian, F. (2021). Hydrogen as a Sustainable Energy Carrier: Prospects and Challenges. *Chemical Engineering Research and Design*, 167(Part A), 521-547.
- Bäckstrand, J., & Wennerholm, C. (2020). Sustainability and profitability in banking: How sustainability criteria influence credit risk assessment. *Journal of Business Research*, 122, 369-384.

- Ballesteros-Sánchez, L., Morales-García, R., & Pérez-Sánchez, J. L. (2021). The impact of climate change on the economy: An empirical analysis for the European Union. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(4), 4782-4792.
- Banco Mundial. (2019). *State and Trends of Carbon Pricing 2019*. Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31610>
- Banco Mundial. (2022). Carbon Pricing Dashboard. Recuperado el 18 de marzo de 2023, de <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>
- Barbosa, A. L., Brusca, I., & Luque, C. A. (2021). The role of green finance in addressing climate change challenges: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 282, 125190.
- Barrero, F. A. (2022). Crecimiento de los productos de futuros.
- Beccarello, M., & Di Foggia, G. (2023). Review and Perspectives of Key Decarbonization Drivers to 2030. *Energies*, 16(3), 1345.
- Bennett, N. J., Blythe, J., Tyler, S., & Ban, N. C. (2019). Communities and change in the anthropocene: understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 19(4), 1151-1162.
- Betz, R., & Hintermann, B. (2017). Cap-and-trade versus other approaches to climate policy. *Annual Review of Resource Economics*, 9, 11-38.
- Beuse, M. D., & Rübhelke, D. T. (2018). EU emissions trading: an early analysis of national allocation plans for phase 4. *Climate Policy*, 18(3), 364-379.
- Black, S., Chateau, J., Jaumotte, F., Parry, I. W., Schwerhoff, G., Thube, S. D., & Zhunussova, K. (2022). Getting on Track to Net Zero: Accelerating a Global Just Transition in This Decade. *Staff Climate Notes*, 2022(010).
- Bloomberg. (2021). ESG Ratings. Recuperado el 18 de marzo de 2023, de <https://www.bloomberg.com/professional/sustainable-finance/esg-ratings/>

- Bloomberg. (2022). Green Hydrogen Stock Indexes.
- BloombergNEF. (2021). Global Trends in Renewable Energy Investment 2021. <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- Boemi, D. A. (2018). Environmental and social responsibility in insurance: An overview of current trends and future challenges. *Journal of Risk and Financial Management*, 11(2), 25.
- Boubaker, S., & Raza, S. A. (2022). Climate Change and Corporate Risk Management: Evidence from European Firms. *The Journal of Corporate Finance*, 101899.
- Boubaker, S., Gounopoulos, D., Kallias, A., & Nawaz, T. (2021). The determinants of green bond issuance: Evidence from the Eurozone. *Journal of Corporate Finance*, 68, 101881
- Bouwmeester, M. (2021). Blue bonds: Financing the sustainable blue economy. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 11(1), 33-39. doi: 10.1080/20430795.2020.1837807
- BP. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021*. Recuperado 9 de febrero de 2023, de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Brouwer, R., Akter, S., Brander, L., Haque, E., & Kariuki, S. (2019). Blue bonds: A new approach for financing ocean and coastal sustainability. *Marine Policy*, 109, 103699. doi: 10.1016/j.marpol.2019.103699
- Bryman, A., & Bell, E. (2019). *Business research methods*. Oxford University Press.
- Bua, G., Kapp, D., Ramella, F., & Rognone, L. (2022). Transition versus physical climate risk pricing in European financial markets: A text-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 324, 128891.
- Burchi, S., & Marchi, C. (2017). Carbon markets: A historical overview. *Energies*, 10(12), 1990. <https://doi.org/10.3390/en10121990>

- CANVAS Estrategias Sostenibles y Graphext. (2021). *Agenda 2030 en los medios de comunicación. El rol de los medios en la difusión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado 9 de febrero de 2023, de https://www.canvasconsultores.com/wp-content/uploads/2021/02/Agenda-2030-en-los-medios_Estudio-CANVAS-Graphext.pdf
- Carbon Pricing Leadership Coalition. (2021). What is a carbon market? Recuperado de <https://www.carbonpricingleadership.org/what-is-a-carbon-market/>
- Carrasco Contero, R. (2022). La política de abastecimiento energético de la Unión Europea: Dependencia y vulnerabilidad ante la invasión rusa a Ucrania. *Revista de la Asociación Española de Derecho de la Energía*, 6(1), 1-22.
- Cepni, O., Demirer, R., Rognone, L., 2022. Hedging climate risks with green assets. *Econ. Lett.* 212, 110312.
- Chang, M., & Herzig, C. (2018). The organizational foundations of sustainable innovation: Exploring the role of organizational design in promoting environmental innovation. *Organization & Environment*, 31(4), 371-394.
- Chen, Y., & Li, X. (2021). Decarbonization strategy and energy transition in China: A review of achievements, challenges and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110609.
- Cherp, A., Vinichenko, V., Jewell, J., Suzuki, M., & Antal, M. (2018). Assessing climate and energy scenarios for low-carbon transitions in Asia. *Energy Strategy Reviews*, 19, 1-17.
- Chiam, P. & Fang, V. (2021). *ESG Integration in Insurance: A Holistic Approach*. The Geneva Association. Recuperado de <https://www.genevaassociation.org/research-topics/esg-integration-insurance-holistic-approach>
- Climate Bonds Initiative. (2022). Green bond market summary 2021. Recuperado el 7 de marzo de 2023, de <https://www.climatebonds.net/resources/reports/green-bond-market-summary-2021>

- CME. (2021). Nasdaq Veles California Water Index Futures. Recuperado de CME Group: <https://www.cmegroup.com/markets/equities/nasdaq/nasdaq-velescalifornia-water-index.quotes.html>
- Colgan, J. D. (2020). The international political economy of oil and gas. In *The Oxford Handbook of International Political Economy* (pp. 707-727). Oxford University Press.
- Comisión Europea. (2021). *Límites máximos y derechos de emisiones*. Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE). Recuperado 5 de enero de 2023, de https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/emissions-cap-and-allowances_es
- Comisión Europea. (2022a). La Comisión Europea presenta un plan de acción para reducir la dependencia energética de la UE de Rusia y fortalecer la resiliencia energética. Recuperado el 6 de marzo de 2023, de https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_3131.
- Comisión Europea. (2022b). *Mercado internacional del carbono*. Climate Action. Recuperado 13 de enero de 2023, de https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/international-carbon-market_es
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (2021). Informe sobre el proceso de descarbonización y los cambios regulatorios necesarios. https://www.cnmc.es/sites/default/files/2698339_0.pdf
- Commodity Futures Trading Commission. (2021). Market statistics. <https://www.cftc.gov/MarketReports/MarketStatistics/index.htm>
- Consejo Europeo. (28 de febrero de 2023). Acuerdo provisional alcanzado sobre bonos verdes europeos. Recuperado el 7 de marzo de 2023, de <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2023/02/28/sustainable-finance-provisional-agreement-reached-on-european-green-bonds/>

- Cotula, L. (2021). Water futures: A market solution to a liquid problem? *Land Use Policy*, 105, 105451. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105451>
- Creutzig, F., Fernandez, B., Haberl, H., Khosla, R., Mulugetta, Y., Seto, K. C., & Stokes, E. (2018). Beyond technology: demand-side solutions for climate change mitigation. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 1-25. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-025905>
- Cui, J., Jo, H., Kim, M., & Na, H. (2021). The reliability of ESG ratings. *Sustainability*, 13(3), 1433.
- Darracq-Paries, M., Timmer, Y., & Markgraf, J. (2021). Insurance for bank capital: A two-sided market analysis. *Journal of Financial Intermediation*, 46, 100979.
- Díaz-Rainey, I., & Ashton, J. K. (2018). Carbon pricing: A review of the theory and empirical evidence for environmental tax reform. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(1), e497.
- Domínguez, J. F., & Boeta, D. (2022). Análisis de la volatilidad en los mercados energéticos europeos. *Información Tecnológica*, 33(1), 151-158.
- Dunne, L., & Nguyen, H. (2021). Retail participation in carbon markets: A review of motivations, barriers, and opportunities. *Energy Research & Social Science*, 71, 101908. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101908>
- Ekardt, F., & Kramer, L. (2020). The role of carbon markets in facilitating climate change mitigation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(4), e627. <https://doi.org/10.1002/wcc.627>
- Ellerman, A. D., & Buchner, B. K. (2018). Linking carbon pricing instruments. *Climate Policy*, 18(10), 1309-1316.
- Ellerman, A. D., Buchner, B. K., & Carraro, C. (2020). Emissions trading in practice: Handbook on design and implementation. Springer.
- Elliott, R. N. (2018). Greenwashing and the Emerging Market for Sustainability-Linked Bonds. *Environmental Law*, 48(3), 637-670.

- Falconer, R. J., Thomson, E. E., Pregnotato, M., Hall, J. W., & Dadson, S. (2020). The influence of climate change on the insurance sector: A systematic review of the literature. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(6), e674.
- Fankhauser, S., & Jotzo, F. (2020). Economic growth and development with low-carbon energy. *Nature Energy*, 5(1), 12-14.
- Fankhauser, S., Schmidt, T. S., & Wagner, G. (2020). Transitioning to a low carbon economy: Assessing the role of climate risk insurance in promoting renewable energy investment. *Energy Policy*, 142, 111492.
- Fernández T., D. (2022). El hidrógeno como el combustible del futuro.
- Ferraro, O. E., & Simonsen, J. (2020). Green Hydrogen Investment: An Overview of Technologies, Markets, and Finance. *Energies*, 13(17), 4388.
- Filippini, M., & Heimsch, F. (2021). Carbon taxes: A review of country experiences and outlooks for Switzerland. *Energy Policy*, 149, 112009.
- Fogarty, T. J., Janvrin, D. J., Bierstaker, J. L., & Kohlbeck, M. J. (2022). ESG Reporting: Insights from Corporations and Investors. *Accounting Horizons*, 35(2), 1-25.
- Freeman, S. M., Kelly, R., & Sutton-Grier, A. E. (2021). Blue Bonds for Ocean Conservation: An Opportunity for Marine Biodiversity Conservation. *Frontiers in Marine Science*, 8, 695675. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.695675>
- Friedrich, M., & Schwarz, H. G. (2021). The Role of Private Sector Participation in Climate Change Mitigation: A Review of Current Barriers and Opportunities for Carbon Markets. *Energies*, 14(2), 247. <https://doi.org/10.3390/en14020247>
- Fry, M. J., & Li, J. (2021). The commodity risk premium: A review of the literature. *Journal of Commodity Markets*, 22, 100142.
- Gagliardi, F., & Scandizzo, S. (2021). Fossil fuel insurance: A systematic review of the empirical literature. *Energy Policy*, 149, 112096.

- Galimberti, M., & Gualandri, E. (2022). The Emergence of Socially Responsible Investing and the Quest for ESG Standardization. *Sustainability*, 14(2), 764.
- Gallego-Schmid, A., Mendoza, J. M. F., Azapagic, A., & Hospido, A. (2019). Carbon markets and their potential to incentivise low carbon materials and products: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 219, 742-753.
- García-Sánchez, I. M., Medina-Muñoz, D. R., & García-Sánchez, A. (2021). Environmental, Social, and Governance (ESG) Ratings and Financial Performance: Evidence from European Firms. *Sustainability*, 13(1), 130.
- Garg, V., Khanna, V., & Kumar, A. (2021). Energy efficiency in industrial sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111439.
- Gasull, P. (2021). ¿Por qué el agua cotiza en bolsa? Recuperado de IMANTIA: <https://descubre.imantia.com/por-que-el-agua-cotiza-en-bolsa/>
- Geels, F. W. (2018). Disruption and low-carbon system change: Progress and remaining challenges in urban transport and housing. *Energy Research & Social Science*, 37, 224-231.
- Gersen, S., & Derwall, J. (2019). The rise of ESG investing: examining the relationship between ESG ratings and financial performance. *Financial Analysts Journal*, 75(3), 100-115.
- Ghoreishi-Madiseh, S. A., & Rasouli-Chegeni, A. H. (2021). La transición energética en la era del cambio climático: Una revisión de la literatura sobre políticas, estrategias y tecnologías. *Revista de Energía y Desarrollo Sustentable*, 8(1), 19-36.
- Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M. F. P., & van Beek, L. P. H. (2021). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*, 597(7876), 132-136.
- Global Carbon Project. (2021). Global Carbon Budget 2021. <https://doi.org/10.18160/gcp-2021>

- Global Sustainable Investment Alliance. (2021). 2020 Global Sustainable Investment Review. Brussels: Global Sustainable Investment Alliance.
- Global Water Partnership. (2021). Investing in Water for a Sustainable Future. Ginebra: GWP.
- Gobierno de España (2021). Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. https://www.mineco.gob.es/stfls/mineco/prensa/noticias/2021/20210506presentacion_plan_esp.pdf
- Gómez-Elvira, M., & García-Álvarez, M. T. (2019). Análisis de las alternativas a la utilización de gas natural en la industria. DYNA Ingeniería e Industria, 94(4), 373-379.
- Gonzalez-Eguino, M., Sampedro, J., & Arto, I. (2022). The role of public finance in the transition to a low-carbon economy: A review of the literature. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 153, 111912.
- Gould, K. A., Boonstra, W. J., Gentry, R. R., Halpern, B. S., McLeod, E., Teneva, L. T., & Warner, R. A. (2021). Blue bonds for conservation and restoration of coastal marine ecosystems: a synthesis of approaches and experiences. Frontiers in Marine Science, 8, 725343. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.725343>.
- Goulder, L. H. (2013). Carbon taxes: a review of experience and policy design considerations. Review of Environmental Economics and Policy, 7(1), 23-44. <https://doi.org/10.1093/reep/ret013>.
- Green Hydrogen Catapult (2021). Green Hydrogen: The Key to a Net Zero Future.
- Grewal, R., & Levy, M. (2021). The case for standardized ESG metrics. Harvard Business Review, 99(2), 54-62. <https://hbr.org/2021/03/the-case-for-standardized-esg-metrics>
- Grewal, R., Narayan, V., & Sahni, N. (2022). Exploring environmental, social and governance (ESG) criteria in assessing sustainable business practices. Journal of Cleaner Production, 321, 128882.

- Grisolia, J. M., Bartolomé, R., & Pérez-Collazo, C. (2020). Cap and trade systems: A review of the European Union emissions trading scheme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109565.
- Hansen, J., Sato, M., & Kharecha, P. (2013). Assessing “dangerous climate change”: Required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature. *PLoS ONE*, 8(12), e81648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081648>
- Harrison, N. E. (2011). The European Union Emissions Trading System: ten years and counting. *Review of Environmental Economics and Policy*, 5(1), 1-16.
- Hervé-Mignucci, M., & Nourry, M. (2022). Financing the energy transition: The role of green bonds and other debt instruments. *Energy Economics*, 105, 105227.
- Hillman, M. (2018). Climate change and individual responsibility: Agency, moral disengagement and the motivational gap. *Journal of Global Ethics*, 14(1), 91-103.
- Hintermann, B. (2008). Allowance allocation in the European emissions trading scheme: a review of the evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(1), 45-65.
- Hoepner, A. G. F., Majoch, A., & Nguyen, L. (2021). Assessing the reliability of ESG data: A comparative study of four ESG providers. *Journal of Business Ethics*, 172(4), 591-619.
- Hossain, M. S., & Mitra, S. (2021). The Impact of Trading on Volatility of Futures Prices. *Journal of Futures Markets*, 41(1), 69-87
- Howells, M., Staffell, I., & Zerriffi, H. (2020). Net zero emissions energy systems. *Nature Energy*, 5, 10-15.
- Hsu, S. L., & Lee, S. S. (2020). Green Bond Financing and Environmental Sustainability: Evidence from the Global Market. *Sustainability*, 12(19), 7856.

- Hussain, A., & Singh, N. (2021). Drivers of renewable energy investment: A global perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110197. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110197>
- Hydrogen Council. (2020). *Hydrogen Scaling Up: A Path to Decarbonize the Energy System*.
- Iannicelli, F. (2021). Oro azul: una nueva oportunidad de inversión. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Comillas. <http://hdl.handle.net/11531/56387>
- IFAC - Public Sector Committee. (2001). *Financial Instruments: Disclosure and Presentation*. New York: International Federation of Accountants. Recuperado de <https://www.ifac.org/system/files/publications/files/ipsas-15-financial-instrument-1.pdf>
- Instituto de Recursos Mundiales. (2022). *The Green Bond Database*. <https://www.climatebonds.net/resources/reports/green-bond-database>
- International Emissions Trading Association. (2021). *Carbon Markets*. Recuperado de <https://ieta.org/policy-advocacy/markets/carbon-markets/>
- International Energy Agency. (2020). *How carbon pricing can drive the energy transition*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/how-carbon-pricing-can-drive-the-energy-transition>
- International Energy Association. (2021). *Hydrogen. More efforts needed*.
- International Finance Corporation. (2021). *Renewable Energy Investment*. Washington, D.C.: IFC.
- International Renewable Energy Agency. (2021). *Renewable Energy*. Abu Dhabi: IREA.
- IPCC. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 13: Sea Level Change*. Retrieved from

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf

IPCC. (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/SROCC_FullReport_FINAL.pdf

Jacobson, M. Z. (2021). 100% Clean, Renewable Energy and Storage for Everything. *Energy & Environmental Science*, 14(12), 7612-7625.

Jarzabkowski, P., Bednarek, R., & Dörr, R. (2021). Insurance regulation, climate change, and sustainability. *Journal of Risk Research*, 24(1-2), 32-50.

Jawahir, I. S., & Law, S. H. (2019). The renewable energy transition in Asia: Implications for capital markets and investment opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 210, 595-606. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.206

Jenkins, J. D., & Spence, D. B. (2022). Carbon taxes and the political feasibility of climate policy: Lessons from British Columbia. *Environmental Science & Policy*, 126, 62-69.

Jiang, J., Xu, B., & Zhang, Y. (2022). Climate change and green finance: A literature review. *Finance Research Letters*, 42, 101991.

Kahouli, B. (2020). Renewable energy consumption and environmental pollution: Evidence from 15 European Union countries. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118861.

Kanamura, T., & Motohashi, K. (2022). An analysis of the effects of futures trading on the promotion of renewable energy. *Energy Policy*, 161, 420-430.

Kanashiro, P., Montes-Sancho, M. J., & De Quevedo-Puente, E. (2021). Sustainable development goals and management accounting systems: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127003.

- Kelsey, N., & Tschopp, M. (2020). Market-Based Mechanisms for Climate Change Mitigation: A Review of the Literature. *Energies*, 13(11), 2965. <https://doi.org/10.3390/en13112965>
- Kilian, L. (2022). Futures Markets and the Transition to a Low-Carbon Economy. *Annual Review of Resource Economics*, 14(1), 31-54.
- Kim, H., & Kim, J. (2019). Emissions trading system in Korea: Lessons learned and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 1-11.
- Kim, T., Choi, Y., & Lee, J. (2020). Green bonds: review and outlook. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120471
- Klenert, D., Mattauch, L., Combet, E., Edenhofer, O., Hepburn, C., Rafaty, R., & Stern, N. (2021). Making carbon pricing work for citizens. *Nature Climate Change*, 11(4), 308-315.
- Koch, N., & Eisenack, K. (2021). Ambitious Nationally Determined Contributions: An Opportunity for Bottom-Up Climate Governance?. *Global Policy*, 12(2), 219-230.
- Kolk, A. (2021). The limitations of ESG ratings in mainstream responsible investment. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125792.
- Krueger, P., Sautner, Z., & Starks, L. T. (2020). The importance of climate risks for institutional investors. *The Review of Financial Studies*, 33(3), 1067-1111
- Kumar, N., Jain, N., & Gupta, N. (2021). Emission Trading Scheme: A tool for mitigation of GHG emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110723.
- Kuzemko, C., & Bradshaw, M. J. (2019). The politics of European Union energy policy: The limits of regional and sectoral leadership. *Energy Research & Social Science*, 49, 45-56.
- Kwon, Y. (2021). Analysis of the Green Hydrogen ETF in the Korean Capital Market. *Sustainability*, 13(3), 1123.

- Lackner, K. S. (2020). Carbon capture and storage. *Nature Climate Change*, 10(4), 315-320.
- Laffoley, D. D., & Baxter, J. M. (2019). Ocean Acidification and Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, 11, 127-157. doi: 10.1146/annurev-marine-041911-111611.
- Li, Y., Liang, Q., Wang, K., & Ma, C. (2021). The optimal policy choice between carbon tax and emissions trading in China's power sector. *Applied Energy*, 284, 116453
- Liao, L., & Wang, Z. (2021). The volatility connectedness of carbon emission allowance and stock markets: The role of institutional investors. *Finance Research Letters*, 38, 101603.
- Liao, W., & Fan, Y. (2021). Decarbonization, energy transition, and innovation in China: An empirical study. *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121053.
- Linnenberg, T., & Maas, P. (2020). Determinants of corporate climate action: A review and research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 29(3), 1169-1189.
- Liu, G., Chen, J., & Zhang, C. (2021). Environmental regulatory pressures and corporate environmental management strategies: The moderating effect of corporate governance quality. *Journal of Business Research*, 123, 132-143.
- Liu, J., Shao, S., Wang, W., & Wang, B. (2021). Dual carbon pricing: Review and future directions. *Energy Policy*, 150, 112119.
- Liu, J., Veldkamp, T. I., Zhao, F., Ciais, P., Shi, P., Li, Y., & Liu, Y. (2021). A global overview of population growth and water demand for future decades. *Journal of Hydrology*, 596, 126052.
- Liu, J., Yan, W., & Shen, Q. (2021). The Research on Green Hydrogen Index Construction Based on the Theme Index of Energy Companies. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 538, 443-447.

- Liu, X., Xu, J., Wang, S., & Mao, L. (2022). China's carbon market: Key features, early performance and implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111931. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111931>
- Madar, A., & Rausser, G. (2021). California water futures and financialization of water. *California Agriculture*, 75(1), 20-26. <https://doi.org/10.3733/ca.2021a0004>
- Maier, F., & Schneider, K. (2021). Hype or Hope? ESG ratings and the willingness of firms to improve their ESG scores. *Journal of Business Ethics*, 170(4), 627-645.
- Mazzucato, M., Semieniuk, G., & Jiang, L. (2020). Mission-oriented innovation policies to combat climate change. *Nature Climate Change*, 10(12), 1074-1076
- McCombs, M. (2018). *Setting the agenda: The mass media and public opinion* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- McKinsey & Company. (2021). *Hydrogen Insights. A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*
- Micocci, M., Piacenza, F., & Tiseno, A. (2021). Risk Transfer Mechanisms in Banking and Insurance. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(1)
- Mill, J. S. (1861). *Utilitarianism*. London: Parker, Son, and Bourn.
- Mills, E., & Hartwig, F. (2021). Climate change and insurance: The call for action. *Journal of Risk and Insurance*, 88(1), 1-7.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Hoja de Ruta del Hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021a). *Análisis de Riesgos Medioambientales*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021b). ¿Qué es el comercio de derechos de emisión? Gobierno de España. Recuperado el 2 de marzo de 2023, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/que-es-el-comercio-de-derechos-de->

[emision.aspx#:~:text=El%20derecho%20de%20emisi%C3%B3n%20%3A%20Es,se%20ponen%20en%20%E2%80%9Ccirculaci%C3%B3n%E2%80%9D](#)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). Las emisiones GEI se mantuvieron por segundo año consecutivo por debajo de 1990 a lo largo de la serie inventariada en el período 1990-2021.

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/las-emisiones-gei-se-mantuvieron-por-segundo-a%C3%B1o-consecutivo-por-debajo-de-1990-a-lo-largo-de-la-serie-inventariada-en-el-per%C3%ADodo-1990-2021/tcm:30-542628#:~:text=El%20transporte%20sigue%20siendo%20el,los%20sectores%20Residencial%2C%20Comercial%20e>

Mohanna, L. A. (2022). Las consecuencias energéticas de la Guerra en Ucrania. Anuario en Relaciones Internacionales del IRI, 2022.

Muñoz-Grandes, P., & del Mar, G. M. (2021). ESG analysis and the water industry. A case study on SUEZ Environnement. Journal of Cleaner Production, 314, 127768.

Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030*. Recuperado 5 de enero de 2023, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Naciones Unidas. (2021a). *El Acuerdo de París*. United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Naciones Unidas. (2021b). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2021: La valoración del agua en el siglo XXI. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375658.locale=en>

Naciones Unidas. (2022). *¿Qué es el cambio climático?* <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

- Naciones Unidas. (s. f.). *Contribuciones determinadas a nivel nacional*. Recuperado 5 de enero de 2023, de <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>
- Narassimhan, E., Gallagher, K. S., Koester, S., & Alejo, J. R. (2018). Carbon pricing in practice: A review of existing emissions trading systems. *Climate Policy*, 18(8), 967-991.
- Nordhaus, W. D. (2015). Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339-1370.
- Núñez-López, J., & López-Pérez, M. (2020). Environmental, social and governance ratings: A comparative analysis between European and US companies. *Sustainability*, 12(14), 5743.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Taxing Energy Use 2021: Using Taxes for Climate Action*. OECD Publishing.
- Ostadi, H., & Zahedi, G. (2021). Hydrogen-based energy systems: Recent advances, future prospects, and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110124. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110124>
- Pahle, M., Burtraw, D., Flachsland, C., Klenert, D., Edenhofer, O., Jakob, M., ... & Zerrahn, A. (2022). The European Green Deal: Challenges and opportunities. *Nature Energy*, 7(1), 1-6.
- Parry, I. W., Black, S., & Zhunussova, K. (2022). Carbon Taxes or Emissions Trading Systems?: Instrument Choice and Design. *Staff Climate Notes*, 2022(006).
- Pereira, N., Chagas, C., Santos, V. P., Lopes, P., Pereira, M. F. R., & Ribeiro, A. C. F. (2021). Green hydrogen: challenges and perspectives for a sustainable energy future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110213.
- Pereira, R., Nogueira, L., Pereira, D., & Marques, R. C. (2022). Renewable Energy Futures Contracts: An Analysis of the European Market. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130299.

- Peters, G. P., & Geden, O. (2018). Catalysing a political shift from low to negative carbon. *Nature Climate Change*, 8(8), 686-689. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0238-5>
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E. & Ibrahim, Z. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (p. 3056). Geneva, Switzerland: IPCC.
- PwC España. (2021). Insurance 2025 & beyond. Recuperado de <https://www.pwc.es/es/seguros/insurance-2025-beyond.html>
- Real Instituto Elcano. (2022, 2 octubre). *Efectos económicos y geopolíticos de la invasión de Ucrania*. Recuperado el 18 de enero de 2023, de <http://realinstitutoelcano.org/analisis/efectos-economicos-y-geopoliticos-de-la-invasion-de-ucrania/>
- Redburn & IEA. (2021). Global Hydrogen Production in Sustainable Development: Hydrogen Demand 2020-2070. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-production-in-sustainable-development/hydrogen-demand-2020-2070>
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2021). Renewables Global Status Report. Paris: REN21.
- Riahi, K., Jiang, K., Frazier, A. (2021). Integrated energy transition and low-carbon pathways in the post-COVID-19 recovery. *Nature*, 592(7852), 514-523.
- Riera, A., & Ferreira, M. A. (2021). The impact of ESG criteria in corporate valuation: Evidence from European listed firms. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126007.
- Robins, N., & Willard, M. (2019). The Climate Bonds Standard: Version 3.0. Climate Bonds Initiative. <https://www.climatebonds.net/files/files/2019%20-%20Climate%20Bonds%20Standard%20-%20Version%203.0%20-%20Overview.pdf>

- Rubino, M., & Galbraith, K. (2018). Fossil fuel divestment and shareholder activism: A panel data analysis. *Environmental Science & Policy*, 90, 76-84.
- Salpakari, M., Aro, H., & Valkeapää, A. (2021). The Cost-Effectiveness of Renewable Energy Technologies—A Review of Key Factors and Methodologies. *Energies*, 14(2), 466. <https://doi.org/10.3390/en14020466>
- Schlapbach, L., & Züttel, A. (2001). Hydrogen energy: economic and environmental challenges. *Materials Today*, 4(11), 552-558.
- Scholtens, B., & Kang, J. (2021). Greenwashing in the Debt Market: Corporate Borrowing and Environmental Commitments. *Journal of Business Ethics*, 169(1), 25-41.
- Scholtens, B., & Zhang, Z. (2018). Investor opportunities and risks in carbon trading. *Business Strategy and the Environment*, 27(2), 186-199.
- Schubert, K., & Tovar, M. (2020). Carbon taxation, inequality, and poverty: Evidence from Colombia. *World Development*, 129, 104872.
- Schulze, E. D. (2021). Carbon pricing and emissions trading: past, present and future. *Climatic Change*, 169(3), 385-399.
- Schumacher, K., & Streck, C. (2019). Risks and side effects of market-based climate policy instruments. *Climate Policy*, 19(4), 441-452.
- Shove, E. (2019). Climate change, energy and social practices: a comparative analysis. *Theory, Culture & Society*, 36(2), 167-189. doi: 10.1177/0263276418808994
- Staszewska, A. (2021). The EU's energy dependency on Russia: Reasons, consequences, and future prospects. *Journal of Energy Security*, 14(1), 1-18. https://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=841:the-eus-energy-dependency-on-russia-reasons-consequences-and-future-prospects&catid=96:content
- Stavins, R. N. (2019). The Future of US Carbon-Pricing Policy. *Journal of Economic Perspectives*, 33(1), 3-26.

- Stern, N. (2019). The economics of deep decarbonization. *Science*, 364(6438), 1219-1224.
- Suh, S., Kim, H., Lee, K., & Kim, D. (2021). Corporate sustainability risks and opportunities: Evidence from climate change. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126046.
- Taranu, B. (2021). The geopolitics of EU-Russia energy relations: From energy dependence to energy security. *Journal of Common Market Studies*, 59(2), 253-269.
- Tetlock, P. C., & Xu, M. (2017). Does the stock market fully value intangibles? Employee satisfaction and equity prices. *Journal of Financial Economics*, 126(2), 447-463.
- Tilmant, A., & Marlier, C. (2020). Investing in Water: the Benefits of a Long-Term View. *The Journal of Portfolio Management*, 46(2), 113-119.
- Tisdell, C. (2021). Water futures contracts and their potential in water management. *Water*, 13(6), 747. <https://doi.org/10.3390/w13060747>
- Tufano, P. (2021). The ESG investing revolution. *Annual Review of Financial Economics*, 13(1), 183-201. <https://doi.org/10.1146/annurev-financial-110220-013834>
- UN Global Compact. (2021). Blue bonds: Finance solutions for a sustainable ocean economy. Recuperado el 29 de marzo de 2023, de <https://www.unglobalcompact.org/take-action/action/blue-bonds-finance-solutions-for-a-sustainable-ocean-economy>
- UNESCO. (2021). The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. Paris. Obtenido de <https://en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/series>
- United Nations Development Programme. (2019). Promesa climática: Acción climática ambiciosa en las NDC mejoradas. Recuperado de

<https://www.undp.org/publications/climate-promise-ambitious-climate-action-enhanced-ndcs>

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2021). Energy Transition. Bonn: UNFCCC.

Van den Berg, C., & Danilenko, A. (2020). Water Financing for Sustainable Development: A Global Landscape. *Water Economics and Policy*, 6(1), 2050001.

Van den Bijgaart, I., & Gerlagh, R. (2019). A low carbon future: a review of barriers and opportunities for a successful climate transition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(6), e614.

Van der Laan, L., & Gocht, A. (2021). Carbon taxation and emissions trading as climate policy instruments: an assessment of the legal, economic and environmental impacts. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(5), 717-739.

Van Lent, L., Pelizzon, L., & Schuster, P. (2021). The impact of insurers' sustainable investments on their risk profile: Evidence from European insurers. *Journal of Banking & Finance*, 128, 1-15.

Wagner, N., Berg, T., & Kiesel, F. (2018). Green bonds: Does issuer reputation matter? *Journal of Business Ethics*, 149(2), 375-392.

Wan, W., Zhang, Q., & Li, Y. P. (2021). The dynamics of water futures market: Empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125368>

Wang, H., & Fang, J. (2020). The EU-China partnership on emissions trading: An assessment of the pilot phase. *Climate Policy*, 20(1), 76-89.

Water Bonds Initiative. (2021). Annual growth in issuance of blue bonds. Recuperado el 29 de marzo de 2023, de <https://waterbonds.org/annual-growth-in-issuance-of-blue-bonds/>

World Green Bond Network. (2022). Green Bonds Market Report.

- Xu, Q., Liu, X., & Wang, Y. (2021). Corporate sustainability practices, brand reputation, and financial performance: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128109.
- Yahoo Finance. (2022). Global Clean Energy ETFs.
- Yarovaya, L., & Brzezczński, J. (2020). Green bonds as an investment opportunity: evidence from global markets. *Annals of Operations Research*, 294(1-2), 289-315. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3139-3>
- Zhang, D., Wang, X., & Wei, Y. M. (2019). Linking China's national ETS with the EU ETS: Considerations and potential impacts. *Energy Policy*, 129, 19-28.
- Zhang, L., Elnashaie, & Lin, H. (2018). Prospects for cheap and abundant hydrogen production using supercritical water gasification: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 356-366.
- Zhang, Y., Li, X., & Wang, Q. (2021). Government subsidies, ownership structure, and renewable energy investment: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 292, 125896.
- Zhang, Y., Wu, H., Wu, Y., Zhang, L., & Huang, W. (2021). Public-private partnership in urban water supply: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 310, 127555.
- Zhou, L., & Tol, R. S. J. (2022). The effects of fossil fuel combustion on the environment and human health. *Energy Policy*, 161, 113843.
- Zwicken, S., & Sharma, S. (2022). The impact of corporate environmental performance on financial performance: Evidence from the United States. *Journal of Cleaner Production*, 334, 130724. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.130724.