

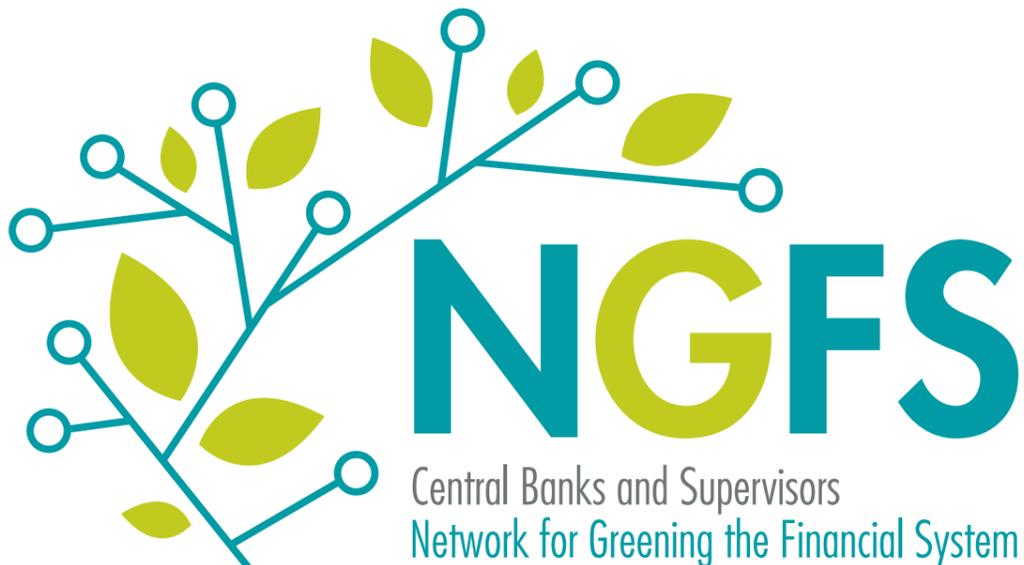
Red para Enverdecer el Sistema Financiero

Suplemento Técnico del
Primer informe integral

Estabilidad macroeconómica y financiera

Consecuencias del cambio climático

Julio de 2019



NGFS Suplemento técnico

JULIO 2019

Este documento es un suplemento técnico del Primer informe integral- Llamado a la acción, publicado en abril de 2019. Fue preparado por el equipo de trabajo Macrofinanciero del NGFS, presidido por Sarah Breedon del Banco de Inglaterra (Bank of England).

Este informe ha sido coordinado por la Secretaría de la NGFS/Banco de Francia (Banque de France). Para más detalles, visite <https://www.banque-france.fr> o contacte a la Secretaría de la NGFS sec.ngfs@banque-france.fr



Contenido

1. Introducción – 3

2. Macroeconomía y cambio climático – 4

2.1 Enfoques de Modelado – 4

2.2 Impactos macroeconómicos de los riesgos físicos – 6

2.3 Impactos macroeconómicos de los riesgos de transición – 8

3. Estabilidad financiera y cambio climático – 13

3.1 Modelando enfoques – 13

3.2 Impactos en la estabilidad financiera de los riesgos físicos – 13

3.3 Impactos en la estabilidad financiera de los riesgos de transición – 15

4. Supuestos clave – 19

5. Conocimiento y brechas metodológicas – 20

5.1 Modelando enfoques alternativos – 20

5.2 Evaluación de la estabilidad financiera – 24

5.3 Interacciones entre los choques climáticos macroeconómicos y financieros – 26

5.4 Combinaciones de riesgos físicos y de transición en el análisis de escenarios – 27

6. Menú de opciones para bancos centrales y supervisores – 27

6.1 Modelos macroeconómicos – 27

6.2 Desarrollo de escenarios – 29

6.3 Ejercicios de pruebas de estrés – 30

6.4 Indicadores clave de riesgo – 31

6.5 Análisis de exposición del sistema financiero – 31

7. Principales hallazgos – 31

Bibliografía – 33

Anexo 1 Lista preliminar de indicadores clave de riesgo – 42

Anexo 2 Preguntas de investigación – 47

Pronósticos macroeconómicos – 47

Evaluaciones de estabilidad financiera – 47

Escenarios – 47

Nuevas herramientas y datos – 47

Anexo 3 Más ejemplos de impactos de riesgos físicos en los riesgos financieros – 48

1. Introducción

El cambio climático es una de las muchas fuentes de cambio estructural que afectan a la economía y al sistema financiero. Sin embargo, tiene varias características particulares que hacen necesario considerarlo y gestionarlo de forma distinta. Entre estas se encuentran las siguientes:

- **Impacto de gran alcance en amplitud y magnitud:** el cambio climático afectará a todos los agentes de la economía (hogares, empresas y gobiernos), en todos los sectores y en todas las geografías. Es probable que los riesgos estén correlacionados y potencialmente agravados por los puntos de inflexión y los impactos no lineales. Esto significa que los impactos podrían ser mucho mayores, más amplios y diversos que los de otros cambios estructurales.

- **Carácter previsible:** aunque los resultados exactos, el horizonte temporal y la trayectoria futura son inciertos, existe un alto grado de certeza de que en el futuro se materializará alguna combinación de mayores riesgos físicos y de transición.

- **Irreversibilidad:** el impacto del cambio climático está determinado por la concentración de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera y actualmente no existe una tecnología consolidada para revertir el proceso. Por encima de cierto umbral, los científicos han demostrado con un alto grado de confianza que el cambio climático tendrá consecuencias irreversibles en nuestro planeta, aunque sigue habiendo incertidumbre sobre la gravedad e horizonte temporal exactos.

- **Dependencia de las medidas a corto plazo:** la magnitud y la naturaleza de las repercusiones futuras vendrán determinadas por las medidas que se adopten hoy, que deberán, por lo tanto, seguir una trayectoria política creíble y orientada hacia el futuro. Esto incluye acciones de gobiernos, bancos centrales y supervisores, participantes en los mercados financieros, empresas y hogares.

Los riesgos del cambio climático provienen de dos fuentes: la física y la de transición.

Los **impactos físicos** son los que pueden surgir de los fenómenos climáticos y meteorológicos, como las sequías, las inundaciones y las tormentas. Comprenden los impactos que resultan directamente de esos eventos, como los daños a la propiedad. También pueden tener impactos sistémicos y a nivel de empresa más amplios, por ejemplo, a través de la interrupción de las cadenas de suministro mundiales. Los cambios progresivos a largo plazo en el clima (como los cambios en las precipitaciones, la variabilidad climática extrema, el aumento del nivel del mar y el aumento de las temperaturas medias), y la adaptación a estos cambios, también pueden tener consecuencias para la economía, como la productividad, la migración y la reconstrucción y sustitución de la infraestructura.

Estos cambios también podrían dar lugar a grandes pérdidas financieras. Si las pérdidas están aseguradas, pueden afectar directamente a las compañías de seguros y reaseguros a través de reclamaciones más elevadas. Si las pérdidas no están aseguradas, la carga puede recaer en los hogares, las empresas y los gobiernos. Esto puede perjudicar el valor de los activos, reducir el valor de las inversiones de las instituciones financieras y aumentar los riesgos de crédito para los bancos y los inversionistas. Desde los 80s, el número anual de fenómenos meteorológicos se ha triplicado. Las pérdidas totales ascienden a un promedio de cuatro veces el tamaño de las pérdidas aseguradas y la brecha en la protección del seguro sigue aumentando (Asociación de Ginebra, 2014).

Los **impactos de la transición** son aquellos relacionados con el proceso de ajuste hacia una economía con bajas emisiones de carbono. Las emisiones deben eventualmente alcanzar el "cero neto" para evitar un mayor cambio climático. La magnitud de la transformación económica y financiera necesaria para esta transición es considerable. Por ejemplo, la Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima (2018) estimó que en todo el mundo deberán invertirse alrededor de 90,000 millones de dólares en infraestructura en los sistemas urbanos, de uso de la tierra y de energía hasta 2030.

Esta transición también será relevante para el sistema financiero. Los cambios en las políticas climáticas, las innovaciones tecnológicas o la confianza del mercado podrían provocar una reevaluación del valor de una amplia gama de activos financieros a medida que los costos y las oportunidades cambiantes se vuelvan evidentes. La velocidad a la que se produce esta revisión de precios es intrínsecamente incierta, pero, dada la escala, su impacto podría ser importante para la estabilidad financiera y la seguridad y solidez de las entidades financieras.

Los activos que podrían verse afectados no se limitan a los sectores de producción o distribución de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo o el gas. También incluyen los servicios públicos, la industria pesada, la petroquímica, el cemento, el transporte (incluidos la aviación y el transporte marítimo), los bienes raíces y la agricultura, esencialmente todos los sectores que son intensivos en energía o en emisiones y que, por lo tanto, podrían verse afectados por las políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Hoy en día, la inversión en activos intensivos en emisiones tiene el potencial de bloquear una cierta cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el futuro. Las centrales eléctricas, por ejemplo, tienen una vida útil de varias décadas. Estos activos podrían correr el riesgo de quedar varados si se retiran antes del final de su vida útil productiva, por ejemplo, debido a un cambio de política.

La comprensión de los cambios macrofinancieros es una parte esencial de las responsabilidades de los bancos centrales y supervisores financieros. Este documento pretende resumir el trabajo académico realizado para modelar el impacto del cambio climático en la economía y en el sistema financiero, establecer indicadores que puedan ser utilizados para monitorear estos riesgos (véase el Anexo 1) e identificar algunas de las áreas que requieren mayor investigación (véase el Anexo 2). Si bien los rangos de estimaciones de los modelos son sensibles a los supuestos utilizados, describen transformaciones significativas en diferentes sectores de la economía para mitigar o adaptarse a los riesgos. Estos cambios también podrían manifestarse como riesgos para el sistema financiero, particularmente si la transición a una economía de bajas emisiones de GEI es desordenada.

El documento también establece una serie de opciones para que los bancos centrales y supervisores evalúen los riesgos. En particular, se exponen algunas opiniones preliminares sobre cómo se pueden utilizar los escenarios para simplificar el ejercicio analítico, proporcionando una narrativa convincente para anclar los insumos y los supuestos del modelo y ayudar así a evaluar los costos económicos y los riesgos financieros del cambio climático.

2. Macroeconomía y cambio climático

Dado que las consecuencias macroeconómicas del cambio climático pueden ser importantes, los bancos centrales, los supervisores y los encargados de la planificación de la política macroeconómica deberían considerar la posibilidad de evaluar cuantitativamente los efectos físicos y socioeconómicos del cambio climático. Como señala Stern (2007), el análisis económico del cambio climático debe ser global, centrarse en las consecuencias a largo plazo, tomar debidamente en cuenta el riesgo y la incertidumbre y examinar la posibilidad de que se produzcan cambios importantes, irreversibles y potencialmente no lineales. El cambio climático afecta a los resultados económicos, mientras que, a su vez, la actividad económica a través de las emisiones de GEI y la producción de residuos genera cambios en el clima. Por lo tanto, los mecanismos de retroalimentación entre el clima y la economía deben incorporarse plenamente a los análisis.

2.1 Enfoques de Modelado

2.1.1. Modelos de evaluación integrados de primera generación.

Durante las últimas décadas, la evaluación económica del cambio climático se ha basado en los Modelos de Evaluación Integrada (IAMs por sus siglas en inglés).¹ Los IAMs combinan un componente de ciencia climática, el cual describe cómo las emisiones derivadas de la actividad económica afectan la temperatura, y un componente económico, el cual describe los resultados económicos que son potencialmente afectados por el aumento de las temperaturas. Inicialmente, estas herramientas analíticas buscaban cuantificar los daños económicos planteados por los factores climáticos y proporcionar un análisis de costo-beneficio para mitigar los riesgos ambientales derivados del cambio climático. Como tales, proporcionan una estimación de los costos sociales de las emisiones de GEI y determinan una política de mitigación óptima, incorporando explícitamente tanto los riesgos de transición como los físicos. Más recientemente, los IAMs han sido diseñados para analizar qué conjuntos de políticas son necesarios para generar un determinado nivel de mitigación del cambio climático (evaluación de políticas basada en escenarios). Estos modelos se centran en los riesgos de transición.

El nivel de complejidad varía según los IAMs, ya que algunas versiones incorporan diferencias regionales y abordan problemas de cooperación, mientras que otras ofrecen detalles a mayor grado sobre sectores específicos. Aun así, esencialmente, todos ellos suelen incluir cinco características principales. Cada uno de estos modelos describe (i) la trayectoria de las emisiones, (ii) la temperatura media, (iii) una medida de bienestar social, (iv) una función de costo de reducción de emisiones, y (v) una representación de cómo los cambios en la temperatura afectan la actividad económica (también conocida como la función de daño). Aunque los IAMs son utilizados, entre otros, en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014) y el Informe Stern (Stern, 2007) y por varios gobiernos en su evaluación económica de las políticas de cambio climático, también recibieron críticas que cuestionaban su idoneidad para la generación de políticas públicas (véase Pindyk, 2013).

¹ Una lista no exhaustiva incluye DICE (Nordhaus, 1994), PAGE (Hope et al., 1993), RICE (Nordhaus y Yang, 1996) y FUND (Tol, 1997).

2.1.2. Críticas a la primera generación de IAMs

Las principales críticas a los IAMs se centran en (1) la sensibilidad climática, que determina la relación entre los GEI y la temperatura, (2) la representación del bienestar, especialmente en lo que se refiere a la tasa de descuento, ya que los efectos del cambio climático normalmente sólo se materializan en escala a largo plazo, y (3) la especificación de la función de daño. Utilizando el modelo DICE (*Dynamic Integrated Climate-Economy*) (Nordhaus, 1994), un IAM bien conocido, Dietz y Stern (2015) muestran que el costo social del carbono cambia sustancialmente cuando se alteran la tasa de descuento, la sensibilidad climática y la función de daño (Auffhammer, 2018). Además, como lo expuso Pindyck (2013), a pesar de los importantes avances logrados en la ciencia del cambio climático y el análisis de su impacto económico, la selección de los valores de los parámetros y las formas funcionales para las funciones de daño utilizadas en los IAMs todavía se basa en elecciones arbitrarias.

Otra crítica a los IAMs de primera generación tiene que ver con la evaluación de cómo es probable que cambien las variables económicas bajo diferentes intervenciones de política. Los IAMs iniciales ignoraron este canal, al asumir que la tasa de crecimiento económico es exógena. Los IAMs recientes que se centran en la evaluación de políticas basadas en escenarios incorporan alguna versión del crecimiento endógeno (véase Farmer et al. (2015) y sus referencias). Los estudios que se centran en los efectos del crecimiento endógeno sobre el costo social del carbono y las políticas de mitigación óptimas son menos comunes. Como fue señalado por Acemoglu et al. (2012), incorporar las dependencias de ruta y sus complementariedades en la difusión y adopción tecnológica puede ser crucial para medir el costo económico de la transición a una economía neutra en emisiones de carbono.

Un tercer tipo de desafío se refiere a cómo se maneja la incertidumbre. Por lo general, los IAMs son modelos de equilibrio general dinámico recursivo resueltos de forma determinística. Sin embargo, existe una incertidumbre científica inherente en el aumento de la temperatura debido a la concentración de GEI (Roe y Baker, 2007). También es incierta la forma en que la economía se verá afectada por el aumento de las temperaturas, lo que posiblemente implique no linealidades, resultados catastróficos y daños irreversibles. En lugar de introducir cierta aleatoriedad en el modelo, la mayoría de los IAMs incluyen simulaciones con ciertos parámetros diferentes para reportar dicha incertidumbre. Sin embargo, este enfoque no refleja el impacto de la incertidumbre en la toma de decisiones. Como resultado, se han desarrollado modelos más recientes de Equilibrio General Estocástico Dinámico (DSGE por sus siglas en inglés) que integran las condiciones climáticas y económicas.² Cai et al. (2013) muestran que los IAMs que descartan la incertidumbre subestiman significativamente los beneficios de las políticas de reducción, confirmando la necesidad de abordar explícitamente la incertidumbre. Aunque los modelos DSGE pueden considerar la incertidumbre, normalmente son más pequeños, abstrayendo parte de la complejidad incluida en los IAMs grandes.

2.1.3. Modelos de evaluación integrada de segunda generación

La dificultad de especificar una función de daño, junto con los recientes compromisos de fijar un tope en el aumento de la temperatura, motivó la creación de IAMs para la evaluación de políticas públicas basadas en escenarios. Se trata de modelos de economía energética que producen escenarios de cómo puede lograrse un determinado nivel de mitigación del

² Una lista no exhaustiva incluye a Kelly y Kolstad (1999), Cai et al. (2013) y Golosov et al. (2014).

cambio climático (por ejemplo, "muy por debajo de 2°C") con un determinado nivel de probabilidad (por ejemplo, el 66%). Esto incluye modelar cuáles políticas serían necesarias para una meta deseada y cuál sería su impacto en los diferentes sectores de la economía (IPCC, 2014). Estos modelos se centran en escenarios de vías de transición e intentan representar muchas de las interacciones más importantes entre las tecnologías, los sistemas humanos relevantes (por ejemplo, la energía, la agricultura, el sistema económico) y las emisiones de GEI asociadas en un único marco integrado. Debido a la multitud de relaciones estimadas, los IAMs de segunda generación tienden a ser resueltos numéricamente.

2.2 Impactos macroeconómicos de los riesgos físicos

La literatura académica está de acuerdo en que la manifestación física del cambio climático podría tener un impacto sustancial en el producto interno bruto (PIB), particularmente después de mediados de siglo. Sin embargo, las estimaciones numéricas de estos impactos dependen de los supuestos subyacentes y de las técnicas de modelación, pueden variar significativamente de una región a otra y no suelen tener en cuenta las posibles no linealidades y los puntos de inflexión.³

2.2.1. Canales de transmisión

Hay una serie de canales de oferta y demanda a través de los cuales el aumento de la temperatura puede tener un impacto en la macroeconomía, y que son similares para los dos tipos de riesgos físicos: los fenómenos meteorológicos extremos y el calentamiento global gradual. Por el lado de la demanda, las pérdidas derivadas de fenómenos climáticos extremos como inundaciones y tormentas podrían reducir la riqueza de los hogares y, por lo tanto, el consumo privado. Inversiones empresariales también podrían verse reducidas por la incertidumbre sobre los riesgos climáticos futuros. También se ha comprobado que los fenómenos meteorológicos extremos afectan al comercio internacional (Gassebner et al., 2010, Oh y Reuveny, 2010). Por el lado de la oferta, los desastres naturales pueden destruir la infraestructura, perturbar la actividad económica y el comercio, creando escasez de recursos, y desviar el capital de la tecnología y la innovación hacia la reconstrucción y la sustitución. Además, las temperaturas extremas pueden perjudicar el rendimiento de las empresas, debido a la reducción de la productividad laboral derivada de la exposición al calor (Pankratz, 2018).

El calentamiento global gradual también puede ocasionar pérdidas económicas. Por el lado de la demanda, la expectativa de pérdidas futuras podría cambiar las preferencias actuales, por ejemplo, hacia un mayor ahorro preventivo. La inversión empresarial también podría verse reducida por la incertidumbre sobre la demanda futura y las perspectivas de crecimiento. Por el lado de la oferta, el calentamiento global podría tener un gran impacto en el potencial de la economía para crecer en el futuro, al reducir la productividad laboral y agrícola (Dell et al., 2014), y desviar recursos de la inversión actual en capital productivo e innovación hacia la adaptación al cambio climático.

³ Definido por el IPCC como un umbral crítico cuando el clima global o regional cambia de un estado estable a otro estado estable, lo que puede tener impactos significativos e irreversibles. Por ejemplo, después de un aumento de la temperatura de 1.5-2°C, el derretimiento de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida puede acelerarse irreversiblemente, aumentando el nivel del mar.

Recuadro 1 Canales teóricos a través de los cuales los ejemplos de riesgos físicos pueden afectar la macroeconomía

	Tipo de shock	Del calentamiento global gradual	De eventos climáticos extremos
Demanda	Inversión	Incertidumbre sobre la demanda futura y los riesgos climáticos	Incertidumbre sobre los riesgos climáticos
	Consumo	Cambios en los patrones de consumo, por ejemplo, más ahorro en tiempos difíciles.	Aumento del riesgo de inundación de la propiedad residencial
	Comercio	Cambios en los patrones comerciales debidos a cambios en los sistemas de transporte y en la actividad económica	Interrupción de los flujos de importación/exportación debido a fenómenos meteorológicos extremos
Oferta	Oferta laboral	Pérdida de horas trabajadas debido al calor extremo. Choque por el lado de la oferta laboral a causa de la migración	Pérdida de horas trabajadas debido a desastres naturales, o mortalidad en un caso extremo. Choque por el lado de la oferta laboral debido a la migración
	Energía, comida y otros insumos	Disminución de la productividad agrícola	Escasez de alimentos y de otros insumos
	Acervo de capital	Desvío de recursos de la inversión productiva al capital de adaptación	Daños provocados por condiciones climáticas extremas
	Tecnología	Desvío de recursos de la innovación al capital de adaptación	Desvío de recursos de la innovación a la reconstrucción y sustitución

Fuente: adaptado de Batten (2018).

En el Recuadro 1 se presentan algunos ejemplos de los canales que van desde los riesgos físicos a los distintos componentes del PIB.

2.2.2. Rango de estimaciones

Las estimaciones cuantitativas de cómo el impacto físico del clima puede afectar al PIB suelen considerar un plazo hasta el año 2100. Estudios anteriores resumidos en Tol (2009, 2014) encontraron pequeños efectos del aumento de las temperaturas en el PIB, incluso a altos niveles de calentamiento de la temperatura media superficial global (GMST por sus siglas en inglés) (en relación con el período 1981-2010).

Más recientemente, Burke et al. (2015) descubrieron que el cambio climático podría reducir los niveles del PIB en un 23% para el año 2100 en relación con un escenario sin cambio climático. Este efecto se debe principalmente al aumento de las temperaturas que afectan al PIB de forma no lineal a través de cambios en la oferta de mano de obra y en la productividad laboral. En este estudio, los impactos del PIB varían de una región a otra.

La OCDE (2015) considera que, sin mitigación, el PIB podría ser hasta un 12% más bajo para el año 2100.

La primera generación de IAMs de Nordhaus (2017) encuentra que una pérdida en los niveles del PIB del 2.1% ocurriría para el año 2100 a 3°C de calentamiento y una pérdida del 8.5% a 6°C. Sin embargo, se sabe que este modelo produce estimaciones bajas de los daños económicos.

La gran diferencia en las estimaciones entre estos modelos se debe a las diferencias en los supuestos que nutren a las funciones de daño (véase la Sección 2.1.1), incluyendo los supuestos sobre su forma funcional y la tasa de descuento.

Hsiang et al (2017) asumen que las pérdidas anuales esperadas del nivel del PIB para los EE.UU. aumentan cuadráticamente en función del aumento de la temperatura. Teniendo en cuenta la incertidumbre, el rango muy probable (5%-95%) de pérdidas esperadas a 1.5°C de calentamiento es de -0.1 a 1.7% del PIB, a 4°C de calentamiento es de 1.5 a 5.6% del PIB, y a 8°C de calentamiento es de 6.4 a 15.7% del PIB. Los resultados específicos para la agricultura muestran que los rendimientos disminuyen con el aumento del GMST entre el 9 y el 12% por °C.

Recuadro 2 Rango de las estimaciones de los efectos físicos en la macroeconomía

Estudios	Escenario	Impacto en el PIB	Horizonte temporal
Burke et al. (2015)	5 - 6°C	-23%	2100
OECD (2015)	1.5°C	-2%	2100
	4.5°C	-10%	
Nordhaus (2017)	6°C	-8.5%	2100
Hsiang et al. (2017)	1.5°C	0.1 a -1.7%	2100
	4°C	-1.5 a -5.6%	2100
	8°C	-6.4 a -15.7%	2100

2.2.3. Distribución de los impactos

2.2.3.1. Impactos geográficos

En términos de distribución geográfica, los enfoques estándar para valorar los daños climáticos describen los impactos medios en grandes regiones (por ejemplo, América del Norte) o en todo el mundo. Sin embargo, el examen de los impactos a nivel local (por ejemplo, a nivel de país) revela importantes impactos redistributivos del cambio climático en algunos sectores que no son captados por los promedios regionales o mundiales. Por ejemplo, Hsiang et al. (2017) muestran que el calentamiento causa una transferencia neta de valor desde las regiones del centro sur y del Atlántico medio hacia las regiones del norte de los Estados Unidos.

Un aspecto importante del riesgo físico para el PIB es la posibilidad de que los efectos no sean lineales. En muchos estudios empíricos, la productividad en las economías desarrolladas no parece responder a la temperatura, mientras que en los países en desarrollo tiende a responder linealmente. Esto plantea la pregunta de si los modelos están captando plenamente los impactos de la temperatura, ya que los elementos productivos como los trabajadores y los cultivos exhiben respuestas altamente no lineales a la temperatura local, incluso en las economías desarrolladas. Por ejemplo, Burke et al. (2015) muestran que la productividad económica general no es lineal en temperatura para todos los países, con un pico de productividad a una temperatura media anual de 13°C y una fuerte disminución a temperaturas más altas.

En el Cuadro 1 que se muestra a continuación se examina un estudio de caso sobre los posibles efectos del cambio climático en Malasia.

CUADRO 1

El complejo *trade-off* en las economías emergentes: el caso de Malasia

Malasia ha experimentado irregularidades en el calentamiento y las precipitaciones, particularmente en las últimas dos décadas, caracterizadas por un aumento de las temperaturas medias (bajo la influencia de El Niño), una mayor ocurrencia de eventos climáticos extremos y variabilidad de las precipitaciones, y un aumento del nivel medio del mar (Tang, 2019).

El impacto de estos fenómenos es muy amplio, en particular en la agricultura, la silvicultura, la biodiversidad, los recursos hídricos, los recursos costeros y marinos, la salud pública y la energía. Las pautas meteorológicas han provocado, en particular, interrupciones en el suministro que han provocado una contracción del crecimiento de los sectores de productos básicos (aceite de palma y caucho) de hasta un 5% en varios períodos en el pasado reciente. La producción de alimentos frescos también se ha visto afectada, lo que a su vez ha afectado los precios de los alimentos y los medios de subsistencia de muchas comunidades que dependen de su producción como fuente de ingresos. Un estudio estimó que un pescador en la costa este de Malasia Peninsular ganaba hasta un 32% menos debido a patrones climáticos inestables (Yaacob y Chau, 2005).

El cambio climático también ha provocado el deterioro de la calidad del aire debido a los incendios forestales y al aumento en la frecuencia de grandes inundaciones en Malasia, lo que ha provocado daños a la propiedad tanto de los hogares como de las empresas, interrupciones de las actividades comerciales, desplazamientos y un aumento de los casos de enfermedades conexas, como el dengue. De acuerdo a la información obtenida en la Base de Datos de Eventos de Emergencia (EM-DAT por sus siglas en inglés) durante un período de 20 años a partir de 1998, Malasia registró un total de 51 eventos de desastres naturales. Estos eventos han afectado a más de 3 millones de personas, causando 281 muertes y con un costo de RM8 mil millones (aproximadamente 2 mil millones de dólares) (Zurairi, 2018). Esto tiene claras implicaciones tanto por el lado de la oferta como por el de la demanda en la economía, las correspondientes valuaciones de los activos financieros y el gasto fiscal necesario para hacer frente a las graves consecuencias económicas y sanitarias.

Las economías emergentes se enfrentan al dilema de un impacto desproporcionado de los riesgos relacionados con el clima en la economía y, sin embargo, los costos de la transición son sustancialmente más elevados, necesarios para mitigar esos riesgos debido a la escasez de recursos y a la existencia de prioridades socioeconómicas que compiten entre sí, como la reducción de la pobreza y la desigualdad de los ingresos.

Muchas economías emergentes, incluida Malasia, también dependen de los combustibles fósiles y de los recursos naturales sensibles al clima. Los sectores agrícola y minero de Malasia representan el 16% de su PIB. Esto suscita preocupación en cuanto al bienestar de los segmentos de hogares dependientes, dada su baja resiliencia a las pérdidas derivadas del cambio climático.

Dada la estructura económica general y las prioridades de desarrollo, los efectos físicos y de transición del cambio climático afectarían desproporcionadamente a los ingresos de los hogares. Esto se vería exacerbado por el nivel de deuda y las reservas financieras que

mantienen los segmentos de hogares vulnerables. Dado el amplio mandato de inclusión financiera del Bank Negara Malaysia (BNM), es necesario tomar en cuenta el impacto del cambio climático en los diferentes segmentos de la comunidad y adaptar los planes de acción subsiguientes en función de sus necesidades financieras específicas. Las economías emergentes también están expuestas a factores externos asociados con las estrategias de transición de las economías desarrolladas que podrían limitar las perspectivas de administración de los riesgos de la transición (como las consecuencias de la resolución de la Unión Europea en relación a la industria del aceite de palma). Esto podría exponer a las economías afectadas a nuevos riesgos financieros.

2.3 Impactos macroeconómicos de los riesgos de transición

2.3.1. Canales de transmisión

Los riesgos de transición abarcan todos los riesgos económicos y financieros que resultan de la transformación de los actuales modelos de producción y consumo para reducir las emisiones y mitigar el cambio climático.⁴ Conceptualmente, esta transición puede incurrir en costos, ya que implica invertir en investigación y desarrollo, en nuevas instalaciones y procesos, en la depreciación de las instalaciones de producción existentes y de otros activos y en cambios en los precios relativos de insumos clave como la energía.

CUADRO 2

El crecimiento verde y la hipótesis de Porter

En su discurso sobre la tragedia del horizonte, el Gobernador del Banco de Inglaterra destacó las oportunidades potenciales de la descarbonización de la economía, señalando que la transición implica una amplia reasignación de recursos y una revolución tecnológica (Carney, 2015). Algunos investigadores predicen una "carrera verde", en la que los países intentarán mejorar su posición competitiva mediante la aplicación de políticas medioambientales (Fankhauser et al., 2013). Según la llamada "Hipótesis de Porter" (Porter y van de Linde, 1995), la regulación medioambiental puede tener un impacto positivo en la innovación y la competitividad que, a largo plazo, puede superar los costos de cumplimiento. Posteriormente, la literatura ha distinguido entre una Hipótesis de Porter "débil", afirmando que los sectores individuales reciben un impulso de productividad de la política climática a través de la innovación⁵, y una Hipótesis de Porter "fuerte", afirmando que las políticas climáticas conducen a aumentos de productividad en toda la economía.⁶ Sin embargo, el debate en torno a esto aún no está resuelto (Albrizio et al., 2014).

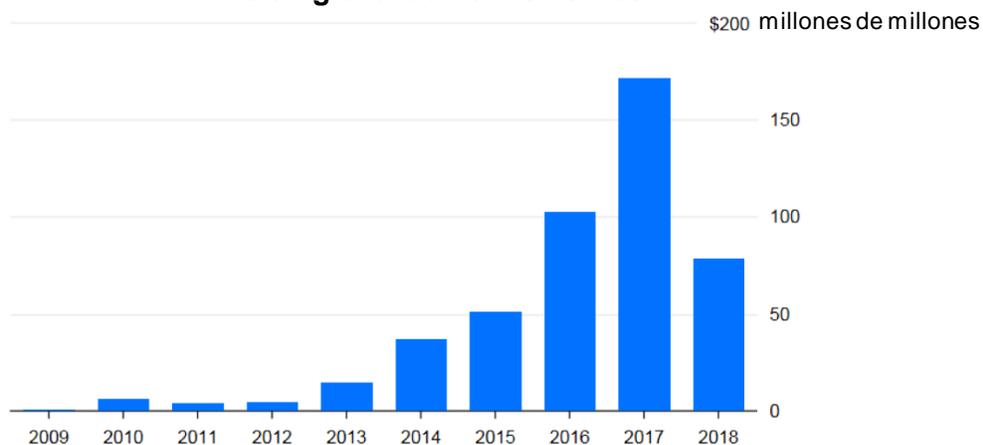
⁴ El efecto económico total a diferentes niveles de temperatura incluiría los costos de mitigación, los beneficios colaterales de la mitigación, los efectos secundarios adversos de la mitigación, los costos de adaptación y los daños climáticos.

⁵ Caley y Dechezleprêtre (2012) sostienen que los efectos económicos positivos tienden a ocurrir sólo en sectores o empresas determinados, si es que ocurren.

⁶ Wei et al. (2017) encuentran que un rango de 22 políticas climáticas podrían incrementar el crecimiento y el empleo en el estado mexicano de Baja California. Landa et al. (2015) concluyen que la redistribución de los ingresos procedentes de un posible impuesto sobre el carbono puede tener un efecto positivo en el PIB en un modelo de equilibrio general. La ESRB (2016) considera que una transición temprana y ordinaria podría estimular la innovación, la creación de empleo y la reducción de los costos de producción.

Indiscutiblemente, la transición a una economía neutra en emisiones de carbono requerirá un aumento significativo de inversión sostenible que ofrezca oportunidades sin precedentes para las empresas innovadoras y para sus financiadores. La OCDE estima que se necesitarán 6.3 billones de dólares de inversión cada año hasta 2030 en infraestructura de energía, transporte, agua y telecomunicaciones para sostener el crecimiento. Un gasto adicional de 600,000 millones de dólares al año probablemente haría que esas inversiones fueran compatibles con el objetivo de los 2°C (OCDE, 2017). Se estima que el gasto actual en infraestructura es de entre 3.4 y 4.4 billones de dólares, lo que deja una brecha significativa hacia futuras inversiones compatibles con el clima. Sólo la UE tendría que aumentar sus inversiones anuales en 180,000 millones de euros de aquí a 2030 para alcanzar sus objetivos en materia de clima y energía (Comisión Europea, 2018). Siempre y cuando se busquen escenarios atenuantes, el IPCC proyectó para el período hasta 2029 un aumento anual de unos 147,000 millones de dólares en inversiones en suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono y de unos 336,000 millones de dólares en inversiones en eficiencia energética en el transporte, la industria y los edificios (IPCC, 2014). El objetivo de detener el calentamiento global a 1.5°C requeriría inversiones adicionales relacionadas con la energía que ascienden a unos 830,000 millones de dólares anuales en comparación con las políticas climáticas actuales (IPCC, 2018). Mientras que la demanda global de energía impulsada por el crecimiento de la población y el aumento de los ingresos puede aumentar en un cuarto hasta 2040 en el "Escenario de Nuevas Políticas"⁷, la demanda de energía eléctrica puede aumentar en un 60% en el mismo escenario o hasta un 90% en un escenario donde la electrificación se acelera aún más (Agencia Internacional de la Energía, 2018).

Emisión global de bonos verdes



Fuente: Bloomberg NEF

Nota: los datos de 2018 son hasta el 29 de junio.

En consecuencia, las finanzas verdes han crecido a un ritmo exponencial durante la última década. Las emisiones anuales de bonos verdes han aumentado de menos de 1,000 millones de dólares a más de 170,000 millones de dólares en 2017 y los países asiáticos tratan de promover este crecimiento mediante incentivos tales como los subsidios para sufragar los costos de emisión de los bonos verdes (Bullard y Shurey, 2018). Por el contrario, la Comisión Europea presentó en marzo de 2018 un plan de acción de financiación sostenible de gran alcance, seguido de propuestas legislativas que incluyen,

⁷ Un escenario que incluye políticas y objetivos actuales y previstos.

entre otras cosas, una taxonomía verde y requisitos de divulgación (Comisión Europea, 2018). En Estados Unidos, a mediados de 2008 se habían vendido bonos municipales verdes por valor de unos 30,000 millones de dólares (Bullard y Shurey, 2018). El universo total de bonos en circulación alineados con el clima asciende a 1.45 billones de dólares.⁸

Sin embargo, estos costos y las rutas precisas de transición variarán de un país a otro dependiendo de la reserva de capital existente y pueden ser más o menos probables debido a las diferentes condiciones políticas, tecnológicas y socioeconómicas. Además, los costos y el camino para la transición pueden cambiar con el tiempo dependiendo de las decisiones que se tomen en el futuro (por ejemplo, la inversión en infraestructura, una decisión repentina de los responsables políticos de recortar las subvenciones a las energías renovables o un cambio repentino de los consumidores hacia opciones más amigables con el medioambiente).

Recuadro 3 Rango de estimaciones de los efectos de la transición en la macroeconomía

Estudios	Escenario	Impacto en el PIB	Horizonte temporal
IPCC (2014)	Limitar el calentamiento a 2°C (resumen de 31 modelos y 1,184 escenarios)	1-4% de los niveles de consumo agregado mundial	2030
Finansinspektionen (2016)	Limitar el calentamiento a 2-3°C.	Hasta el 3% ⁹	
Ministerio de Finanzas de Alemania (2016)	Limitar el calentamiento a 1.5-2°C	2-5% del PIB	
Landa et. al. (2015)	Reducciones de las emisiones del 40% en 2030 y del 50% en 2050 a través de los impuestos sobre las emisiones de carbono	Más del -4% del PIB; pero un impacto positivo en el PIB de alrededor del 4% si se redistribuye el impuesto sobre el carbono.	2050
OECD (2017)	Limitar el calentamiento a 2°C	Impacto positivo en el PIB del 2.8%.	2050
TOL (2009)		+2.5 y -4.8% del PIB	
Acemoglu et al. (2012)	Retraso en la reacción política	Reducción del consumo de un 6% a un 16%.	
Nordhaus (2017)	La producción se reduce por los daños y los costos de mitigación.	Para el año 2100, los daños serán de alrededor del 4% de la producción mundial.	
CISL (2015)	Limitar el calentamiento a 2°C	3.2% mayor valor presente neto del producto acumulado en comparación con el valor de referencia	2050
Wei et. al. (2017)	22 políticas diferentes de mitigación de GEI	Incremento del Producto Bruto del Estado (PBS) de 9.85 mil millones de pesos	2030

Además, estas estimaciones de costos no son aceptadas universalmente y algunos sostienen que podría haber un efecto positivo de "crecimiento verde", lo que significa que las políticas climáticas ambiciosas asociadas con las reformas estructurales podrían aumentar la inversión y beneficiar realmente a la economía mundial a corto y mediano plazo (OCDE, 2017). La inversión en investigación y eficiencia energética podría tener un impacto

⁸ Climate Bonds Initiative (2018); se incluyen también los emisores prorrateados, en los que entre el 75% y el 95% de los ingresos se derivan de activos alineados con el clima y líneas de negocio verdes, así como de agencias municipales estadounidenses totalmente alineadas.

⁹ Estimación basada en una revisión y compilación de diferentes estudios.

positivo en la innovación y los efectos indirectos del conocimiento, al tiempo que se crean oportunidades para el crecimiento económico, la creación de empleo y la innovación financiera (véase el Recuadro 2).

2.3.2. Rango de estimaciones

Varios estudios han cuantificado el impacto de los riesgos de la transición en el PIB, la productividad, el trabajo y la inversión. Algunas de las estimaciones figuran en el Recuadro 3. Los estudios sugieren que los costos económicos de cumplir con los requisitos para dar una oportunidad probable de limitar el calentamiento global a 2°C estarían entre el 1-4% de los niveles de consumo agregado global en 2030.¹⁰

El impacto de la transición en el PIB depende en gran medida de los supuestos en los que se basa el análisis, pero los modelos coinciden en que la rapidez y el calendario de la transición son cruciales para los costos macroeconómicos: si es ordenada y se inicia antes de lo previsto, los costos pueden reducirse al mínimo, ya que permite una transición ordenada de la reserva de capital y de la infraestructura existentes. Varios estudios han considerado el impacto del retraso en la acción política sobre el costo de la transición (Acemoglu et al., 2012; Furman et al., 2015); de acuerdo con Furman, un retraso de una década en el tratamiento del cambio climático resultaría en un aumento del 40% en valor presente neto del costo de hacerlo.

2.3.3. Distribución de los impactos

2.3.3.1. Impactos sectoriales

La transición a una economía neutra en emisiones de carbono podría tener diferentes efectos en los distintos sectores, dependiendo de cómo se implemente la política climática y de la intensidad de sus emisiones. Muchos estudios se centran en la transición energética o, más concretamente, en los activos varados (por ejemplo, IRENA, 2017) por estar especialmente expuestos al riesgo de transición. Una serie de escenarios de transición que se han desarrollado exploran los tipos de transformaciones económicas que se requerirían para cumplir con determinadas ambiciones políticas, como las establecidas en el Acuerdo de París. Véanse, por ejemplo, las desarrolladas por la AIE y la IRENA y las vías de representación S1, S2, S5 y LED en el Informe Especial del IPCC: Calentamiento global de 1.5°C (2018).

Esta vía de transición para los diferentes sectores dependerá de una serie de factores, pero principalmente de cómo evolucionan las políticas y la tecnología (IPCC, 2014). La AIE e IRENA (2017) consideran que las emisiones de carbono relacionadas con la energía deberían alcanzar su punto máximo antes de 2020 y disminuir en más de un 70% con respecto a los niveles actuales para 2050. Para el año 2050, casi el 95% de la generación de electricidad será baja en carbono, el 70% de los automóviles nuevos serán eléctricos, todo el parque de edificios será reacondicionado y la intensidad de carbono del sector industrial será un 80% inferior a la actual. Esto requeriría cambios significativos en las políticas, incluida la rápida eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles, el

¹⁰ Esto se define como una probabilidad del 66% de limitar el calentamiento a menos de 2 grados. En particular, este umbral está significativamente por debajo del nivel establecido por los requisitos de capital de solvencia (99,5%), lo que podría considerarse que implica una mayor tolerancia al riesgo en los resultados climáticos de lo que se acepta en virtud de la regulación financiera.

aumento de los precios del carbono a niveles sin precedentes, amplias reformas del mercado de la energía, mandatos estrictos en términos de neutralidad de carbono y eficiencia energética y cooperación tecnológica mundial.

La cuantificación del riesgo depende no sólo de la intensidad de las emisiones, sino también de la capacidad de adaptación de las empresas. Por ejemplo, las empresas de servicios públicos suelen ser intensivas en emisiones, pero pueden tener más opciones para cambiar a diferentes formas de producción de electricidad dentro de sus modelos de negocio existentes.

Otros sectores "difíciles de descarbonizar" como el acero, el cemento, la agricultura y la aviación pueden plantear mayores desafíos. Los bienes raíces también son un sector intensivo en emisiones, con escenarios de transición que a menudo asumen esfuerzos a gran escala para modernizar los bienes raíces residenciales y comerciales.

Recuadro 4 Impactos sectoriales en diferentes escenarios de 1.5°C

Trayectorias		Número de escenarios	Energía		Inmuebles	Transporte		Industria
			Participación de las renovables en la energía primaria [%]	Participación de las renovables en la electricidad [%]	Cambio en la demanda de energía de los inmuebles (base 2010) [%]	Participación de los combustibles bajos en emisiones de carbono (electricidad, hidrógeno y biocombustible) en el transporte [%]	Participación de la electricidad en el transporte [%]	Reducción de emisiones de la industria (base 2010) [%]
Trayectorias de los IAMs 2030	1.5C-sin o con bajo-sobregiro	50	29 (37; 26)	54 (65; 47)	0 (7; -7) [42]	12 (18; 9) [29]	5 (7; 3) [49]	42 (55; 34) [42]
	1.5C-alto-sobregiro	35	24 (27; 20)	43 (54; 37)	-17 (-12; -20) [29]	7 (8; 6) [23]	3 (5; 3)	18 (28; -13) [29]
	SI		29	58	-8		4	49
	S2		29	48	-14	5	4	19
	S5		14	25		3	1	
LED		37	60	30		21	42	
Otros estudios 2030	Löffler et al. (2017)		46	79				
	IEA (2017c) (ETP)		31	47	2	14	5	22
	IEA (2017g) (WEM)		27	50	-6	17	6	15
Trayectorias de los IAMs 2050	1.5C-sin o con bajo-sobregiro	50	60 (67; 52)	77 (86; 69)	-17 (3;-36) [42]	55 (66; 35) [29]	23 (29; 17) [49]	79 (91; 67) [42]
	1.5C-alto-sobregiro	35	62 (68; 47)	82 (88; 64)	-37 (-13; -51) [29]	38 (44; 27) [23]	18 (23; 14)	68 (81; 54) [29]
	SI		58	81	-21		34	74
	S2		53	63	-25	26	23	73
	S5		67	70		53	10	
LED		73	77	45		59	91	
Otros estudios 2050	Löffler et al. (2017)		100	100				
	IEA (2017c) (ETP)		58	74	5	55	30	57
	IEA (2017g) (WEM)		47	69	-5	58	32	55

Fuente: IPCC (2018).

2.3.3.2. Impactos geográficos

Los riesgos de transición también pueden afectar a algunas regiones y países relativamente más que a otros. Las economías que dependen en gran medida de los combustibles fósiles para la exportación, por ejemplo, podrían estar relativamente más expuestas al riesgo de transición (Vermeulen et al., 2018). En el Cuadro 3 se examinan los posibles efectos en la economía australiana.

El reciente debate sobre las "transiciones justas" (Heffron y McCauley, 2018) también ha sugerido que los cambios tecnológicos y políticos podrían afectar a los mercados de trabajo. Aunque el número absoluto de trabajadores puede no ser grande, sí pueden ejercer una influencia política considerable en algunos casos.

CUADRO 3

El cambio climático y la economía australiana

Los patrones climáticos extremos como las sequías y las inundaciones han tenido un gran efecto en la economía australiana durante muchos años. El modelo de la economía australiana utilizado en el Banco de la Reserva de Australia en la década de los 90 tenía el Índice de Oscilación del Sur como uno de los principales factores determinantes del PIB australiano. En la actualidad, si bien la agricultura representa una parte mucho menor de la economía australiana de lo que solía ser, el efecto del clima en ese sector sigue siendo evidente en el PIB agregado.

Dado lo que se sabe sobre el cambio climático, es importante considerar el impacto de las tendencias meteorológicas, no los ciclos. También es importante volver a evaluar la frecuencia, la gravedad y la longevidad de los fenómenos climáticos, y pensar en la forma en que la economía se adapta tanto al cambio de tendencia del clima como a la transición necesaria para contener el cambio climático. Es probable que tanto el impacto físico del cambio climático como el de transición tengan efectos económicos de primer orden.

El Subgobernador del Banco de la Reserva de Australia, Guy Debelle, consideró recientemente dos ejemplos de cómo el cambio climático está afectando la economía australiana y los objetivos de la política monetaria (Debelle, 2019). Estos ejemplos demuestran de manera importante cómo el cambio climático y la transición a una economía con bajas emisiones de carbono tienen impactos que varían tanto en los diferentes horizontes temporales como en los diferentes sectores de la economía.

Inversión en fuentes de energía renovables

En los últimos años, el gasto en inversiones en energía renovable en Australia ha aumentado considerablemente. Este gasto ha sido lo suficientemente grande como para tener un impacto considerable a nivel macroeconómico y afectar a la producción agregada y, por lo tanto, al cálculo de la política monetaria. Es un buen ejemplo de cómo las señales de precios han provocado un cambio de conducta significativo. Se ha producido una rápida disminución del costo de las fuentes de energía renovables, en parte debido al gran gasto en investigación y desarrollo de tecnologías de energía renovable en todo el mundo, que se debe tanto a las políticas gubernamentales como a los agentes privados que anticipan la transición a una economía con bajas emisiones de carbono.

Como resultado de la disminución en los precios, el análisis costo-beneficio de la inversión ha cambiado y sigue cambiando con bastante rapidez.

Los cambios de conducta en respuesta a estos cambios en precios se están produciendo ahora dentro del horizonte temporal pertinente para la política monetaria, de alrededor de dos años hacia el futuro. Por lo tanto, es importante comprender mejor qué es lo que está impulsando esos cambios y qué es lo que se espera que afecte a los cambios futuros. Los datos disponibles sobre las intenciones de inversión de capital muestran que en los próximos dos años se prevé una mayor inversión en energías renovables, lo que influye notablemente en el perfil agregado de inversión de las empresas.

El Banco de la Reserva de Australia está prestando especial atención a la evolución de estos precios y de la inversión en los próximos años, dada la importancia del costo de la electricidad en la inflación, tanto de forma directa para los hogares como indirecta, como un insumo importante para las empresas.

El entorno normativo de los principales socios comerciales

Las preocupaciones ambientales han sido elevadas en el actual plan quinquenal chino. Ha habido una directiva política para moverse hacia fuentes de energía más limpias. Esta tendencia ha beneficiado a Australia a corto plazo, ya que el carbón australiano tiende a ser de mayor calidad. Un objetivo de la política china desde hace mucho tiempo ha sido reducir gradualmente el uso general del carbón. Esto ilustra que el marco temporal, los incentivos de política y el camino de transición son influencias importantes en el efecto real sobre la economía australiana. A medida que China se aleja del carbón, se espera que el gas natural represente una mayor proporción de su combinación energética, y Australia está bien situada para ayudar a satisfacer este aumento de la demanda. En términos más generales, Australia también se está beneficiando del aumento de la demanda de insumos de baterías (especialmente de litio) y otros metales que se utilizan intensivamente en la generación de energía renovable.

3. Estabilidad financiera y cambio climático

3.1 Modelando enfoques

La gama de herramientas de modelación de los riesgos para la estabilidad financiera es menos convencional que la de los enfoques macroeconómicos. En términos generales, la literatura académica e institucional utiliza (i) análisis de balances; (ii) enfoques basados en escenarios y (iii) estudios de caso (principalmente en el espacio del riesgo físico). La mayoría de ellos no toman en cuenta los efectos de segunda vuelta y otros de retroalimentación.

Los modelos del sector energético y los IAMs también se utilizan para evaluar el impacto de los riesgos relacionados con el clima en el sistema financiero. Los enfoques de modelación difieren mucho entre los riesgos físicos y los de transición. Los estudios de riesgos físicos son en forma de estudios de casos (por ejemplo, en el sector de los seguros) o se basan en supuestos ad hoc extraídos de la literatura sobre el impacto climático.

3.2 Impactos en la estabilidad financiera de los riesgos físicos

3.2.1. Canales de transmisión

Las consecuencias del cambio climático, es decir, eventos catastróficos aislados combinados con una alteración a largo plazo y, en su mayor parte, el deterioro de las condiciones climáticas, pueden afectar a las instituciones financieras de muchas maneras. Las principales categorías de canales de transmisión incluyen:¹¹

- **riesgo de negocios**, incluido el riesgo operativo de interrupción de las actividades del sector financiero (por ejemplo, inundación de servidores o daños a edificios de oficinas y/o garantías) y riesgo de reputación de invertir en activos cafés, lo que podría tener consecuencias para los bancos, los gestores de activos, así como para otras instituciones financieras y prestamistas no bancarios.
- **riesgo de crédito**, incluido el riesgo de contraparte. La alteración de los ingresos y gastos proyectados como consecuencia del cambio climático puede afectar la capacidad de pago de la deuda y el valor de las garantías de los prestatarios (Stenek et al., 2011), incluidos los soberanos (Kraemer y Negrila, 2014).
- **riesgo de suscripción** para las empresas de seguros y de reaseguros. Las responsabilidades en materia de seguros, en particular en los seguros de propiedad y de interrupción de actividad, aumentarán significativamente a medida que se produzcan fenómenos meteorológicos más frecuentes y graves.¹² Esto podría suponer un riesgo para las aseguradoras si los pasivos por seguros no tienen un precio adecuado. Si los aseguradores aumentan las primas o restringen la cobertura como respuesta, esto podría transferir más riesgos a los hogares, las empresas y sus prestamistas.
- **riesgo de mercado** para las instituciones financieras y los inversionistas. Los impactos físicos y de transición del cambio climático podrían afectar la valoración de una inversión y, por lo tanto, son relevantes para proyectar el rendimiento de la renta variable y planificar

¹¹ Estas categorías se basan en el trabajo del Grupo de Estudio sobre Finanzas Verdes. Sin embargo, hemos dejado el "riesgo de suscripción" como una categoría aparte porque lo consideramos un tipo de riesgo fundamentalmente diferente, que se modela de forma distinta y que afecta a diferentes partes del balance.

¹² DNB (2017, p.19), JERS (2016), p. 7; Finansinspektionen (marzo de 2016), p. 4.

estrategias de salida para las inversiones de renta variable (Stenek et al., 2011) El uso de derivados y bonos de catástrofe para cubrir los riesgos climáticos es otro vínculo potencial entre los riesgos físicos y la industria financiera.

- el **riesgo legal**, incluido el riesgo de responsabilidad civil, que surge cuando las partes son consideradas responsables de las pérdidas relacionadas con los daños ambientales causados por sus actividades.

Los mecanismos de retroalimentación caracterizan el patrón a través del cual los riesgos relacionados con el clima llegan al sistema financiero y regresan a la macroeconomía. En algunas ocasiones, éstos se modelan a través de una función de daño determinada exógenamente que afecta el crecimiento macroeconómico y luego alimenta el sistema financiero que afecta el racionamiento del crédito, lo que a su vez refleja la actividad macroeconómica y las decisiones de inversión (Dafermos et al., 2017). Por ejemplo, los daños a los activos que sirven de garantía podrían crear pérdidas que incitarían a los bancos a restringir sus préstamos en determinadas regiones; esto podría ejercer una presión a la baja sobre el valor de los bienes inmuebles, exacerbando aún más el impacto financiero de los fenómenos físicos (Scott et al., 2017).

El impacto potencial es más amplio que el de los instrumentos de capital y de deuda. El valor de los activos financieros relacionados con los precios de mercado de los productos básicos y de varios servicios sensibles al clima, así como de los sectores agrícola, forestal y energético, podría verse sustancialmente afectado por el aumento de las temperaturas (Finansinspektionen, 2016). La sobreespecialización del sistema financiero, en particular con respecto al vulnerable sector agrícola, podría hacerlo susceptible a los choques climáticos en algunas áreas (Hornbeck, 2009). Los derivados meteorológicos, diseñados para hacer frente a la escasez de recursos sensibles al cambio climático (por ejemplo, el agua) también pueden implicar un desplazamiento del riesgo de la economía real al sistema financiero.¹³

La amplitud y la escala de los impactos en las múltiples clases de activos aumentan el potencial de que las pérdidas de las distintas instituciones financieras conduzcan a una mayor recesión del mercado. Esto puede conducir a un mayor contagio financiero, dados los efectos de segundo orden sobre otros activos financieros que sólo están expuestos de forma indirecta. Estos mecanismos de retroalimentación se consideran, en algunos documentos, el factor decisivo para la creación de grandes choques sistémicos (Ministerio de Finanzas de Alemania, 2016).

Un sistema financiero estable con mercados líquidos puede proporcionar más fácilmente los recursos financieros necesarios para mitigar el cambio climático (Finansinspektionen, 2016) y para rectificar los daños ocasionados por los fenómenos meteorológicos extremos. Algunos indicadores de desarrollo, entre ellos la profundidad de los mercados financieros, están asociados a una menor pérdida de PIB a causa de un determinado desastre relacionado con el clima (Noy, 2009). Algunos incluso sugieren que los bancos más grandes, que se ramifican a través de las regiones, están mejor preparados para compensar

¹³ El desarrollo de nuevos instrumentos financieros también podría ayudar en la cobertura del riesgo si estos están bien diseñados y si se comprenden bien los riesgos, por ejemplo, los bonos catastróficos. Sin embargo, es importante tomar en cuenta algunas de las preocupaciones relacionadas con la innovación financiera y los derivados de crédito, es decir, asegurarse de que el mercado sea transparente y de que los inversionistas comprendan los riesgos asociados con el instrumento.

las pérdidas regionales temporales por desastres naturales con los ingresos de otras regiones (Landon-Lane et al., 2009).

3.2.2. Rango de estimaciones

El sector de los seguros es el más experimentado en la evaluación de pérdidas potenciales por fenómenos meteorológicos extremos, aunque estos estudios se centran en sectores y geografías específicos, más que en todo el sistema. Maynard et al (2014), por ejemplo, encuentran que los aproximadamente 20 centímetros de elevación del nivel del mar en la Batería desde la década de 1950, con todos los demás factores permaneciendo constantes, incrementaron las pérdidas por sobretensiones en el suelo del huracán Sandy en un 30% sólo en Nueva York.

Impacto agregado en los activos. Hay una nueva literatura sobre los impactos financieros sistémicos de los efectos físicos del cambio climático. CISL (2015), por ejemplo, encuentra que, para una cartera con un 40% de acciones, podrían producirse pérdidas del 25% si no se toman medidas para prevenir el cambio climático, utilizando escenarios del IPCC y relaciones de alto nivel con los daños físicos. Según The Economist Intelligence Unit (2015), el valor descontado en riesgo (en el sentido de una pérdida permanente y no sólo de la volatilidad del mercado) para los inversionistas privados a través de los impactos no mitigados del cambio climático se estima en 4.2 billones de dólares. Esto equivale al 3% del activo circulante. Sin embargo, la modelación climática se basa en distribuciones de probabilidad. En un escenario con curtosis extrema de 6°C de calentamiento global, las pérdidas de valor presente de los activos bajo gestión ascenderían a 13.8 billones de dólares (equivalente al 10% de los activos corrientes). El sector público podría sufrir daños por un valor presente de 13.9 billones de dólares en promedio y hasta 43 billones de dólares en un escenario de 6°C (Economist Intelligence Unit, 2015). Se estima que el capital social que sustenta muchos de los activos financieros administrados disminuirá debido al cambio climático en un 9% para el año 2100 en promedio y hasta un 28% en el escenario extremo del calentamiento global de 6°C (Economist Intelligence Unit, 2015).

Scott et al. (2017) afirman que, según algunas estimaciones, las pérdidas anuales provocadas por los desastres naturales podrían ascender a 1 billón de dólares sobre una base de 1 en 100 años. Un verano tan caluroso como el de 2003 provocó pérdidas de 300 millones de dólares para el productor francés de electricidad EDF debido al cierre de 14 centrales nucleares y pérdidas de aproximadamente 15,000 millones de dólares para la agricultura europea. Este verano solía ser un evento de 1 en 10,000 años, pero ocurrirá cada dos años en 2040 y será más frío que el verano promedio en 2060 (Stenek et al., 2011).

3.2.3. Distribución de los impactos

3.2.3.1. Impactos sectoriales

El sector de los seguros y reaseguros se enfrentará a un número creciente de reclamaciones por daños y perjuicios (DNB, 2017; Finansinspektionen, 2016), al tiempo que se expone a riesgos físicos (y de transición) que amenazan su lado de los activos (Carney, 2015). El número de pérdidas registradas relacionadas con el clima ya se ha triplicado desde la década de 1980, con pérdidas de seguros ajustadas a la inflación que han aumentado de aproximadamente 10,000 millones de dólares a alrededor de 45,000 a 50,000 millones de dólares en promedio por año durante la última década (Carney, 2015;

Scott et al., 2017). Las pérdidas totales son aproximadamente cuatro veces mayores que las pérdidas aseguradas (Scott et al., 2017). ESRB considera que las pérdidas por desastres naturales se han cuadruplicado en los últimos treinta años (ESRB, 2016). Si bien el desarrollo sigue estando impulsado en gran medida por el aumento del valor de los bienes asegurados, la importancia de los daños relacionados con el clima va en aumento (Finansinspektionen, 2016; Scott et al., 2017). De hecho, las pérdidas aseguradas en 2017 ascendieron a un máximo histórico de 135,000 millones de dólares (con pérdidas totales de 330,000 millones de dólares), ocasionadas en gran medida por fenómenos meteorológicos extremos como huracanes e incendios forestales en los EE.UU., las heladas tardías en Europa y los fuertes monzones en Asia (MunichRe, 2018).

Las pérdidas no aseguradas relacionadas con el clima también pueden afectar el valor de los activos financieros de las instituciones financieras además de las aseguradoras, como los bancos y los fondos de pensiones. Los canales potenciales incluyen daños a bienes raíces (incluyendo carteras de hipotecas), pérdidas a compañías y pérdidas a gobiernos (quienes, como parte de la ayuda en caso de desastre, pueden tener que aumentar el gasto, afectando potencialmente su calificación crediticia). Las pérdidas de las empresas pueden deberse, entre otras cosas, a los efectos en las instalaciones, las cadenas de suministro y los mercados (EBRD y Global Centre of Excellence on Climate Adaptation, 2018). Los modelos encargados por DNB sobre los escenarios de inundaciones severas en los Países Bajos muestran que las inundaciones con períodos de retorno del orden de 1 en 200 a 1 en 1000 años pueden dar lugar a pérdidas económicas por valor de entre 21,000 y 58,000 millones de euros. Se estima que estos escenarios conducirán a pérdidas crediticias adicionales en el área afectada para las instituciones financieras de al menos 1,000-2,000 millones de euros (DNB, 2017). Pueden producirse efectos de segundo orden debido al deterioro de las condiciones macroeconómicas, así como al aumento de las primas de riesgo por pérdidas relacionadas con el clima en el futuro.

En el anexo 3 figuran otros ejemplos.

3.2.3.2. Impactos geográficos

Asia es sumamente vulnerable a los efectos físicos del cambio climático. Si no se toman medidas de mitigación, se espera que la temperatura en algunas partes de Asia aumente en 6°C para el año 2100, causando, entre otras cosas, inundaciones más frecuentes y extremas (Banco Asiático de Desarrollo, 2017). En China, tierra habitada por 145 millones de personas, está amenazada en última instancia por el aumento del nivel del mar en un escenario de 4°C (Strauss et al., 2015). También debido al aumento del nivel del mar en combinación con el oleaje de las tormentas, una serie de bienes de capital de alto valor y de gran vida útil en el sector del petróleo y el gas corren un alto riesgo de sufrir inundaciones en la región de Guangzhou (incluida la megaciudad de Shenzhen) (Lewis et al., 2017).

Las zonas costeras están especialmente expuestas al aumento del nivel del mar y a las inundaciones. Los bienes inmuebles por valor de entre 238,000 y 507,000 millones de dólares en los EE.UU. podrían estar bajo el agua para el año 2100 a medida que suba el nivel del mar (Economist Intelligence Unit, 2015). Al mismo tiempo, las economías en las que el PIB depende de los escasos recursos hídricos también son vulnerables. Kenia perdió el 16% de su PIB en 1998-2000 debido a las inundaciones y sequías, mientras que el racionamiento de la electricidad inducido por la sequía en Brasil causó pérdidas económicas de aproximadamente 20,000 millones de dólares en 2001 (Stenek et al., 2011).

No es de extrañar que el cambio climático plantee una creciente preocupación por el riesgo soberano, tanto por los efectos del calentamiento gradual como por las condiciones meteorológicas extremas. El calentamiento gradual podría tener un impacto en los países cuyas economías dependen en gran medida de la agricultura (Kraemer y Negrila, 2014), por ejemplo, y los desastres naturales podrían dar lugar a un aumento de la demanda de gasto público o a una reducción de los flujos de entrada. Por ejemplo, hay algunas pruebas de que los desastres naturales aumentan la probabilidad de incumplimiento de la deuda soberana (Klomp, 2017), y el nivel de capacidad de adaptación del país está estrechamente vinculado a su capacidad de recuperación efectiva (Laframboise y Loko, 2012).

3.3 Impactos en la estabilidad financiera de los riesgos de transición

La mitigación efectiva de los riesgos físicos del cambio climático requiere un cambio estructural a largo plazo de la economía, que probablemente afectará a todos los sectores, incluido el sector financiero. Es probable que tal transformación estructural produzca ganadores y perdedores entre los propietarios de bienes de capital, y puede afectar en particular a los propietarios de reservas de productos básicos (Finansinspektionen, 2016).

Al igual que en los modelos macroeconómicos, el momento de la transición es clave en lo que respecta a los aspectos de estabilidad financiera de la transición. Como se detalla en las secciones siguientes, la literatura sugiere que una transición "suave y temprana" minimiza los riesgos para la estabilidad financiera, mientras que una transición "tardía y repentina" aumenta considerablemente los riesgos para la estabilidad financiera.

3.3.1. Canales de transmisión

En la mayoría de los modelos de riesgo de transición se consideran cuatro categorías de riesgo financiero (GFSG, 2017): i) riesgo empresarial, incluidos el riesgo operativo y el riesgo de reputación de la inversión en activos cafés, ii) riesgo de crédito, incluido el riesgo de contraparte, iii) riesgo de mercado derivado de la fluctuación de los precios tanto de los activos verdes como de los activos cafés, y iv) riesgo legal, incluido el riesgo de responsabilidad civil, surgido de la exposición de las partes a pérdidas derivadas de los cambios en el medio ambiente. Además, los riesgos físicos y de transición pueden amplificarse mutuamente.

Recuadro 5 Los conceptos de capital varado y valor varado

	Concepto	Motores
Capital varado	Capital invertido en un proyecto, en riesgo por la transición	Impulsado por el costo del equipo, la mano de obra y otros insumos necesarios para el proyecto.
Valor varado	Valuación de mercado de una empresa o proyecto, en riesgo por la transición	Impulsado por los beneficios futuros esperados de los proyectos

Gran parte de la literatura sobre el impacto de los riesgos de transición en la estabilidad financiera considera la posibilidad de que los activos varados creen riesgos de crédito o de mercado. Los activos pueden quedar "varados" por los cambios en la demanda y, por lo tanto, en los ingresos, como resultado de la transición hacia una economía neutra en emisiones de carbono. Esto puede ocasionar una devaluación inesperada o la necesidad de que sus calificaciones crediticias disminuyan (IRENA, 2017; Carbon Tracker, 2013). Podemos diferenciar entre "capital varado" y "valor varado" (véase el cuadro 5). El "capital

varado" se refiere a las pérdidas de capital relacionadas con el riesgo de transición de los gastos de capital que se destinaron a un proyecto (por ejemplo, la cantidad invertida en la exploración de yacimientos petrolíferos). El "valor varado" representa las pérdidas por riesgo de transición de la valuación financiera de una empresa (o de un proyecto), es decir, el impacto a futuro sobre los flujos de efectivo descontados que habrían sido generados por la empresa o el proyecto.

Sin embargo, este no es un cuadro completo de los posibles efectos sobre la estabilidad financiera; por ejemplo, algunos estudios sugieren que la transición podría afectar especialmente a algunos países (véase la sección 3.3.3), lo que podría afectar a los riesgos de mercado y empresariales, pero también podría manifestarse en un menor crecimiento macroeconómico, el cual interactúa con otros problemas de estabilidad financiera (véase la sección 4.3). Como se señaló en la Sección 3.1.2, también puede haber efectos de segunda vuelta y mecanismos de retroalimentación a considerar, en los que se amplifican las exposiciones relativamente pequeñas o los impactos aparentemente pequeños.

3.3.2. Rango de estimaciones

3.3.2.1. Estimaciones basadas en modelos del sector energético: transición temprana y fluida

Investigando un escenario de transición temprana, y otras suposiciones en igualdad de condiciones, la IRENA (2017) encuentra que podría haber alrededor de 10 billones de dólares de valor varado. La AIE (2017), por otra parte, encuentra alrededor de 320,000 millones de dólares de capital varado en todo el mundo durante el período hasta 2050 en términos de centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles que tendrían que ser retiradas antes de recuperar su inversión de capital. En ambos estudios, la premisa de una transición temprana y sin problemas da como resultado una reducción significativa de los riesgos potenciales. Las diferencias entre las dos cifras globales son el resultado de una diferencia de metodología (véase el Recuadro 5).

Si se elevan las metas -como se indica en el Acuerdo de París- a un nivel muy inferior a 2°C, el número de activos varados podría aumentar significativamente, tanto en un escenario de transición suave y temprana como en un escenario de transición tardía y repentina.

3.3.2.2. Estimaciones basadas en modelos del sector energético: transición tardía y abrupta

Los números de los activos varados difieren enormemente. La AIE (2017) estima que los activos varados podrían ascender a unos 2.3 millones de dólares. La IRENA (2017), sin embargo, estima un potencial de activos varados de 18 billones de dólares. Ambas estimaciones asumen un escenario de transición tardía y abrupta. Las diferencias en las pérdidas estimadas provienen principalmente de dos fuentes.

En primer lugar, la AIE estima el capital varado, mientras que la IRENA estima el valor varado. Por ejemplo, en el sector "upstream" de petróleo y gas, la AIE considera las inversiones que las empresas de petróleo y gas han realizado en exploración, que pueden no ser recuperadas. La IRENA, por otra parte, considera el valor de mercado potencial de las reservas exploradas, que, como cabría esperar, es superior al costo de la exploración.

En segundo lugar, la IRENA (2017) encuentra más de 9 billones de dólares de valor varado en el sector de la construcción, mientras que la AIE asume que no hay activos varados en dicho sector.¹⁴ La evaluación de la IRENA sobre el sector de la construcción se basa en los modelos de 2°C, según los cuales es necesaria una adaptación significativa del parque de inmuebles existentes para reducir la huella de carbono de los mismos. Estas inversiones necesarias, a su vez, reducen el valor de los inmuebles en comparación con un escenario en el que no son necesarios. Sostienen que la baja tasa de rotación de las existencias de los edificios significa que no pueden evitarse los activos varados (es decir, los edificios con una envolvente y equipos ineficientes, entre otros), aun si todos los nuevos edificios son construidos con arreglo a las normas más estrictas de eficiencia energética y con sistemas integrados de energía renovable.

Un estudio realizado por Mercure et al. (2018) estima una cantidad de capital varado que es similar a las estimaciones de la AIE (2017). Utilizando un IAM de segunda generación, estiman que los posibles activos de combustibles fósiles varados equivalen a una pérdida de entre 1 y 4 billones de dólares en la riqueza mundial, dependiendo de si se implementan o no las políticas climáticas. También encuentran una variación global significativa entre los países en términos de impacto.

3.3.2.3. Análisis de exposición

Un conjunto separado de estudios considera explícitamente las exposiciones del sector financiero. Weyzig et al. (2014) estiman que las exposiciones a empresas que poseen reservas de combustibles fósiles y productos básicos de combustibles fósiles representan aproximadamente el 5% de los activos totales de los fondos de pensiones de la UE, el 4% de las compañías de seguros de la UE y el 1.4% de los bancos de la UE. Del mismo modo, DNB (2016) informa de que los productores de combustibles fósiles representan menos del 6% de los portafolios de los fondos de pensiones holandeses, alrededor del 1% de los portafolios de las aseguradoras holandesas y alrededor del 2% de los portafolios de los bancos holandeses. La PRA (2015) encuentra que las compañías intensivas en carbono equivalen a un tercio del mercado mundial de préstamos apalancados de 2.6 billones de dólares.

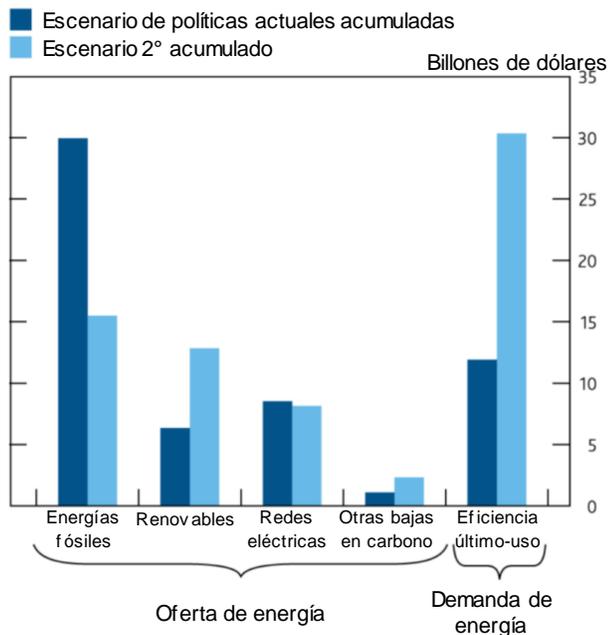
Cuando se adopta una visión más amplia de todos los sectores afectados, el número de exposiciones es mayor. Aunque las exposiciones directas a los productores de combustibles fósiles pueden ser limitadas y pueden no representar en sí mismas una amenaza sistémica para el sector financiero, las exposiciones indirectas, como las exposiciones a sectores que utilizan una gran cantidad de combustibles fósiles en la producción, son mucho mayores y podrían plantear un riesgo sistémico. Por ejemplo, el Ministerio de Finanzas de Alemania (2016) descubrió que las empresas intensivas en emisiones representan casi la mitad del DAX30 de los sectores químico (20%), de bienes y servicios industriales (13%), automotriz (14%) y de servicios públicos (3%). Encontraron que si los fondos de capital tuvieran que pagar por las emisiones que han financiado en los sectores del petróleo, gas, servicios públicos, materias primas e industrial, los costos podrían ascender a un total de 4,000 millones de euros (basándose únicamente en los precios actuales del carbono), lo que equivaldría a un 4.5% de la inversión en estos sectores.

¹⁴ El valor de estos activos varados se calcula por la diferencia entre el costo de la rehabilitación y el costo adicional de construir un nuevo inmueble energéticamente eficiente y libre de combustibles fósiles en lugar de los inmuebles convencionales.

3.3.2.4. Estudios que combinan datos y escenarios de exposición

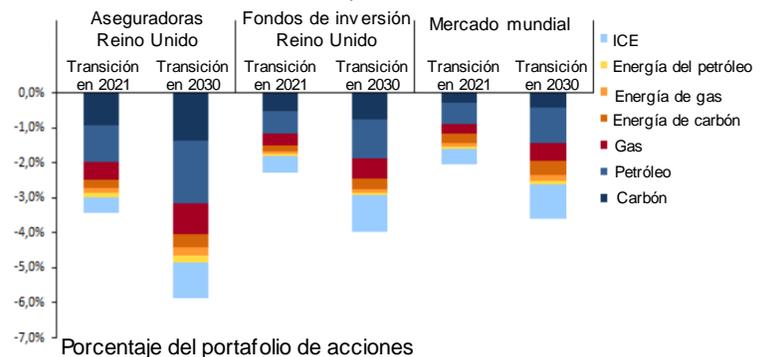
Battiston et al. (2017) analizan los efectos que una amortización completa de las empresas de sectores sensibles al clima tendría en las acciones de los 50 mayores bancos de la UE que cotizan en bolsa. En el contexto del clima, son pioneros en la modelación de efectos de retroalimentación de segunda vuelta, derivados de exposiciones indirectas a través de otras instituciones financieras. Encuentran que alrededor del 13% de las exposiciones de renta variable corresponden a empresas de sectores intensivos en energía. Si todas las empresas intensivas en energía perdieran todo su valor y se contabilizaran los efectos de segunda vuelta (exposición a través de otras instituciones financieras), la pérdida máxima se estima en el 28% de las participaciones de los bancos.

Gráfica 1 Reasignación de capital en el sector de la energía de acuerdo con la trayectoria de 2°C de la AIE



Fuentes: Agencia Internacional de la Energía, World Energy Outlook (2017) y cálculos del Bank of England.

Gráfica 2 Pérdidas de valuación de la renta variable en caso de exposición a tecnologías con alto contenido de carbono en el caso de un momento climático de Minsky, incluida la crisis de los precios de los combustibles fósiles, en 2030



Fuente: Bank of England (2019).

Hayne et al. (de próxima publicación) descubren que las exposiciones a altas emisiones de carbono, a los automóviles y a los combustibles fósiles representan aproximadamente el 8% de los portafolios tanto de renta variable global como de bonos. Investigan lo que significaría una transición a un escenario 2°C para estas exposiciones si se produjera en 2030. El aumento del riesgo de transición puede visualizarse como la diferencia entre la situación actual y el escenario de 2°C (Gráfica 1). Los autores descubren que alrededor de una cuarta parte de las exposiciones a altas emisiones de carbono podrían estar en riesgo, lo que podría dar lugar a un choque de renta variable del 3.5% o 2 billones de dólares en 2030 (Gráfica 2). Su estudio no incluye las exposiciones indirectas a través de otras instituciones financieras y, por lo tanto, no incluye los efectos de retroalimentación.

CISL (2015) encuentra que el valor de la cartera de un inversionista típico podría ser 50% menor en un escenario sin mitigación del cambio climático en comparación con un escenario de 2°C. Vermeulen et al.(2018) llevan a cabo una prueba de estrés *top-down* de las instituciones financieras holandesas en la que las pérdidas financieras son ocasionadas por medidas de política perturbadora, avances tecnológicos o una caída en la confianza de consumidores e inversionistas. Calculan pérdidas de hasta el 3 por ciento de los activos de los bancos, el 10 por ciento de los activos de los fondos de pensiones y el 11 por ciento de los activos de las aseguradoras. Por último, Weyzig et al. (2014) estiman que en una rápida transición a una economía neutra en emisiones de carbono, las pérdidas para todos los bancos, aseguradoras y fondos de pensiones de la UE combinados ascenderían a 350,000 a 400,000 millones de euros. Sin embargo, estas pérdidas serían mayores si la transición hacia una economía neutra en emisiones de carbono fuera inicialmente lenta y altamente incierta.

3.3.3. Distribución de los impactos

3.3.3.1. Impactos sectoriales

Hasta la fecha, la investigación sobre la distribución de los impactos del riesgo de la transición entre sectores es limitada. Un estudio de Carbon Trust (2008) investiga tanto el valor en riesgo como las oportunidades de creación de valor que conlleva la transición a una economía neutra en emisiones de carbono, para un número determinado de sectores. Calculan un valor en riesgo potencial del 65% para los sectores del aluminio y automotriz, del 35% para el sector del petróleo y el gas, del 22% para el sector del aislamiento de edificios, del 15% para el sector de la cerveza y del 5% para el sector de la electrónica de consumo. Sin embargo, las empresas que están bien preparadas para aprovechar las oportunidades también pueden ver un aumento significativo, de hasta un 80% en el sector del aislamiento de edificios, un 60% en el sector automotriz, un 35% en el sector de la electrónica de consumo y un 30% en el sector del aluminio. Las oportunidades son modestas para el sector del petróleo y el gas (5%) e inexistentes para el sector de la cerveza.

HSBC (2013) evalúa los riesgos de transición para las compañías europeas de petróleo y gas que cotizan en bolsa calculando el impacto en el valor de la empresa si los precios del petróleo y el gas disminuyeran a niveles que sean coherentes con un mundo con bajas emisiones de carbono. Estiman que el valor en riesgo para las compañías europeas de petróleo y gas es del 40-60% de su capitalización bursátil.

Hebbink et al. (2018) realizaron un estudio detallado del impacto de un impuesto al carbono de 50 euros/tonelada en los sectores industriales de los Países Bajos. Encontraron que el impuesto incrementaría los costos de producción principalmente en los sectores de minería y canteras (4.4%) y manufactura de metales base (3.9%). Tomando en cuenta las elasticidades de la demanda, estiman que el aumento de los costos provocaría una disminución de las ventas del 7.5% en el sector de la minería y la cantería, del 4.3% en el sector químico y de entre el 1.5 y el 3% en los sectores del transporte, los metales básicos y la agricultura. Si el impuesto se aplicara a nivel europeo, los aumentos de costos serían mayores (debido a los mayores costos de las importaciones), pero el impacto en las ventas sería menor, ya que las exportaciones se verían menos afectadas.

En Vermeulen et al. (2018), la vulnerabilidad relativa de un sector al riesgo de transición se determina sobre la base de sus emisiones de carbono incorporadas, es decir, todo el carbono emitido en la cadena de valor para los bienes y servicios finales de ese sector. La vulnerabilidad relativa se calcula ponderando las emisiones de CO₂ incorporadas en sus bienes y servicios finales con la participación de esos bienes y servicios en el PIB de la economía. Utilizando este enfoque, encuentran una alta vulnerabilidad en los sectores de manufactura, minería, transporte y servicios públicos. Por el contrario, Battiston et al. (2017) consideran las emisiones directas de GEI de un sector para identificar cuáles son las que probablemente se verán afectadas por las políticas climáticas. Considerando la clasificación europea de riesgo de fuga de carbono, identifican los sectores de los combustibles fósiles, los servicios públicos, el transporte, el uso intensivo de energía y la vivienda como los más susceptibles de verse afectados.

4. Supuestos clave

La mayoría de los modelos de estabilidad macroeconómica y financiera dependen en gran medida de algunos supuestos comunes y comparten muchas de las mismas incertidumbres que se esbozan en el Recuadro 6. Estos supuestos suelen referirse a factores como la evolución futura de las políticas climáticas, el ritmo de avance de las tecnologías neutras en materia de emisiones de carbono, los efectos de los mecanismos de retroalimentación, el nivel de adaptación y la capacidad de adaptación y las no linealidades o incertidumbres relacionadas con la naturaleza de los riesgos climáticos.

Recuadro 6 Impactos de los supuestos clave de la modelación en los escenarios de riesgo físico y de transición

Principales supuestos e incertidumbres	Físicos Macroeconómicos	De transición Macroeconómicos	Físicos Estabilidad financiera	De transición Estabilidad financiera
Futuro de la política climática	Determina la extensión del calentamiento.	Determina la velocidad y el momento de la transición.	Determina la extensión del calentamiento.	Determina la velocidad y el momento de la transición, y también puede tener impactos difusos en diferentes sectores (por ejemplo, un impuesto al carbono generalizado).
Tasa de progreso de la tecnología neutra en emisiones de carbono	Determina la extensión del calentamiento.	Podría reducir los costos o, de hecho, dar lugar a un incremento del PIB.	Determina la extensión del calentamiento.	Las tecnologías clave (por ejemplo, la captura y el almacenamiento de carbono) serán especialmente importantes para algunos sectores, y tendrán como resultado una menor perturbación de los modelos empresariales existentes.
Ciclos de retroalimentación dentro del modelo	Los supuestos clave (por ejemplo, sobre el PIB) se consideran a menudo externos al modelo.	La economía puede verse afectada indirectamente por efectos de segunda vuelta	El riesgo para la estabilidad financiera podría verse exacerbado por los efectos de segunda vuelta.	El riesgo para la estabilidad financiera podría verse exacerbado por los efectos de segunda vuelta.
Nivel de adaptación y capacidad de adaptación	Un mayor nivel de adaptación podría reducir los daños físicos a largo plazo, pero podría acarrear mayores costos de adaptación a corto plazo.	Las economías más diversificadas, las empresas adaptables y los sistemas financieros resilientes podrían reducir los costos de la transición.	Un mayor nivel de adaptación podría reducir los daños físicos a largo plazo, pero podría acarrear mayores costos de adaptación a corto plazo.	Las economías más diversificadas, las empresas adaptables y los sistemas financieros resilientes podrían reducir los costos de la transición.
Impactos e incertidumbres no lineales en la modelación climática	Los daños pueden ser mayores de lo esperado, ya sea a través de pérdidas directas a sectores particulares o a través de canales macroeconómicos generales.	Unos daños superiores a los previstos podrían afectar a la rapidez y al calendario de la política climática.	Los daños pueden ser mayores de lo esperado, ya sea a través de pérdidas directas a sectores particulares o a través de canales macroeconómicos generales.	Unos daños superiores a los previstos podrían afectar a la rapidez y al calendario de la política climática.

De estos supuestos, la política climática y el progreso tecnológico son particularmente importantes para comprender las posibles trayectorias futuras: el equilibrio entre ambos determinará los niveles de riesgo físico y de transición, y cómo y cuándo podrían materializarse.

El futuro de la política climática es muy incierto, y se ve agravado por los horizontes temporales y la economía política: las medidas deben adoptarse con mucha antelación, y los beneficios deben ser difusos y percibirse en el futuro, mientras que los costos de las políticas climáticas se sentirán potencialmente de forma más inmediata. Incluir el calendario y la naturaleza de los cambios en la política climática en la modelación es un paso más para mejorar la evaluación del impacto de estas políticas en la estabilidad financiera: una transición bien gestionada y ordenada deja tiempo suficiente para que los mercados financieros se ajusten, mientras que un cambio abrupto puede causar más preocupación acerca de una reevaluación rápida de los precios y, por lo tanto, una mayor volatilidad.

Las tecnologías clave (por ejemplo, la captura y el almacenamiento de carbono) serán especialmente importantes para algunos sectores, y tendrán como resultado una menor perturbación de los modelos empresariales existentes. Dependiendo del tipo de progreso tecnológico -por ejemplo, perturbador o incremental- podría reducir los costos o incluso dar lugar a un aumento del PIB.

Si bien muchos de estos supuestos e incertidumbres están presentes en todos los ámbitos de la estabilidad macroeconómica y financiera, también existen algunos supuestos específicos que son relativamente importantes para fines concretos, pero menos relevantes para otros. Por ejemplo, la elección del tipo de descuento (en los modelos IAM, por ejemplo) es fundamental para explicar los impactos macroeconómicos de los daños físicos: a largo plazo (hasta 2100), pequeñas diferencias en la tasa de descuento pueden cambiar significativamente el valor presente de los daños ocasionados por el cambio climático.

5. Conocimiento y brechas metodológicas

5.1 Modelando enfoques alternativos

5.1.1. Modelos de pronóstico macroeconómico

Los modelos del tipo utilizado para pronosticar la producción y la inflación dentro del horizonte temporal de la política monetaria (2-3 años) pueden complementarse con desastres naturales relacionados con el clima. Esto se aplicaría tanto a los modelos DSGE como a los enfoques de macro-modelación semiestructural. Por ejemplo, en un estudio de Keen y Pakko (2011) un desastre natural destruye una parte significativa del capital productivo de la economía, además de interrumpir temporalmente la producción, esto se modela como un choque tecnológico negativo transitorio.

Sin embargo, sólo hay unos pocos ejemplos de este tipo de modelos, y es posible mejorar los canales de modelación para incluir, por ejemplo, los efectos de la oferta laboral o el impacto de las catástrofes naturales en los países socios en el comercio internacional y en el tipo de cambio. En el Cuadro 4 se incluye una descripción de los diferentes enfoques de modelación macroeconómica.

También hay que seguir trabajando para comprender la relación entre el cambio climático y la probabilidad y gravedad de los fenómenos meteorológicos extremos. A este respecto, los responsables de la elaboración de modelos macroeconómicos podrían adoptar metodologías muy avanzadas utilizadas por las empresas de seguros para cuantificar los riesgos físicos de fenómenos tales como huracanes, sequías, precipitaciones extremas e inundaciones. La modelación a largo plazo de la producción potencial también es pertinente para la política monetaria. Estos modelos se basan en relaciones de función de producción, que están bien desarrolladas en la literatura sobre crecimiento sostenible/verde. El impacto a largo plazo del cambio climático puede incorporarse a las funciones de producción mediante la modelación del impacto del calentamiento global en el acervo de capital físico, natural y humano y en la oferta laboral. Hay que seguir trabajando en la modelación de la migración relacionada con el clima y el impacto del calentamiento global en la productividad total de los factores (PTF) mediante la desviación de recursos para la adaptación y reconstrucción del capital físico.

CUADRO 4

Enfoques de modelación macroeconómica

Se han elaborado muchos marcos de modelación macroeconómica para analizar los efectos del cambio climático y ayudar en la formulación de la política pública. Estos modelos pueden clasificarse en diferentes clases y evaluarse en varias dimensiones. Existen varios enfoques para clasificar los modelos en la literatura y algunos modelos híbridos o de múltiples módulos no entran en ninguna categoría específica (Hourcade et al., 1996; Herbst et al., 2012). Basándose en esta literatura, el Recuadro 7 presenta nueve grandes grupos de modelos.

Estos modelos difieren en algunas características clave, algunas de las cuales pueden ser particularmente importantes a la hora de analizar el proceso de transformación a largo plazo hacia una economía neutra en emisiones de carbono. En primer lugar, un elemento

importante del análisis del cambio climático es tener en cuenta las retroalimentaciones entre los sistemas humanos y naturales, y las compensaciones y sinergias. A este respecto, los IAMs permiten integrar varios sistemas en un solo marco de modelación.

Las diferencias entre los modelos surgen también por su tratamiento del cambio tecnológico. Los sistemas energéticos experimentan cambios fundamentales, impulsados por las interrupciones en las tecnologías. Los modelos que permiten cambios radicales o la aparición de nuevas tecnologías son muy adecuados para el análisis del cambio climático.

Se necesitan análisis dinámicos para evaluar las vías de transformación y proporcionar una perspectiva a largo plazo. Sin embargo, los supuestos de modelación para una previsión perfecta o imperfecta contribuyen a estimaciones muy diferentes de los costos del cambio climático. Algunos enfoques de modelación, como los modelos DSGE, pueden incorporar directamente la incertidumbre y la falta de previsión. Sin embargo, tienen otras limitaciones, como exigir otros supuestos restrictivos y contabilizar las no linealidades.

Los modelos también difieren drásticamente en cuanto a los detalles y la desagregación sectorial. Esto refleja el equilibrio entre el nivel de detalle en términos de sistemas climáticos y la aplicabilidad de los análisis de escenarios económicos. Por un lado, el modelador desea incorporar suficientes datos detallados y disponibles para tener en cuenta la complejidad del cambio climático. Por otro lado, lo ideal sería que el modelador deseara disponer de información que pueda utilizarse fácilmente en los análisis de escenarios.

Estas dimensiones no excluyen otras características clave, como la elección de la técnica de modelación (analítica/numérica), el enfoque analítico (de arriba hacia abajo/abajo hacia arriba), la cobertura geográfica y la incertidumbre (determinista/estocástica). Se pueden utilizar varios métodos para diferentes propósitos. Por lo tanto, se elige una metodología en función del tipo de trabajo y análisis a realizar. Por ejemplo, los modelos de redes son útiles para estudiar las interconexiones entre instituciones financieras, pero no para estudiar los macroimpactos.

Se puede recurrir a muchos modelos económicos para llevar a cabo dicho análisis, pero ninguno de ellos capta plenamente las especificidades de los riesgos relacionados con el clima. La mejor metodología dependerá en gran medida de la cuestión que se esté tratando pero, lo que es más importante, de la disponibilidad de escenarios prospectivos de trayectorias de transición que puedan relacionar diferentes escenarios climáticos y sus posibles impactos en el sistema financiero.

En cuanto a los riesgos de transición, los cambios en la política climática se incluyen en las variables más amplias de la política fiscal y, por lo tanto, se incluyen implícitamente en los modelos actuales. Los riesgos de suministro de energía también pueden modelarse como choques tecnológicos en los modelos tipo DSGE. Sin embargo, es necesario seguir trabajando para considerar de manera más explícita estos riesgos en los modelos de previsión macroeconómica, incluyendo, por ejemplo, los impuestos y subsidios relacionados con el clima, así como los efectos de las normativas medioambientales en las empresas y los hogares.

Recuadro 7 Fortalezas y debilidades de los modelos económicos del cambio climático

Nombre	Descripción	Fortalezas	Debilidades
Modelos de evaluación integrada (IAMs)	Los IAM describen y evalúan las interacciones entre las actividades humanas y los procesos ambientales. Incluyen descripciones de los sistemas socioeconómicos, así como de los sistemas ambientales, y de las interacciones entre ambos.	<ul style="list-style-type: none"> - La retroalimentación entre los sistemas humanos y la naturaleza - El análisis de <i>trade-offs</i>/sinergias 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto nivel de agregación - Funciones de daños calibradas con información limitada
Modelos de Equilibrio General Computables (CGEs)	Los modelos CGE representan la economía como un sistema de flujos monetarios entre sectores y agentes, resolviendo numéricamente la combinación de cantidades de oferta y demanda, así como los precios relativos para compensar simultáneamente el mercado de productos básicos y el mercado laboral.	<ul style="list-style-type: none"> - La información sobre el precio y los mecanismos de ajuste del mercado - Amplia cobertura de los sectores económicos y las regiones, incluyendo las interrelaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Representación simplificada de las decisiones de los agentes - Falta de información sobre las cantidades de flujos biofísicos
Modelos de entrada-salida (IOs)	Los IOs representan interdependencias entre los diferentes sectores de una economía, distribuyendo la producción de un sector a través de los otros sectores. El análisis de insumo-producto ambientalmente extendido sigue los flujos de los impactos incorporados en los productos y servicios entre muchos sectores de la economía de forma simultánea.	<ul style="list-style-type: none"> - La información a nivel de la industria - Las cuentas detalladas de los impactos ambientales de la demanda de bienes y servicios 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrapolación de tendencias pasadas - Papel decisivo de los precios relativos, limitando las opciones políticas a los instrumentos de precios
Modelos de Equilibrio General Estocástico Dinámico (DSGEs)	Los modelos DSGE utilizan un conjunto de ecuaciones con características dinámicas y estocásticas basadas en la teoría del equilibrio general aplicada y en principios microeconómicos, como las rigideces nominales, la no neutralidad del dinero a corto plazo y la competencia monopolística.	<ul style="list-style-type: none"> - Sustentados en elementos microeconómicos - Explican la incertidumbre 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo computacional intensivo - Supuestos restrictivos relacionados con la compensación del mercado y los procesos de decisión de los agentes
Modelos Macroeconómicos (MEs)	Los modelos ME son sistemas de ecuaciones dinámicas para representar las funciones de demanda y oferta, estimadas utilizando observaciones pasadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Toman en cuenta las imperfecciones del mercado - Representan procesos dinámicos no equilibrados y trayectorias de transición 	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros estimados a partir de observaciones pasadas - No hay simulaciones de política pública a nivel microeconómico
Modelos basados en agentes (ABMs)	Los ABMs son modelos computarizados que describen sistemas complejos y sus propiedades emergentes que se construyen alrededor de un conjunto de agentes, grupos con creencias y reglas de acción. En un ABM, los responsables (agentes) heterogéneos interactúan dinámicamente entre sí y con su entorno común.	<ul style="list-style-type: none"> - La representación a nivel micro de las interacciones climáticas/económicas - Reflejan conductas emergentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos de datos sustanciales para especificar las normas de conducta - Menos aplicables a las pruebas de estrés.
Modelos de flujo de acciones consistentes (SFCs)	Los modelos de SFC se basan en una representación del flujo de fondos de una economía, es decir, las posiciones de los balances y los flujos entre los sectores económicos, lo que garantiza que se realiza un seguimiento de cada flujo de pagos y que cada acción financiera se registra como un pasivo para cada uno y como un activo para cada uno.	<ul style="list-style-type: none"> - La representación explícita del sistema financiero - La interrelación del balance de agentes financieros 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe un modelo microeconómico de conducta explícito - Poca flexibilidad debido al enfoque contable
Modelos de redes	Los modelos de redes son extensiones de estructuras jerárquicas que representan elementos y sus relaciones. Permite que las relaciones de muchos a muchos sean manejadas en una estructura de árbol que permite a múltiples matrices.	<ul style="list-style-type: none"> - Interconexión entre los agentes financieros - Toma en cuenta el refuerzo de los ciclos de retroalimentación y la repercusión en cascada en la economía real. 	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de análisis no tradicionales
Modelos de generaciones múltiples (OLGs)	Los modelos de OLG reconocen que las decisiones tomadas hoy afectan no sólo a los futuros flujos de servicios públicos de las personas que viven actualmente, sino también a los flujos de servicios públicos de las generaciones futuras (a diferencia de los modelos de agentes representativos con vida infinita).	<ul style="list-style-type: none"> - La redistribución intergeneracional y la perspectiva a largo plazo - Modelan explícitamente las decisiones de inversión a lo largo de la vida 	<ul style="list-style-type: none"> - Economía cerrada - No hay riesgos sistémicos endógenos derivados del cambio climático o de la transición hacia este.

Fuentes: ESRB AWG Sustainable Finance Project Team - Report, 14/02/2019, ATC 37 - Item 4 - Document 1 - Version 1, ESRB. Ejemplos de modelos son: Farmer et al. (2015); Caiani et al. (2016); Schinko et al. (2017); Hardt y Neill (2017); Angenendt et al. (2018); Stolbova et al. (2018)

También podrían producirse efectos económicos derivados de la materialización de los riesgos de transición en pérdidas financieras importantes y permanentes en el valor de los activos, especialmente a través de efectos de riqueza que podrían reducir el consumo de los hogares y los planes de inversión empresarial de las empresas. Este tipo de interacciones entre los efectos macroeconómicos y financieros del cambio climático se examinan más adelante.

5.1.2. Modelos basados en agentes

El enfoque convencional en la modelación macroeconómica se basa en el consumidor o la empresa "representativa", y se basa en el supuesto de que los agentes son tomadores de decisiones independientes, y que las decisiones individuales pueden escalarse hasta el nivel de la economía agregada. La complejidad intrínseca de los sistemas económicos es difícil de modelar dentro de este enfoque. Los modelos basados en agentes (ABMs) representan un enfoque diferente para estudiar las propiedades emergentes de estos sistemas complejos. Los ABMs pueden identificar diferentes tipos de interacciones entre agentes, y las propiedades globales del sistema que resultan de estas interacciones (Patt y Siebenhüner, 2005).

Las medidas de gestión por actividades se aplican comúnmente en la modelación del cambio climático, por ejemplo en esferas como la adaptación al cambio climático (Patt y Siebenhüner, 2005), las opciones energéticas de los consumidores (Rai y Henry, 2016) y la migración relacionada con el clima (Thober, Schwarz y Hermans, 2018).

Los mecanismos de gestión por actividades también se han utilizado ampliamente en la macroeconomía y las finanzas, e incluyen interacciones tanto reales como financieras (Assenza et al., 2015). Los modelos macroeconómicos que son particularmente interesantes para los responsables de la política pública y los reguladores de los bancos centrales son los que abordan los ciclos económicos (Gualdi et al., 2015) y especialmente la política monetaria (Gatti y Desiderio, 2015).¹⁵ Ejemplos de ABMs aplicados a los mercados financieros incluyen fricciones de crédito (Fischer y Riedler, 2014), precios de activos (Franke y Westerhoff, 2012), ciclos de apalancamiento (Aymanns y Farmer, 2015), riesgo sistémico (Thurner et al., 2016) y comercio de bonos corporativos (Braun-Munzinger et al., 2016).

La limitación de los enfoques de modelación estándar para el estudio de los impactos del cambio climático es particularmente evidente en los trabajos basados en IAMs (tanto de primera como de segunda generación). Suponiendo que exista un conjunto de agentes representativos, en la mayoría de los casos los IAMs son poco adecuados para analizar las consecuencias distributivas del cambio climático. Los diferentes sectores, trabajadores y consumidores podrían verse afectados y responder de manera diferente a los riesgos físicos y de transición. Por el contrario, Krussel y Smith (2009) proporcionan el primer modelo DSGE de economía climática que introduce el riesgo de ingresos y la heterogeneidad agente/consumidor y los ABMs parecen particularmente adecuados para tomar en cuenta la heterogeneidad y los diferentes supuestos de conducta. Gerst et al (2013) y Wolf et al (2013) son dos ejemplos de ABMs que incorporan factores climáticos en una economía con consumidores y/o empresas heterogéneas.

¹⁵ Véase Turrell (2016) para un análisis más detallado de la aplicación de los ABMs en la macroeconomía.

Recuadro 8 Lagunas en la evidencia de los impactos macroeconómicos del cambio climático

Tipo de riesgo		Resultado económico	Horizonte de los efectos	Brechas de evidencia
Riesgos físicos de:	Eventos climáticos extremos	Choques imprevistos en los componentes de la demanda y la oferta	Corto a mediano plazo	Modelos teóricos que incluyen los diferentes canales de transmisión. Datos cuantitativos sobre el impacto en los componentes del PIB (por ejemplo, el capital físico)
	Calentamiento global	Impacto en la capacidad productiva potencial y el crecimiento económico	Mediano a largo plazo	Evidencia cuantitativa sobre la migración y los impactos en la PTF
Riesgos de transición		Choques de oferta/demanda o efectos del crecimiento económico	Corto a mediano plazo	Más pruebas cuantitativas sobre el impacto de la política climática en la inversión, el empleo y la productividad. Datos cuantitativos sobre el impacto de la transición hacia una economía con bajas emisiones de carbono en el crecimiento del PIB.

Estudios más recientes utilizan un enfoque microfundamentado de abajo hacia arriba (*bottom-up*) para estimar los daños climáticos económicos (Hsiang et al., 2017; Houser et al., 2015) en lugar de enfoques de arriba hacia abajo (*top-bottom*) a nivel macro (IAMs de primera generación). Hsiang et al. (2017), consideran, por ejemplo, los efectos de la temperatura, las precipitaciones y las emisiones de carbono en una serie de sectores. Los impactos sectoriales se agregan en una función de daño probabilística multidimensional que vincula la temperatura media de la superficie global con los costos de mercado y de no mercado en los EE.UU., construida a partir de un análisis empírico que utiliza datos a nivel microeconómico. Aunque persisten diferencias importantes, las comparaciones entre los dos enfoques sugieren que las estimaciones empíricas de *top-bottom* y *bottom-up* están empezando a converger, y las investigaciones futuras deberían conciliar estas diferencias.

5.2 Evaluación de la estabilidad financiera

La bibliografía actual muestra algunos de los canales teóricos a través de los cuales los riesgos físicos y de transición podrían afectar a la estabilidad financiera, pero es posible realizar investigaciones adicionales para identificar y cuantificar con mayor precisión los posibles riesgos, especialmente en un plazo relativamente más corto.

La evolución de la comprensión científica del riesgo del cambio climático sugiere que los impactos físicos se están manifestando más rápidamente de lo esperado (IPCC, 2018), y la comprensión emergente de los "puntos de inflexión climáticos" (no linealidades) sugiere que los impactos físicos podrían acelerarse aún más bajo ciertas condiciones (derretimiento de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, por ejemplo). En particular, los responsables de la toma de decisiones y los líderes empresariales consideran que el clima extremo, los desastres naturales y el fracaso en la mitigación y adaptación al cambio

climático son tres de los cinco riesgos más probables y de mayor impacto en los próximos diez años.¹⁶

Como primer paso, sería útil comprender cuáles son los riesgos más apremiantes y centrar la investigación de manera más concreta en los impactos específicos a corto plazo para determinados sectores y áreas geográficas, así como en las implicaciones macroeconómicas y para la estabilidad financiera. Por ejemplo, la Prudential Regulation Authority (PRA, 2018) destacó algunos ejemplos específicos de riesgo crediticio, de mercado y operacional para el sector bancario del Reino Unido, entre los que se incluyen el aumento del riesgo de inundación de las carteras hipotecarias, la disminución de la producción agrícola, los eventos climáticos severos que llevan a la revisión de los precios de la deuda soberana y los eventos climáticos severos que afectan a la comunidad empresarial. Los bienes raíces y la agricultura son dos sectores que son particularmente importantes y están más expuestos a los impactos físicos del cambio climático. Los bancos y aseguradoras expuestos a estos sectores podrían verse afectados por acontecimientos relacionados con el clima, tanto en el activo (por ejemplo, una mayor probabilidad de impago y de pérdida en caso de impago en el sector inmobiliario) como en el pasivo (reclamaciones de seguros) del balance. Esto también podría tener repercusiones macroeconómicas (entre otras cosas, a través de pérdidas de producción, efectos negativos sobre la riqueza, precios más altos y desempleo) que amplificarían los impactos iniciales (véase la sección 5.3).

Dado el nivel de interconexión mundial, también podría ser particularmente útil determinar de qué manera los fenómenos meteorológicos extremos y el calentamiento gradual están afectando a los países con baja capacidad de adaptación, y cómo ello podría tener efectos indirectos para otros países y para la economía mundial (por ejemplo, mediante el aumento del riesgo crediticio soberano, la inestabilidad política, las cadenas mundiales de suministro y la migración).

A más largo plazo, los impactos físicos del cambio climático podrían afectar a la rentabilidad y a los modelos de negocio de determinados sectores (en particular los seguros y reaseguros, los bienes inmuebles, la agricultura y la producción de electricidad), como se indica en la sección 3.2. Existe una discusión teórica de estos impactos (por ejemplo, Scott et al. (2017) sobre el impacto de la creciente incidencia de eventos climáticos extremos en las aseguradoras), pero las implicaciones a largo plazo para la estabilidad financiera permanecen relativamente inexploradas.

En cuanto al riesgo de la transición, hay que tener en cuenta cómo la transición, en particular hacia la generación de energía neutra en emisiones de carbono, podría crear activos varados, y las posibles implicaciones de un choque repentino (Vermeulen et al., 2018). El tamaño potencial de los impactos depende de las suposiciones sobre cuándo y cómo ocurre la transición, y a qué sectores afecta. La combinación de los estudios existentes y emergentes sobre el crédito, el mercado, los seguros y el riesgo de incumplimiento soberano con un análisis de escenarios más sofisticado podría cuantificar mejor los riesgos potenciales. En Vermeulen et al. (2018), por ejemplo, se consideran cuatro escenarios de riesgo de transición severos pero plausibles que, utilizando varios modelos, están vinculados al riesgo de mercado, de tasa de interés y de crédito para medir las pérdidas potenciales para las instituciones financieras. Estos análisis podrían

¹⁶ Según la Encuesta de Percepción de Riesgos Mundiales 2018 del Foro Económico Mundial, en la cual se encuestó a cerca de 1,000 expertos y responsables de la toma de decisiones, se evalúa la probabilidad y el impacto de 30 riesgos globales en un horizonte de 10 años.

perfeccionarse aún más cuando se disponga de análisis más sofisticados sobre el impacto de los riesgos de la transición en los sectores y las empresas. Además, una mejor visión de los posibles riesgos de transición para los hogares permitiría analizar cómo pueden afectar los riesgos de transición a las carteras de crédito hipotecario y de consumo de las instituciones financieras.

Recuadro 9 Impacto del cambio climático en la estabilidad financiera

Tipo de riesgo	Resultado económico	Horizonte de los efectos	Brechas de evidencia	Tipo de riesgo	
Riesgos físicos de:	Eventos climáticos extremos	Choques imprevistos a los activos físicos, problemas con los seguros, problemas con los bancos, posibles perturbaciones sistémicas.	Corto a mediano plazo	Lamond (2009) Garmaise y Moskowitz (2009) Klomp (2014) Battiston et al. (2017) Lambert, Noth y Schuwer (2014) Landon-Lane, Rockoff y Steckel (2009) Cortés y Strahan (2017) Von Peter, von Dahlen y Saxena (2012) Economist Intelligence Unit (2015)	Impactos físicos del cambio climático acelerado (puntos de inflexión) Impactos físicos a más corto plazo (hasta 2030) y canales para el riesgo para la estabilidad financiera (por ejemplo, a través de determinados sectores o zonas geográficas).
	Calentamiento global	Choques previstos a los activos físicos y financieros Cambios previstos en los sectores financiero y no financiero (por ejemplo, repercusiones a largo plazo en la rentabilidad de la agricultura, los seguros).	Mediano a largo plazo Mediano a largo plazo	Ministerio de Finanzas de Alemania (2016) Scott et al. (2017)	Impactos físicos a más corto plazo (hasta 2030) Implicaciones a medio y largo plazo para determinados sectores (agricultura, inmobiliario, seguros y reaseguros).
Riesgos de transición	Choques imprevistos a los activos financieros (activos varados)	Corto a mediano plazo	IEA (2017) IRENA (2017) Mercure et al. (2018) DNB (2016) Weyzig et al. (2014) Battiston (2017) Vermeulen et al. (2018)	Activos varados en el escenario de 1.5°C Definición detallada de escenarios de transición plausibles y perturbadores y de las implicaciones financieras (a nivel de empresa, sectorial y de toda la economía). Canales de transmisión, ciclos de retroalimentación que podrían crear riesgo sistémico	

Otro escenario de transición plausible para la UE podría convertir una serie de precios del carbono del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (EU ETS, por sus siglas en inglés) en implicaciones para la rentabilidad de las empresas con altas emisiones (teniendo en cuenta el nivel de transmisión a los consumidores), convertirlo en

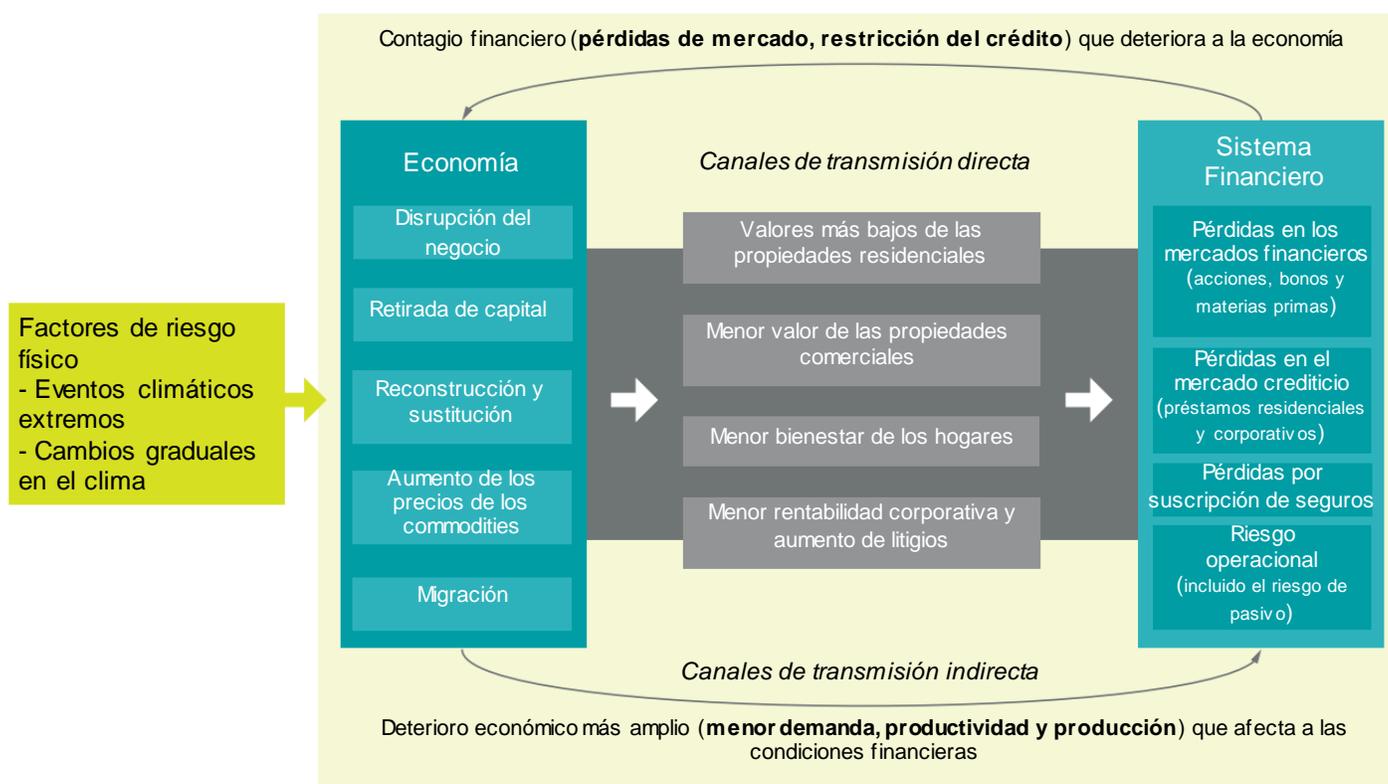
implicaciones financieras (precios de las acciones, probabilidad de impago del crédito) y la economía en su conjunto (con una transmisión más amplia que repercutiría menos en las empresas, pero que repercutiría más en los balances y el consumo de los hogares). Existe un debate inicial sobre la forma en que los riesgos de la transición podrían afectar a la situación fiscal de ciertos países (en particular los exportadores de combustibles fósiles), pero también podría ser útil realizar investigaciones adicionales sobre las consecuencias para la deuda soberana, el riesgo de impago y la estabilidad financiera.

Luego entonces, para conectar los escenarios de transición sectoriales y geográficamente específicos con implicaciones para la estabilidad financiera sería necesario seguir investigando sobre los canales de transmisión y los ciclos de retroalimentación, tal vez combinándolos con nuevos estudios sobre el riesgo financiero y el análisis de la redes.

5.3 Interacciones entre los choques climáticos macroeconómicos y financieros

Es un hecho ampliamente reconocido que las perturbaciones macroeconómicas y financieras pueden interactuar y amplificar: en el pasado, se ha demostrado que la inestabilidad de los precios contribuye a las crisis financieras (Schwartz, 1995; Bordo, Dueker y Wheelock, 2001). Por el contrario, las crisis financieras pueden generar grandes caídas de la producción.

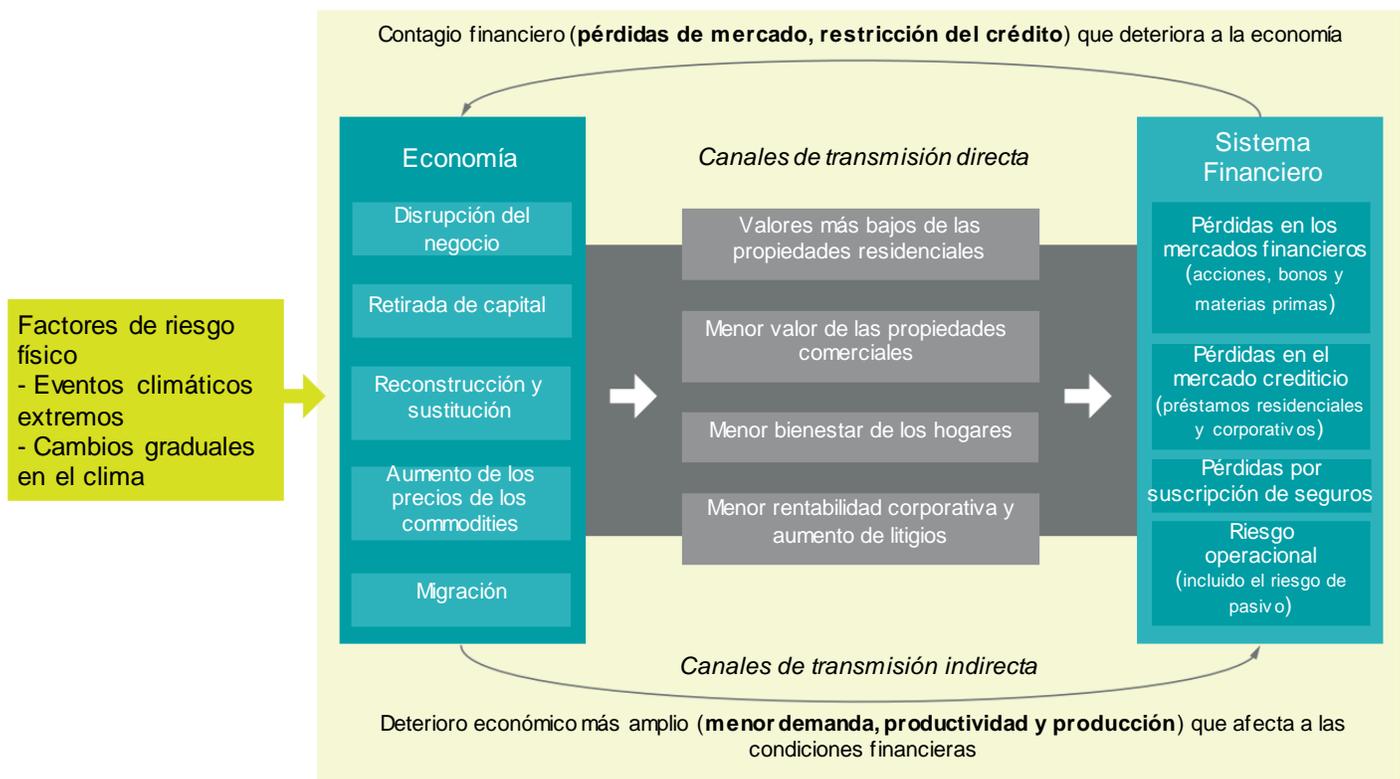
Figura 1: Relaciones entre el riesgo de transición, la economía y el sistema financiero



Sin embargo, no se ha estudiado la interacción entre las perturbaciones macroeconómicas provocadas por el cambio climático y las de la estabilidad financiera, y viceversa, lo que constituye una laguna especialmente importante en la bibliografía actual. Un ejemplo - analizado anteriormente - es la posible materialización de los riesgos de transición como activos varados y su impacto en la economía real. Algunos de estos vínculos se muestran en la Figura 1 a continuación.

Otro ejemplo es la posibilidad de que los desastres naturales reduzcan el valor colateral de las viviendas y debiliten los balances de los hogares, lo que a su vez reducirá su consumo. Las pérdidas aseguradas por desastres naturales pueden dar lugar a pérdidas financieras tanto para las aseguradoras como para los bancos, lo que reduce la capacidad de éstos para conceder préstamos a los hogares y a las empresas y, por lo tanto, reduce la financiación disponible para la reconstrucción del capital físico en las zonas afectadas. El aumento de la incertidumbre debido a la frecuencia de los fenómenos meteorológicos relacionados con el clima también podría aumentar la incertidumbre de los inversionistas, lo que provocaría una disminución de los precios de los activos, pérdidas para los bancos y una menor disponibilidad de préstamos para la inversión productiva de las empresas (Batten et al., 2016). Algunos de estos vínculos se muestran en la Figura 2 a continuación.

Figura 2: Relaciones entre el riesgo físico, la economía y el sistema financiero



5.4 Combinaciones de riesgos físicos y de transición en el análisis de escenarios

Como se mencionó anteriormente, los riesgos físicos y de transición están interrelacionados: la ausencia de medidas de política pública lo suficientemente enérgicas agrava los riesgos físicos (DNB, 2017), mientras que una política climática ambiciosa puede intensificar los riesgos de transición; sin embargo, una respuesta política tardía al cambio climático probablemente requeriría medidas aún más drásticas (ESRB, 2016; Finansinspektionen, 2016).

Aunque gran parte de la literatura existente se centra en un elemento u otro, será importante considerar ambos en conjunto. Esto requiere el uso de análisis de escenarios y una cuidadosa consideración de cómo combinar de manera significativa los diferentes enfoques utilizados para el riesgo físico y de transición con el fin de crear enfoques más multidimensionales. Por ejemplo, en un escenario adverso, los efectos negativos de la reducción de la oferta de energía y el aumento de los costos de la energía, combinados con la exposición de las instituciones financieras a activos intensivos en carbono, podrían generar contagio en el sistema financiero en general al interactuar con otras fricciones financieras. Además, podrían interactuar con el impacto de los choques físicos relacionados con el clima, por ejemplo, las catástrofes naturales (ESRB, 2016).

Otra limitación es que tienden a centrarse en los costos a largo plazo del cambio climático y las transformaciones económicas lineales. Existen menos estudios que busquen desarrollar escenarios en los que la transición se produce de forma desordenada y en horizontes temporales más cortos. Estos escenarios serían de particular relevancia para el sistema financiero. El trabajo sobre escenarios llevado a cabo por la NGFS se encuentra en una etapa temprana, pero se expone brevemente en la Sección 6. 2.

6. Menú de opciones para bancos centrales y supervisores

En esta sección se exponen opciones sobre la forma en que los bancos centrales y los supervisores pueden responder a los riesgos relacionados con el clima, entre otras cosas mediante la elaboración de modelos macroeconómicos, el análisis de escenarios, las pruebas de estrés, los indicadores clave de riesgo y las evaluaciones de la estabilidad financiera.

6.1 Modelos macroeconómicos

Los efectos del cambio climático en las variables macroeconómicas agregadas son difíciles de medir, especialmente el impacto causado por los cambios graduales en las condiciones climáticas. Al mismo tiempo, es fundamental que los bancos centrales identifiquen con mayor claridad los riesgos climáticos, ya que tanto los riesgos físicos como los de transición afectan a variables macroeconómicas que son esenciales en los marcos monetarios.

Los riesgos físicos implican un aumento en la frecuencia y severidad de los choques de oferta negativos. Esto hace más difícil para los bancos centrales prever las brechas de producción (la brecha entre el PIB real y su nivel potencial) y, por extensión, la inflación, que es clave para calibrar la política monetaria. Por lo tanto, los bancos centrales deben evaluar las perturbaciones de la oferta relacionadas con el clima en la calibración de la tasa de crecimiento a largo plazo utilizada en sus modelos de previsión, ya que esto podría tener un impacto importante en las previsiones a corto plazo de las brechas de producción y las presiones inflacionistas.

Los riesgos físicos también pueden provocar volatilidad, así como cambios en los precios de los alimentos y la energía, provocados por cambios en las condiciones meteorológicas, y la transición a una economía neutra en emisiones de carbono puede aumentar la dependencia de las fuentes de energía renovables, incluida la bioenergía. La política monetaria debe tener en cuenta estos cambios en los precios de los alimentos y la energía, ya que pueden tener efectos de segunda vuelta sobre la inflación subyacente. Al igual que ocurre con otros factores que influyen en los precios de los alimentos y la energía, los factores relacionados con el clima deben incluirse en el análisis de las perspectivas de inflación a largo plazo de los bancos centrales. En este punto, una cuestión clave es cómo el espacio de política de los bancos centrales se verá afectado por una probabilidad cada vez mayor de que se produzcan fenómenos meteorológicos extremos, y si esta mayor probabilidad amplía las bandas de incertidumbre en torno a las perspectivas de inflación a largo plazo. También hay que tomar en consideración la política climática para medir las presiones inflacionistas subyacentes. El diseño de la política climática puede afectar significativamente la forma en que los bancos centrales pueden responder a sus efectos directos e indirectos. Por ejemplo, la fluctuación de los precios de los derechos de emisión en el marco de una política de límites máximos y comercio dificultaría la previsión de la inflación para los bancos centrales en comparación con una política como la de un impuesto sobre el carbono o un enfoque híbrido en el que los precios del carbono sean más estables y predecibles.

Actualmente, el grado de integración de las consideraciones climáticas en las operaciones de política monetaria y de estabilidad financiera está relacionado con el mandato de los bancos centrales, que puede diferir considerablemente (Campiglio et al., 2018). Los bancos centrales de las economías desarrolladas a menudo tienen mandatos relativamente

limitados que se centran principalmente en la estabilidad de precios y, a veces, en la estabilidad financiera. Debido a su independencia, estos bancos centrales suelen tratar de evitar interferir en la dinámica del mercado y en las políticas gubernamentales, a menos que ello sea necesario para alcanzar su objetivo primordial. Los bancos centrales de los países emergentes generalmente tienen mandatos más amplios que les dan más herramientas para promover las inversiones verdes. El Banco del Pueblo Chino ha integrado consideraciones de financiamiento verde en su marco de evaluación macroprudencial. Los bancos con una mayor proporción de préstamos verdes y los bancos que han emitido bonos verdes obtendrían puntuaciones más altas. Además, los niveles más altos permiten a los bancos locales utilizar préstamos y bonos verdes admisibles como garantía para obtener préstamos del banco central a un costo inferior al del mercado.

Aunque los bancos centrales y los supervisores no han desarrollado modelos macroeconómicos aún adecuados para analizar los riesgos relacionados con el clima, algunos utilizan sus modelos existentes para escenarios que van más allá del horizonte habitual de tres años. El horizonte temporal suele ser de más de diez años, y los efectos se toman en consideración en los escenarios centrales de referencia para comprender mejor los posibles canales de transmisión a la macroeconomía y el impacto del cambio climático, así como los riesgos de la transición, sobre las variables macroeconómicas clave (incluidas la inversión, el comercio, los ingresos públicos y el empleo). También se han realizado algunos trabajos para modelar el impacto a corto y largo plazo del precio de la energía en la PTF y en el PIB sobre la base de diferentes escenarios de evolución de los precios de la energía en un horizonte a largo plazo (hasta 2100) (Henriet et al., 2014). Sin embargo, los efectos permanentes del cambio climático sobre la tasa de crecimiento potencial, hasta donde sabemos, aún no se han incluido en el proceso de previsión de los bancos centrales.

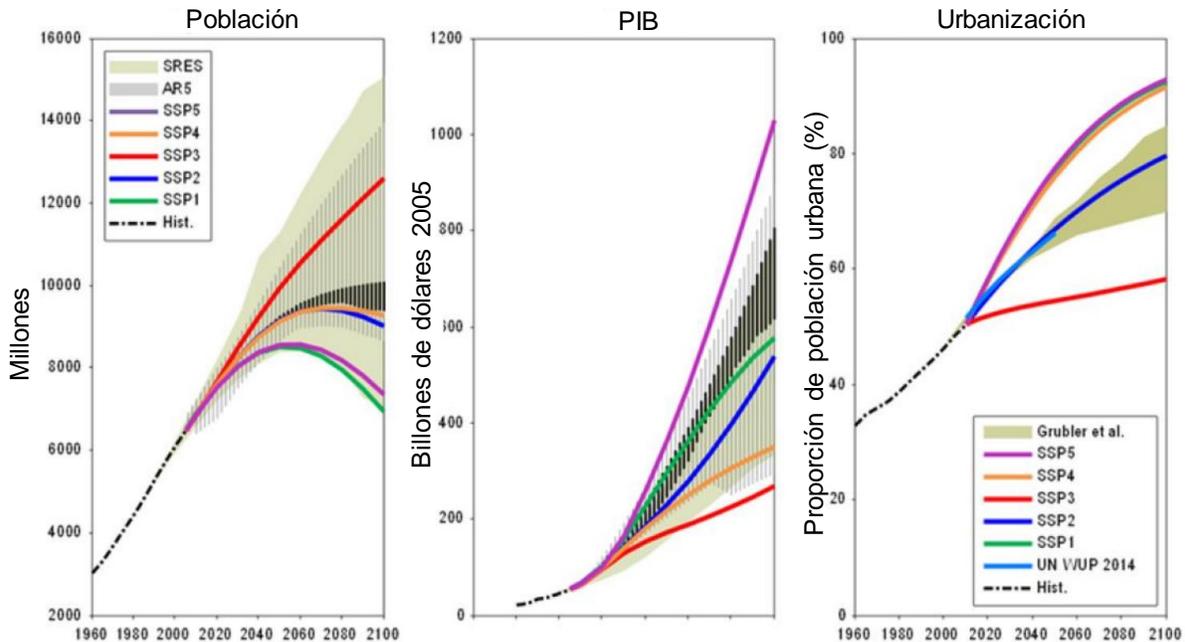
Aunque los riesgos del cambio climático no suelen figurar en las previsiones macroeconómicas a corto y medio plazo, algunas instituciones tienen en cuenta los efectos macroeconómicos de los fenómenos relacionados con el clima. Por ejemplo, en México, los efectos sobre el crecimiento de eventos relacionados con el clima, como los huracanes o los frentes fríos o las olas de calor particularmente agudos, son evaluados por el Banco de México sobre una base ad hoc y ex post (es decir, dado que se produjo un evento climático, cuál es su impacto a corto y mediano plazo sobre el crecimiento del PIB, incluido el de la posible utilización de fondos de seguros públicos, en caso de que estuvieran disponibles). Si bien la contabilización ex post de las pérdidas debidas a desastres meteorológicos específicos es importante a efectos de la predicción, los responsables de la política monetaria deberían medir mejor e incluir en los modelos de predicción los efectos acumulativos de eventos más frecuentes en el futuro (Batten, 2018). En Singapur, las condiciones de la oferta o la demanda asociadas a los riesgos del cambio climático (por ejemplo, los cambios en los precios de las importaciones agrícolas, la caída de la producción manufacturera de los socios comerciales debido a cambios en la política medioambiental, etc.) se incorporan de manera holística en la evaluación de las condiciones macroeconómicas de referencia, que a su vez se incorporan a las previsiones macroeconómicas. Las previsiones de crecimiento y de inflación también tienen en cuenta, en general, la evolución de los sectores sensibles a las condiciones meteorológicas, como los servicios públicos y las ventas al por menor.

6.2 Desarrollo de escenarios

La evaluación de los efectos del cambio climático puede resultar difícil debido a las incertidumbres sobre el curso del propio cambio climático, la amplitud y complejidad de los

canales de transmisión, los efectos primarios y secundarios, así como la necesidad de considerar alguna combinación de riesgos físicos y de transición. Incluso si se abordaran todos estos desafíos, a largo plazo, las estimaciones dependerán en gran medida de los supuestos sobre cómo evolucionarán la política y la tecnología climáticas.

Figura 3 Proyecciones de población (KC y Lutz, 2016), crecimiento económico (Dellink et al., 2016) y urbanización (Jiang y O'Neill, 2016) en las vías socioeconómicas compartidas



Dada la sensibilidad de los resultados a estos supuestos subyacentes, se pueden utilizar escenarios hipotéticos para explorar la dirección y la escala general de los resultados. Estos escenarios deben tener una narrativa clara, plausible y cualitativa, pero también deben estar basados en datos y proporcionar parámetros cuantitativos que ayuden a anclar las evaluaciones de los costos económicos y los riesgos financieros. Estos servirían para ayudar a identificar sectores o geografías que son particularmente vulnerables a los riesgos físicos o de transición o a una combinación de los mismos.

Los escenarios de riesgo físico se utilizan para modelar diferentes resultados climáticos, normalmente especificados como un rango de temperatura, dado un cierto nivel de emisiones. Los escenarios físicos más utilizados son las vías de concentración representativas que alimentan las evaluaciones del IPCC, pero se han desarrollado otros (véase el resumen en IPCC, 2014). Estos escenarios pueden utilizarse para estimar los daños físicos del cambio climático en comparación con un escenario sin cambio climático (véase la Sección 2.2.2 de este informe, incluyendo a Burke et al. (2015), OCDE (2015), Economist Intelligence Unit (2015)).

Los escenarios de transición se utilizan para explorar diferentes opciones de mitigación para alcanzar un determinado resultado climático. Estos escenarios son desarrollados por académicos y han sido resumidos por el Grupo de Trabajo III del IPCC en los informes del IPCC (véase un resumen de los escenarios de 1.5°C en la Sección 2.3.3.1). También han

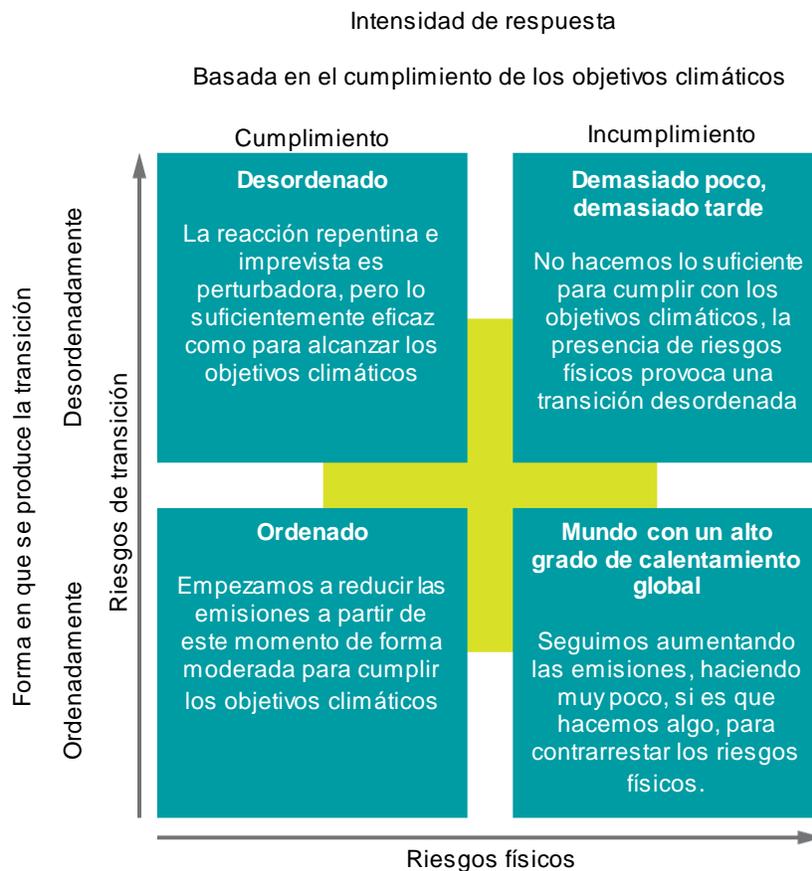
sido desarrollados por varias agencias de energía (AIE e IRENA) y empresas de energía (Shell, BP, Total, Equinor).

Estos escenarios utilizan diferentes supuestos económicos como insumos y se está trabajando para ayudar a estandarizarlos a lo largo de diferentes narrativas de desarrollo socioeconómico. Véanse, por ejemplo, las trayectorias socioeconómicas compartidas, que modelan una serie de diferentes resultados climáticos a lo largo de narrativas económicas con diferentes niveles de mitigación y adaptación. Éstos se muestran en la Figura 3.

Aunque en realidad hay un continuo de resultados de riesgo físico y de transición, hay dos factores principales de estos escenarios que determinan el impacto potencial en la economía y el sistema financiero:

- el nivel total de mitigación o, en otras palabras, la medida en que se toman medidas para reducir las emisiones de GEI (lo que conduce a un resultado climático concreto);
- si la transición se produce de forma ordenada o desordenada, es decir, si las acciones se llevan a cabo de forma fluida y previsible.

Figura 4 Marco de alto nivel para el análisis de escenarios para bancos centrales y supervisores



Una transición ordenada incluye escenarios en los que la transición a una economía neutra en emisiones de carbono ocurre de manera gradual, anticipada, continua y eficiente. Otras "transiciones desordenadas" pueden implicar cambios repentinos, imprevistos,

impredecibles y/o discontinuos. Estos escenarios son menos comunes. La Figura 4 muestra cuatro descripciones representativas de escenarios de alto nivel que toman en consideración tanto las dimensiones físicas como las de transición.

El escenario inferior derecho puede utilizarse para considerar los riesgos físicos a largo plazo para la economía y el sistema financiero en el nivel actual de emisiones. El escenario ordenado de abajo a la izquierda puede utilizarse para entender cómo la política climática (como el precio del carbono) y otros cambios en la tecnología y en el sentimiento para reducir las emisiones afectarían a la economía y al sistema financiero.

Los dos escenarios de arriba pueden utilizarse para considerar cómo podrían manifestarse los riesgos físicos y de transición en la economía y el sistema financiero en un corto período de tiempo (por ejemplo, en respuesta a fenómenos meteorológicos extremos o a un cambio en la política climática que conduzca a una repentina reevaluación de la evolución futura).

6.3 Ejercicios de pruebas de estrés

El objetivo de estos ejercicios es evaluar la resiliencia del sistema financiero ante escenarios hipotéticos, extremos pero plausibles. Esto se hace definiendo, utilizando como insumo los escenarios climáticos, las situaciones de estrés para la economía y los mercados financieros y cuantificando luego el impacto en el balance de cada una de las instituciones. Una dificultad clave es la definición de escenarios plausibles de cómo los riesgos relacionados con el clima pueden afectar al sistema financiero en horizontes temporales mucho más cortos que los utilizados para la modelación macroeconómica.

Los ejercicios que evalúan la resiliencia del sector de seguros en general frente a las catástrofes son los más desarrollados en varias jurisdicciones, y algunos también probaron el incumplimiento simultáneo de los reaseguradores y la disminución de los precios de las acciones y de los bonos corporativos. Estos ejercicios han concluido en general que los aseguradores en general están razonablemente bien capitalizados para administrar los riesgos físicos.

Mientras que hasta la fecha sólo un banco central, el DNB, ha completado una prueba de estrés en la que se ha evaluado la resiliencia del sistema bancario holandés a los diferentes niveles de cambio tecnológico y de política (Vermuelen et al., 2018), otros bancos se encuentran actualmente en el proceso de diseñar un modelo. Éstos se centran principalmente en la estimación del impacto de los riesgos de transición en los balances de las entidades de crédito. Sin embargo, algunos también están considerando la exposición de los prestamistas a eventos de riesgo físico como la sequía.

Estos ejercicios de prueba de estrés deben incluir escenarios con visión a futuro. La evaluación de riesgos que se basa en datos históricos podría subestimar sistemáticamente los riesgos potenciales, tomando en cuenta la creciente probabilidad de daños relacionados con el clima y las incertidumbres y el largo horizonte temporal del cambio climático y el período de transición.

6.4 Indicadores clave de riesgo

A medida que los bancos centrales y los supervisores aprenden más sobre los vínculos entre el cambio climático y el sistema financiero, están discutiendo indicadores clave de riesgo (KRIs, por sus siglas en inglés) para monitorear los riesgos potenciales. Ejemplos de

KRIs incluyen pérdidas aseguradas y no aseguradas debido a eventos catastróficos, préstamos residenciales en áreas expuestas a desastres naturales frecuentes, indicadores financieros tales como precios de acciones y rentabilidad de compañías en sectores "no verdes", exposición crediticia a sectores con alta intensidad de GEI y el precio global del carbono. La NGFS ha elaborado un anteproyecto de lista de indicadores clave de riesgo, que se incluye en el Anexo 1.

6.5 Análisis de exposición del sistema financiero

El objetivo del análisis de exposición es identificar los canales de transmisión de los riesgos relacionados con el clima al sistema financiero y el tamaño de la exposición potencial. Por ejemplo, varios bancos centrales y supervisores han comparado la distribución geográfica de la cobertura de seguros y de la actividad crediticia minorista con los riesgos físicos potenciales, por ejemplo, huracanes e inundaciones.

Otros han tratado de cuantificar la exposición de las carteras financieras a los riesgos de la transición identificando la proporción de activos, como las acciones y los bonos corporativos, que se mantienen en los sectores más expuestos a los riesgos de la transición a una economía con bajas emisiones de carbono. Si bien esto capta los efectos de la primera ronda, es posible que no incorpore plenamente los riesgos más amplios de contagio financiero de una transición económica imprevista.

Algunos bancos centrales y supervisores también han publicado informes en los que se evalúan los riesgos prudenciales para las distintas entidades. Otros, mantienen un diálogo con entidades financieras, como las compañías de seguros de no vida, para identificar los efectos, incluyendo el tamaño de las pérdidas netas, de los desastres naturales para toda la industria. A fin de mitigar estos riesgos, están elaborando marcos para garantizar que los riesgos climáticos se evalúen como parte de sus evaluaciones prudenciales de riesgos.

Una de las barreras clave para evaluar las exposiciones relacionadas con el clima es la disponibilidad de datos para apoyar el análisis granular cuantitativo, *bottom-up*. Los bancos centrales y los supervisores deben combinar los datos de información macroeconómica, de los mercados financieros y de supervisión estándar con las nuevas bases de datos relacionadas con el clima. Algunos de los proveedores incluyen agencias gubernamentales de meteorología y medio ambiente, TruCost, Exiobase, World Input Output Database (WIOD), la Agencia Internacional de la Energía, Global Data (para la energía y los combustibles fósiles), WardsAuto (para los automóviles) y la Base de Datos de Eventos de Emergencia (EM-DAT, por sus siglas en inglés).

7. Principales hallazgos

La revisión de la literatura sugiere que los riesgos físicos y de transición que plantea el cambio climático pueden tener implicaciones sustanciales para la estabilidad macroeconómica y financiera. Por lo tanto, es importante que los bancos centrales y los supervisores los monitoreen, pero es difícil cuantificar con precisión la magnitud de los impactos y los canales de transmisión.

La evaluación de las consecuencias macroeconómicas se basa sobre todo en los IAMs que, incluso en su segunda generación, presentan algunos inconvenientes, especialmente para analizar las consecuencias de no linealidad y no uniformidad del cambio climático. No obstante, se han emprendido nuevas iniciativas que son más adecuadas para tomar en cuenta la heterogeneidad (modelo DSGE de economía climática, Gerst et al., Wolf et al.). La estimación de los impactos de los riesgos relacionados con el clima sobre la estabilidad financiera se basa principalmente en enfoques parciales (i) análisis del balance; ii) enfoques basados en escenarios y iii) estudios de casos (principalmente en el espacio de riesgo físico) que no suelen tomar en cuenta los efectos de segunda vuelta y otros efectos de retroalimentación. Debido a la amplitud de los desafíos (análisis global, enfoque en las consecuencias a largo plazo, contabilización adecuada de los riesgos e incertidumbres históricos sin precedentes y evaluación de la posibilidad de cambios importantes e irreversibles), en la actualidad no es fácil dimensionar con precisión los impactos de los riesgos relacionados con el clima, por lo que es necesario abordar las brechas analíticas. En el Anexo 2 se incluye una lista de estas preguntas de investigación.

La medición cuantitativa del impacto de los riesgos relacionados con el clima en la macroeconomía también depende en gran medida de las hipótesis iniciales adoptadas (horizonte temporal, tipo de descuento, escenario de cambio climático, consideración de la incertidumbre, tiempo de reacción, medidas de política pública, despliegue de nuevas tecnologías, integración de los efectos de la retroalimentación), y los resultados, tanto positivos como negativos, varían enormemente de un país a otro y de un sector a otro. Aunque los canales de transmisión que afectan tanto a la oferta como a la demanda ya están bien identificados, aún no se ha llegado a un acuerdo sobre una consecuencia importante de la mitigación del cambio climático: ¿será el impacto neto sobre el crecimiento positivo o negativo?

La evaluación de los efectos de los riesgos relacionados con el clima en la estabilidad financiera se enfrenta a los mismos problemas: los canales de transmisión están ampliamente identificados (consecuencias directas frente a indirectas, riesgos de crédito/mercado/seguro, consecuencias sobre el riesgo soberano), pero las hipótesis diversificadas (sectores tenidos en cuenta, política climática, mecanismos de retroalimentación, trayectorias de la transición, disponibilidad de las nuevas tecnologías, brechas para la protección) generan una amplia gama de resultados.

La gama de estimaciones requiere un trabajo de mapeo y racionalización de los supuestos que puede realizarse mediante el desarrollo de algunos escenarios plausibles de alto nivel para considerar cómo las diferentes combinaciones de riesgo físico y de transición pueden afectar a la economía, a la vez que son lo suficientemente flexibles para tomar en cuenta las diferencias existentes entre las regiones, los sectores, las industrias y las empresas. Además, la evaluación de la estabilidad financiera mediante la utilización de enfoques de modelación requiere más estimaciones cuantitativas ascendentes del riesgo para emisores

y prestatarios individuales, lo que actualmente no existe. También es necesario comprender mejor cómo se interrelacionan los riesgos físicos y de transición, y la posibilidad de que se produzcan ciclos de retroalimentación relacionados con el clima entre la economía y el sistema financiero.

Es fundamental que los bancos centrales y los supervisores identifiquen con mayor claridad los riesgos relacionados con el clima, tanto físicos como de transición: i) impacto en las variables macroeconómicas que son fundamentales en los marcos monetarios y ii) posibilidad de generar inestabilidad financiera. Como consecuencia, la NGFS ha comenzado este trabajo para comprender mejor los riesgos relacionados con el clima y para desarrollar herramientas para identificar y abordar la acumulación de riesgos, incluyendo potencialmente el pronóstico económico relacionado con el clima, el desarrollo de escenarios macroeconómicos, pruebas de estrés basadas en escenarios, indicadores clave de riesgo y análisis de exposición financiera.

Bibliografía

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. y Hemous, D. (2012)

The environment and directed technical change. *American economic review*, 102(1), pp.131-66.

Ackerman, F., Stanton, E.A. y Bueno, R. (2012)

Climate policy and development: an economic analysis. Consultado en línea el 03/06/2019:

https://www.researchgate.net/profile/Frank_Ackerman/publication/265067061_Climate_policy_and_development_an_economic_analysis/links/54abdbbd0cf2bce6aa1dc1a1/Climate-policy-and-development-an-economic-analysis.pdf

Albrizio, S., Botta, E., Koźluk, T. y Zipperer, V. (2014)

Do environmental policies matter for productivity growth? : Insights from New Cross-Country

Measures of Environmental Policies. OECD Economics Department Working Papers, No. 1176, OECD Publishing, Paris.

Consultado en línea el 03/06/2019: <http://dx.doi.org/10.1787/5jxrjncjrcxp-en>

Angenendt, E., Poganietz, W. R., Bos, U., Wagner, S. y Schippl, J. (2018)

Modelling and Tools Supporting the Transition to a Bioeconomy. *Bioeconomy*, pp. 287-314, Springer, Cham.

Banco Asiático de Desarrollo (2017)

A Region at Risk - The Human Dimensions of Climate Change in Asia and the Pacific.

Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.adb.org/publications/region-at-risk-climate-change>

Assenza, T., Gatti, D.D. y Grazzini, J. (2015)

Emergent dynamics of a macroeconomic agent based model with capital and credit. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 50, pp.5-28.

Auffhammer, M. (2018)

Quantifying economic damages from climate change. *Journal of Economic Perspectives*, 32(4), pp.33-52.

Aymanns, C. y Farmer, J.D. (2015)

The dynamics of the leverage cycle. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 50, pp.155-179.

Batten, S., Sowerbutts, R., y Tanaka, M. (2016)

Let's talk about the weather: the impact of climate change on central banks. Bank of England, Staff Working Paper, No. 603.

Batten, S. (2018)

Climate change and the macro-economy: a critical review. Bank of England, Staff Working Paper, No. 706.

Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F. y Visentin, G. (2017)

A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7(4), p.283.

Berman, E. y Bui, L.T. (2001)

Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries. *Review of Economics and Statistics*, 83(3), pp.498-510.

Bloom, N., Bond, S. y van Reenen, J. (2007)

Uncertainty and investment dynamics. *The review of economic studies*, 74(2), pp.391-415.

Bordo, M., Dueker, M.J. y Wheelock, D.C. (2001)

Aggregate Price Shocks and Financial instability: a Historical Analysis. FRB of Saint Louis, Working Paper, 2000-005B.

Bowen, A., Cochrane, S. y Fankhauser, S. (2012)

Climate change, adaptation and economic growth. *Climatic change*, 113(2), pp.95-106.

Braun-Munzinger, K., Liu, Z. y Turrell, A. (2016)

An agent-based model of dynamics in corporate bond trading. Bank of England, Staff Working Paper, No. 592.

Bullard N. y Shurey D. (2018)

How the World's Governments Are Approaching Earth-Friendly Investing: Asia's green bonds get carrots, Europe's get sticks, and American entities are leading the way.

Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2018-07-24/green-bonds-could-become-a-key-part-of-global-capital-markets>

Burke, M., Hsiang, S.M. y Miguel, E. (2015)

Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527(7577), p.235.

Cai, Y., Judd, K.L. y Lontzek, T.S. (2013)

The Social Cost of Stochastic and Irreversible Climate Change. NBER Working Paper, No. 18704.

Caiani, A., Godin, A., Caverzasi, E., Gallegati, M., Kinsella, S. y Stiglitz, J. E. (2016)

Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 69, pp.375-408.

Calel, R. y Dechezlepretre, A. (2016)

Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market. *Review of economics and statistics*, 98(1), pp.173-191.

Campiglio, E., Dafermos, Y., Monnin, P., Ryan-Collins, J., Schotten, G. y Tanaka, M. (2018)

Climate change challenges for central banks and financial regulators. *Nature Climate Change*, 8(6), p.462.

Carbon Tracker (2018)

Mind the gap: The \$1.6 trillion energy transition risk. Consultado en línea el 18/02/2019: <https://www.carbontracker.org/reports/mind-the-gap>

Carbon Trust (2008)

Climate change – a business revolution? How tackling climate change could create or destroy company value.

Consultado en línea el 18/02/2019: <https://www.carbontrust.com/media/84956/ctc740-climate-change-a-business-revolution.pdf>

Carney, M. (2015)

Breaking the Tragedy of the Horizon – Climate change and financial stability. Discurso pronunciado en el Lloyd's de Londres, 29, pp.220-230.

CISL - Kelly, S. y Reynolds, J. (2016)

Unhedgeable risk: How climate change sentiment impacts investment. Central Banking, Climate Change and Environmental Sustainability, University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL).

Climate Bonds Initiative (2018)

Bonds and the market: The State of the Market. September 2018.

Consultado en línea el 03/06/2019:

https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_sotm_2018_final_01k-web.pdf

Cortés, K. R. y Strahan, P.E. (2017)

Tracing out capital flows: How financially integrated banks respond to natural disasters. Journal of Financial Economics, 125(1), pp.182-199.

Dafermos, Y., Nikolaidi, M. y Galanis, G. (2017)

A stock-flow-fund ecological macroeconomic model. Ecological Economics, 131, pp.191-207.

Debelle, G. (2019)

Climate change and the economy. Speech given at the Public Forum hosted by the Centre for Policy Development.

Dell, M., Jones, B. F. y Olken, B. A. (2014)

What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. Journal of Economic Literature, 52(3), 740-98.

Dietz, S. y Stern, N. (2015)

Endogenous growth, convexity of damage and climate risk: how Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions. The Economic Journal, 125(583), pp.574-620.

Comisión Europea (2018)

Action Plan: Financing Sustainable Growth. Consultado en línea el 03/06/2019:

https://ec.europa.eu/info/publications/180308-action-plan-sustainable-growth_en

Economist Intelligence Unit (2015)

The cost of inaction: Recognising the value at risk from climate change. London: Economist Intelligence Unit.

EBRD y Centro Global de Excelencia en Adaptación Climática (2018)

Advancing TCFD guidance on physical climate risks and opportunities.

Consultado en línea el 03/06/2019: http://427mt.com/wp-content/uploads/2018/05/EBRD-GCECA_final_report.pdf

ESRB - Gros, D., Lane, P.R., Langfield, S., Matikainen, S., Pagano, M., Schoenmaker, D. y Suarez, J. (2016)

Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk. Reports of the Advisory Scientific Committee, No. 6.

Fankhauser, S., Bowen, A., Calel, R., Dechezleprêtre, A., Grover, D., Rydge, J. y Sato, M. (2013)

Who will win the green race? In search of environmental competitiveness and innovation. *Global Environmental Change*, 23(5), pp.902-913.

Farmer, J.D., Hepburn, C., Mealy, P. y Teytelboym, A. (2015)

A third wave in the economics of climate change. *Environmental and Resource Economics*, 62(2), pp.329-357.

Finansinspektionen - Bowen, A. y Dietz, S. (2016)

The effects of climate change on financial stability, with particular reference to Sweden. A report for Finansinspektionen.

Consultado en línea el 03/06/2019:

<https://www.fi.se/contentassets/df3648b6cbf448ca822d3469eca4dea3/climat-change-financial-stability-sweden.pdf>

Fischer, T. y Riedler, J. (2014)

Prices, debt and market structure in an agent-based model of the financial market. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 48, pp.95-120.

Franke, R. y Westerhoff, F. (2012)

Structural stochastic volatility in asset pricing dynamics: Estimation and model contest. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 36(8), pp.1193-1211.

Furman, J., Shadbegian, R. y Stock, J. (2015)

The cost of delaying action to stem climate change: A meta-analysis. *Climate Change*, 31. Consultado en línea el 03/06/2019: <http://www.voxeu.org/article/cost-delayingactionstem-climate-change-meta-analysis>

G20 Sustainable Finance Study Group (2017)

Enhancing environmental risk assessment in financial decision-making.

Consultado en línea el 03/06/2019: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2017/07/Enhancing_Environmental_Risk_Assessment_in_Financial_Decision-making.pdf

Garmaise, M. J. y Moskowitz, T. J. (2009)

Catastrophic risk and credit markets. *The Journal of Finance*, 64(2), pp.657-707.

Gassebner, M., Keck, A. y Teh, R. (2010)

Shaken, not stirred: the impact of disasters on international trade. *Review of International Economics*, 18(2), pp.351-368.

Gatti, D.D. y Desiderio, S. (2015)

Monetary policy experiments in an agent-based model with financial frictions. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 10(2), pp.265-286.

Ministerio de Finanzas de Alemania (2016)

Climate change and financial markets.

Consultado en línea el 03/06/2019:

https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/EN/Standardartikel/Topics/Financial_markets/Articles/2016-09-19-Climate-change-and-financial-markets.html

Gerst, M.D., Wang, P., Roventini, A., Fagiolo, G., Dosi, G., Howarth, R.B. y Borsuk, M.E. (2013)

Agent-based modeling of climate policy: An introduction to the ENGAGE multi-level model framework. *Environmental modelling & software*, 44, pp.62-75.

Gilbert, B., Tunney, T.D., McCann, K.S., DeLong, J.P., Vasseur, D.A., Savage, V., Shurin, J.B., Dell, A.I., Barton, B.T., Harley, C.D. y Kharouba, H.M. (2014)

A bioenergetic framework for the temperature dependence of trophic interactions. *Ecology Letters*, 17(8), pp.902-914

Comisión Mundial sobre la Economía y el Clima (2018)

Unlocking the inclusive growth - Story of the 21st century: Accelerating climate action In urgent times.

Consultado en línea el 03/06/2019: <https://newclimateeconomy.report/2018/>

Golosov, M., Hassler, J., Krusell, P. y Tsyvinski, A. (2014)

Optimal taxes on fossil fuel in general equilibrium. *Econometrica*, 82(1), pp.41-88.

Gourio, F. (2012)

Disaster risk and business cycles. *American Economic Review*, 102(6), pp.2734-66.

Gualdi, S., Tarzia, M., Zamponi, F. y Bouchaud, J.P. (2015)

Tipping points in macroeconomic agent-based models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 50, pp.29-61.

Hardt, L. y O'Neill, D. W. (2017)

Ecological macroeconomic models: Assessing current developments. *Ecological economics*, 134, pp.198-211.

Hayne, M., Jung, C., Thomae, J. y Novitskiy, A. (forthcoming)

A Climate Minsky Moment – Accumulating Transition Risk in UK Insurers and Investment Funds. Bank of England, Staff Working Paper.

Hebbink, G., Berkvens, L., Bun, M., van Kerkhoff, H., Koistinen, J., Schotten, G. y Stokman, A. (2018)

The price of transition: an analysis of the economic implications of carbon taxing. DNB, Occasional Studies, No. 1608.

Henriet, F., Maggiar, N., y Schubert, K. (2014)

A stylized applied energy-economy model for France. *The Energy Journal*, 1-37.

Herbst, A., Toro, F., Reitze, F. y Jochem, E. (2012)

Introduction to energy systems modelling. *Swiss journal of economics and statistics*, 148(2), pp.111-135.

Ho, D.T.K. (2018)

Climate change in Malaysia: Trends, contributors, impacts, mitigation and adaptations. *Science of the Total Environment*, 650(2), pp.1858-1871.

Hope, C., Anderson, J. y Wenman, P. (1993)

Policy analysis of the greenhouse effect: an application of the PAGE model. *Energy Policy*, 21.3, pp.327-338.

Hornbeck, R. (2009)

The enduring impact of the American Dust Bowl. NBER Working Paper, No. 15605.

Hourcade, J.C. y Robinson, J. (1996)

Mitigating factors: assessing the costs of reducing GHG emissions. *Energy Policy*, 24(10-11), pp.863-873.

Houser, T., Hsiang, S., Kopp, R., Larsen, K., Delgado, M., Jina, A., Mastrandrea, M., Mohan, S., Muir-Wood, R., Rasmussen, D.J. y Rising, J. (2015)

Economic risks of climate change: an American prospectus. Columbia University Press.

HSBC (2013)

Oil and Carbon revisited: Value at risk from 'unburnable' reserves. HSBC Global Research.

Consultado en línea el 03/06/2019: https://s3.amazonaws.com/stateinnovation-uploads/uploads/asset/asset_file/Oil_and_carbon_revisited.pdf

Hsiang, S., Kopp, R., Jina, A., Rising, J., Delgado, M., Mohan, S., Rasmussen, D.J., Muir-Wood, R., Wilson, P., Oppenheimer, M. y Larsen, K. (2017)

Estimating economic damage from climate change in the United States. *Science*, 356(6345), pp.1362-1369.

Agencia Internacional de la Energía (2017)

World Energy Outlook 2017, IEA, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/weo-2017-en>

Agencia Internacional de la Energía (2018)

World Energy Outlook 2018, IEA, Paris, <https://doi.org/10.1787/weo-2018-en>

IPCC (2014)

IPCC fifth assessment synthesis report-climate change 2014 synthesis report. [Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N.K. y Edenhofer, O. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2018)

Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O. , Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R. , Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C. , Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R. ,

Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield, T. (eds.]. In Press.

IRENA (2017)

Stranded assets and renewables: how the energy transition affects the value of energy reserves buildings and capital stock. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, www.irena.org/remap

Juárez-Torres, M. y Sánchez-Aragón, L. (2012)

Effectiveness of Weather Derivatives as a Cross-Hedging Instrument against Climate Change: The Cases of Reservoir Water Allocation Management in Guanajuato, Mexico and Lambayeque, Peru.

Juárez-Torres, M., Sánchez-Aragón, L. y Vedenov, D. (2017)

Weather Derivatives and Water Management in Developing Countries: An Application for an Irrigation District in Central Mexico. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 42(1835-2017-644).

Keen, B.D. y Pakko, M.R. (2011)

Monetary policy and natural disasters in a DSGE model. *Southern Economic Journal*, 77(4), pp.973-990.

Kelly, D.L. y Kolstad, C.D. (1999)

Bayesian learning, growth, and pollution. *Journal of economic dynamics and control*, 23(4), pp.491-518.

Klomp, J. (2014)

Financial fragility and natural disasters: An empirical analysis. *Journal of Financial Stability*, 13, pp.180-192.

Klomp, J. (2017)

Flooded with debt. *Journal of International Money and Finance*, 73, pp.93-103.

Kraemer, M. y Negrila, L. (2014)

Climate change is a global mega-trend for sovereign risk. CreditWeek Special Report: Climate Change, Preparing for the Long Term. Standard and Poor's Ratings Services McGraw Hill Financial. Consultado en línea el 03/06/2019: <http://www.mhfigi.com/wp-content/uploads/2014/06/Climate-Change-Special-Report-Credit-Week.pdf>.

Krusell, P. y Smith, A. (2009)

Macroeconomics and global climate change: Transition for a many-region economy. Manuscript, IIES, Stockholm.

Laframboise, N. y Loko, B. (2012)

Natural disasters: mitigating impact, managing risks. IMF Working Paper, WP/12/245.

Lambert, C., Noth, F. y Schüwer, U. (2014)

How do insured deposits affect bank stability? Evidence from the 2008 emergency economic stabilization act. Working Paper Series, 38, SAFE.

Lamond, J. (2009)

Flooding and property values. Other. RICS, London.
Consultado en línea el 03/06/2019: <http://eprints.uwe.ac.uk/16006>

Landa, G., Reynes F. y Islas, I. (2015)
Towards a low carbon growth in Mexico: is a double dividend possible? A Dynamic General Equilibrium Assessment. AFD
Research Paper Series, No. 2015-09

Landon-Lane, J., Rockoff, H. y Steckel, R.H. (2009)
Droughts, floods and financial distress in the United States. NBER Working Paper, No. w15596.

Lewis, M. y Birt, M. (2017)
Measuring physical climate risk. DWS.
Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.dws.com/en-hk/insights/global-research-institute/physical-climate-risk/>

Maynard, T., Beecroft, N., Gonzalez, S. y Restell, L. (2014)
Climate change modelling and climate change. Lloyds. Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.lloyds.com/news-and-risk-insight/risk-reports/library/natural-environment/catastrophe-modelling-and-climate-change>

McCauley, D. y Heffron, R. (2018)
Just transition: Integrating climate, energy and environmental justice. Energy policy, 119, pp.1-7.

Mercure, J.F., Pollitt, H., Viñuales, J.E., Edwards, N.R., Holden, P.B., Chewpreecha, U., Salas, P., Sognaes, I., Lam, A. y Knobloch, F. (2018)
Macroeconomic impact of stranded fossil fuel assets. Nature Climate Change, 8(7), p.588.

Monasterolo, I. y Raberto, M. (2017)
Is there a role for central banks in the low-carbon transition? A stock-flow consistent modelling approach. SSRN Electronic Journal, November 21, 2017. Consultado en línea el 03/06/2019: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3075247

Moyer, E.J., Woolley, M.D., Matteson, N.J., Glotter, M.J. y Weisbach, D.A. (2014)
Climate impacts on economic growth as drivers of uncertainty in the social cost of carbon. The Journal of Legal Studies, 43(2), pp.401-425.

MunichRe (2018)
Natural catastrophe review 2017.
Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.munichre.com/en/media-relations/publications/press-releases/2018/2018-01-04-press-release/index.html>.

Nordhaus, W.D. (1994)
Managing the global commons: the economics of climate change (Vol. 31). Cambridge, MA: MIT press.

Nordhaus, W.D. y Yang, Z. (1996)
A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate-change strategies. The American Economic Review, pp.741-765.

Nordhaus, W.D. (2017)

Revisiting the social cost of carbon. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(7), pp.1518-1523.

Nordhaus, W.D. (2018)

Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies. American Economic Journal, Economic Policy, 10(3), pp.333-60.

Noy, I. (2009)

The macroeconomic consequences of disasters. Journal of Development economics, 88(2), pp.221-231.

OECD (2015)

The Economic Consequences of Climate Change, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264235410-en>.

OECD (2017)

Investing in Climate, Investing in Growth, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264273528-en>.

Oh, C.H. y Reuveny, R. (2010)

Climatic natural disasters, political risk, and international trade. Global Environmental Change, 20(2), pp.243-254.

Pankratz, N.M. (2018)

Climate Change, Firm Performance & Investor Surprises, mimeo, Maastricht University, Department of Finance, European Center for Sustainable Finance (ECCE). Consultado en línea el 03/06/2019: https://www.cepweb.org/wp-content/uploads/2018/12/Pankratz_Paper.pdf

Patt, A. y Siebenhüner, B. (2005)

Agent Based Modeling and Adaption to Climate Change. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, 74(2), pp.310-320.

Pindyck, R.S. (2013)

Climate change policy: what do the models tell us?. Journal of Economic Literature, 51(3), pp.860-72.

Poledna, S. y Thurner, S. (2016)

Elimination of systemic risk in financial networks by means of a systemic risk transaction tax. Quantitative Finance, 16(10), pp.1599-1613.

Porter, M.E. y van der Linde, C. (1995)

Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. Journal of economic perspectives, 9(4), pp.97-118.

Prudential Regulation Authority (2015)

The impact of climate change on the UK insurance sector.

Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/publication/impact-of-climate-change-on-the-uk-insurance-sector.pdf>

Prudential Regulation Authority (2018)

Transition in thinking: the impact of climate change on the UK banking sector.

Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/prudential-regulation/report/transition-in-thinking-the-impact-of-climate-change-on-the-uk-banking-sector.pdf?la=en&hash=A0C99529978C94AC8E1C6B4CE1EECD8C05CBF40D>

Rai, V. y Henry, A.D. (2016)

Agent-based modelling of consumer energy choices. *Nature Climate Change*, 6(6), p.556.

Rivera, G.L., Reynès, F., Cortes, I.I., Bellocq, F.X. y Grazi, F. (2016)

Towards a low carbon growth in Mexico: Is a double dividend possible? A dynamic general equilibrium assessment. *Energy Policy*, 96, pp.314-327.

Roe, G.H. y Baker, M.B. (2007)

Why is climate sensitivity so unpredictable?, *Science*, 318(5850), pp.629-632.

Rozenberg, J., Vogt-Schilb, A. y Hallegatte, S. (2014)

Transition to clean capital, irreversible investment and stranded assets. The World Bank, Policy Research Working Paper, WPS6859.

Schanz, K. y Wang, W. (2014)

The global insurance protection gap. The Geneva Association. Consultado en línea el 03/06/2019: https://www.genevaassociation.org/sites/default/files/research-topics-document-type/pdf_public/ga2014-the_global_insurance_protection_gap_1.pdf

Schinko, T., Bachner, G., Schleicher, S. P. y Steininger, K. W. (2017)

Modeling for insights not numbers: The long-term low-carbon transformation. *Atmósfera*, 30(2), pp.137-161.

Schotten, G., van Ewijk, S., Regelink, M., Dicou, D. y Kakes, J. (2016)

Time for Transition - An exploratory study of the transition to a carbon-neutral economy. DNB Occasional Studies, Vol. 14–2.

Consultado en línea el 03/06/2019: https://www.dnb.nl/en/binaries/tt_tcm47-338545.pdf

Schwartz, A.J. (1995)

Coping with financial fragility: a global perspective. *Coping with Financial Fragility and Systemic Risk* (pp. 251-257). Springer, Boston, MA.

Scott, M., van Huizen, J., y Jung, C. (2017)

The Bank's response to climate change, *Bank of England Quarterly Bulletin*, 2017, vol. 57, issue 2, pp.98-109.

Stenek, V., Amado, J.C. y Connell, R. (2011)

Climate Risk and Financial Institutions: Challenges and Opportunities. IFC. Consultado en línea el 03/06/2019:

https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/a23f1841-294d-4477-9fd7-9185625dc1fe/IFCClimate_RiskandFls_FullReport.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROO_TWORKSPACE-a23f1841-294d-4477-9fd7-9185625dc1fe-iqeAwCp

Stern, N. (2007)

The economics of climate change: the Stern review. Cambridge University press.

Stolbova, V., Monasterolo, I. y Battiston, S. (2018)

A financial macro-network approach to climate policy evaluation. *Ecological Economics*, 149, pp.239-253.

Strauss, B.H., Kulp, S. y Levermann, A. (2015)

Mapping Choices: Carbon, Climate and Rising Seas—Our Global Legacy. Climate Central. Consultado en línea el 03/06/2019:

<http://sealevel.climatecentral.org/uploads/research/Global-Mapping-Choices-Report.pdf>

Tang, K.H. (2019)

Climate Change in Malaysia: Trends, Contributors, Impacts, Mitigation and Adaptations. *Science of the Total Environment*, Vol. 650, Part 2, February, pp.1858-1871.

Thober, J., Schwarz, N. y Hermans, K. (2018)

Agent-based modeling of environment-migration linkages: a review. *Ecology and society*, 23(2).

Tol, R.S. (1997)

On the optimal control of carbon dioxide emissions: an application of FUND. *Environmental Modeling & Assessment*, 2(3), pp.151-163.

Tol, R.S. (2009)

The economic effects of climate change. *Journal of economic perspectives*, 23(2), pp.29-51.

Tol, R. S. (2014)

Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the literature: A re-analysis. *Energy Policy*, 73, 701-705.

Vermeulen, R., Schets, E., Lohuis, M., Kolbl, B., Jansen, D.J. y Heeringa, W. (2018)

An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. DNB Occasional Studies, Volume 16—7.

Von Peter, G., von Dahlen, S. y Saxena, S.C. (2012)

Unmitigated disasters? New evidence on the macroeconomic cost of natural catastrophes. Consultado en línea el 03/06/2019: <https://www.bis.org/publ/work394.pdf>

Wei, D., Brugués, A., Rose, A., Carlos, A., García, R. y Martínez, F. (2017)

Climate change and the economy in Baja California: Assessment of macroeconomic impacts of the State's Climate Action Plan. *Ecological economics*, 131, pp.373-388.

Weyzig, F., Kuepper, B., van Gelder, J.W. y van Tilburg, R. (2014)

The price of doing too little too late. The impact of the carbon bubble on the EU financial system, Green European Foundation, Brussels.

Wolf, S., Fürst, S., Mandel, A., Lass, W., Lincke, D., Pablo-Martí, F. y Jaeger, C. (2013)
A multi-agent model of several economic regions. *Environmental Modelling & Software*,
44:25–43.

Yaakob, O. y Quah, P.C. (2005)

Weather downtime and its effect on fishing operation in Peninsular Malaysia. *Jurnal
Teknologi*, 42(1), pp.13-26.

Zurairi, A.R. (2018)

Climate-related Natural Disasters Cost Malaysia RM8 billion in Last 20 Years. *The Malay
Mail*.

Agradecimientos

El suplemento técnico *Estabilidad macroeconómica y financiera: Implicaciones del cambio climático* es un esfuerzo de colaboración de los miembros de la corriente de trabajo Macrofinanciero del NGFS. Fue preparado conjuntamente por el equipo de la Presidencia del Bank of England (Ryan Barrett, Theresa Löber y Sini Matikainen) y la Secretaría del NGFS en Banque de France (Guillaume Richet-Bourbousse y Thomas Allen).

El presidente de la corriente de trabajo Macrofinanciera agradece las contribuciones de: Theodora Antonakaki (Bank of Greece), Qaiser Iskandar Anwarudin (Bank Negara Malaysia), Rie Asakura (Japan Financial Services Agency), Sandra Batten (Bank of England), Laurent Clerc (Banque de France), Valérie Chouard (Banque de France), Rafael Noel Del Villar Alrich (Banco de México), Stephane Dees (Banque de France), Edward Denbee (Bank of England), Knut Eeg (Norway Finanstilsynet), Torsten Ehlers (Bank for International Settlements), Christian Elbers (Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht), Erik Ens (Bank of Canada), Torbjorn Hegeland (Norges Bank), Ivan Faiella (Banca d'Italia), Alexandre Francart (Banque nationale de Belgique), Philipp Haenle (Bundesbank), Kevin Hoskin (Reserve Bank of New Zealand), Carsten Jung (Bank of England), Dejan Krusec (European Central Bank), Federico Lubello (Banque centrale du Luxembourg), Otso Manninen (Bank of Finland), Giacomo Manzelli (Banca d'Italia), Miguel Mólico (Bank of Canada), Benjamin Nagy (Magyar Nemzeti Bank), Conny Olovsson (Sveriges Riksbank), Ernesto Infante Barbosa (Banco de México), Laura Parisi (European Central Bank), Frank Pierschel (Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht), Wolfgang Pointner (Oesterreichische Nationalbank), Muhamad Shukri Abdul Rani (Bank Negara Malaysia), Henk Jan Reinders (De Nederlandsche Bank), Ricardo Gimeno (Banco de España), Vassiliki Roussou (Bank of Greece), Edo Schets (De Nederlandsche Bank), Guido Schotten (De Nederlandsche Bank), Rui Silva (Banco de Portugal), Eva Soebbeke (Bundesbank), Haakon Solheim (Norges Bank), Dejan Vasiljev (European Bank for Reconstruction and Development), David Wakeling (Reserve Bank of Australia) y Benjamin Weigert (Bundesbank).

Anexo 1 Lista preliminar de indicadores clave de riesgo

1. Un monitor para hacer un seguimiento de los problemas significativos en materia de cambio climático

El monitoreo de riesgos debe responder a preguntas generales como: "¿En qué estado se encuentra el mundo en el que vivimos actualmente?" y "¿qué puede suceder mañana?" Esto se puede dividir en dos temas: i) seguimiento del estado del sistema ("monitoreo de diagnóstico") y ii) ayuda para identificar tendencias emergentes ("monitoreo de pronóstico"). Tradicionalmente, el monitoreo se basa en observaciones (o en una combinación de observaciones y evaluaciones de modelos) y precede al análisis de escenarios o de pruebas de estrés.

A efectos de la supervisión de la estabilidad financiera, un marco eficaz de supervisión del riesgo climático debería proporcionar una evaluación de los riesgos potenciales del cambio climático actual y futuro. El seguimiento debe abarcar los riesgos relacionados con el clima (físicos y transitorios), sus causas (indicadores climáticos) y sus consecuencias para el sistema financiero (evolución del perfil de riesgo de las instituciones financieras, cambios en las variables macroeconómicas clave), con una posible diferenciación entre contrapartes e instrumentos financieros. Una subcategoría de riesgos de transición, que es relevante también para una mejor comprensión de cómo se incorpora el cambio climático en la toma de decisiones de inversión, se relaciona con el monitoreo del desarrollo de productos y mercados de financiamiento verde y los riesgos/oportunidades asociados a ellos.

2. Definición de un conjunto de métricas precisas y listado de fuentes

a. Objetivo principal

Meta(s) de mitigación del cambio climático mundial
Metas de emisiones de GEI

b. Indicadores de riesgo físico

Preguntas clave:

¿Cuál es el estado actual del clima (evolución de la temperatura y precipitaciones a largo plazo)?

¿Cuáles son las tendencias identificadas en términos de impactos del cambio climático?

¿Qué escenarios parecen plausibles en un horizonte temporal específico (por ejemplo, la duración media de una cartera de crédito determinada)?

¿Cuáles son los impactos del cambio climático: pérdidas humanas y perspectiva de costos del riesgo físico por sectores?

Indicador	Disponibilidad de datos	Horizonte del riesgo	Fuente potencial
Indicadores primarios para el monitoreo de bancos centrales y supervisores			
	Cuantitativo	Presente	IPCC

Concentración de GEI en la atmósfera	Fácil de obtener		
Emisiones actuales de GEI	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Emisiones de GEI previstas	Cuantitativo	Futuro	IPCC
	Se necesita modelar		
Aumento de la temperatura a nivel mundial y regional a largo plazo	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Evolución de la producción mundial por sectores	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Pérdidas originadas por tipos de eventos (ajustadas por el incremento del valor de los activos afectados y tomando en cuenta las diferencias en términos de desarrollo).	Cuantitativo	Presente	Munich Re
	Fácil de obtener		
Pérdidas por sectores (ajustadas por el incremento del valor de los activos afectados y tomando en cuenta las diferencias en términos de desarrollo).	Cuantitativo	Presente	
	Difícil de obtener		
Indicadores secundarios para un mayor análisis			
Acidificación de los océanos	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Cambios en las precipitaciones a largo plazo	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		

Reducción a largo plazo de las variaciones ex cíclicas de la criósfera	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Aumento a largo plazo del nivel del mar	Cuantitativo	Presente	IPCC
	Fácil de obtener		
Número, intensidad y extensión de las tormentas de viento, por ejemplo, ciclones tropicales y tornados.	Cuantitativo	Presente	CatNat.net
	Fácil de obtener		
Número y duración de las sequías	Cuantitativo	Presente	CatNat.net
	Fácil de obtener		
Número y masa terrestre afectada por las inundaciones	Cuantitativo	Presente	CatNat.net
	Fácil de obtener		
Número, intensidad y zonas afectadas por el granizo, las tormentas de nieve y otras anomalías meteorológicas	Cuantitativo	Presente	CatNat.net
	Fácil de obtener		
Evolución de las primas de seguro (ajustadas por factores no climáticos y aumento del valor de los bienes asegurados)	Cuantitativo	Presente	
	Fácil de obtener		
Medidas de adaptación adoptadas y costo de la adaptación (por ejemplo, medidas de protección contra las inundaciones, códigos de construcción a prueba de huracanes).	Cualitativo y Cuantitativo	Presente	
	Difícil de obtener		

c. Indicadores de riesgo de transición

Preguntas clave:

¿Cuál es la tendencia en términos de riesgo de transición entre los diferentes sectores, mitigación y adaptación?

Indicador	Disponibilidad de datos	Horizonte del riesgo	Fuente potencial
Indicadores primarios para el monitoreo de bancos centrales y supervisores			
Situación actual de los sectores expuestos directamente a los riesgos de la transición (industria de producción y refinación de carbón/petróleo/gas, producción de energías fósiles, producción de cemento, transporte, edificios (calefacción, agua caliente y electricidad), industria manufacturera..., según los códigos de la NACE): evolución de la producción mundial, de los ingresos netos, del valor de las acciones, de la intensidad de las emisiones de carbono y de la eficiencia energética, etc...	Cuantitativo	Presente	Información a revelar
	Fácil de obtener para datos económicos Difícil de obtener para la exposición al clima en espera de mejoras en la divulgación de información		
Avances en los procesos de mitigación y adaptación (capacidad de producción y costos): avances tecnológicos, compromiso con las empresas en las que se invierte/deudores.	Cualitativo and Cuantitativo	Presente	
	Difícil de obtener		
Evolución de los precios de los commodities	Cuantitativo	Presente	Bloomberg
	Fácil de obtener		
Precio de los derechos de emisión de la UE	Cuantitativo	Presente	www.eex.com
	Fácil de obtener		

Indicadores secundarios para un mayor análisis			
Políticas climáticas a nivel mundial, regional y local anunciadas e implementadas, incluyendo el precio mundial del carbono, los impuestos nacionales, regionales y locales ambientales y sobre las emisiones de carbono.	Cualitativo	Presente y futuro	
	Fácil de obtener		

d. Financiamiento verde: expansión, precios y riesgos

<p>Preguntas clave:</p> <p>¿Cómo se mantiene el sistema financiero al día con la transición?</p> <p>¿Cuáles son los cambios en las primas de riesgo, los vencimientos, el uso de los ingresos de los bonos verdes y el % de participación en los mercados de capitales?</p>

Indicador	Disponibilidad de datos	Horizonte del riesgo	Fuente potencial
Indicadores primarios para el monitoreo de bancos centrales y supervisores			
Desarrollo de mercados financieros verdes por productos (cantidad pendiente) y regiones. Comparación con el valor total de mercado.	Cuantitativo	Presente	CBI, Eikon
	Fácil de obtener (bonos) Difícil de obtener (datos sobre inversión en fondos verdes y no verdes)		
Evolución de las primas de riesgo	Cuantitativo	Presente	Bloomberg
	Fácil de obtener		
Vencimientos	Cuantitativo	Presente	Bloomberg
	Fácil de obtener		
Utilización de los recursos de los bonos verdes	Cualitativo	Presente	CBI
	Fácil de obtener		

Coherencia de los productos con las clasificaciones/etiquetas verdes	Cualitativo	Presente	CBI
	Fácil de obtener		
Alineación con el objetivo de 2°C o con el respectivo objetivo nacional obligatorio.	Cuantitativo	Presente	
	Se necesita modelar	Mirando hacia el futuro	
Indicadores secundarios para un mayor análisis			
Desarrollo de la innovación financiera	Cualitativo		
	Fácil de obtener		

e. Impactos en la economía real y en el sistema financiero

<p>Preguntas clave:</p> <p>¿Cuáles son los impactos observados del cambio climático y la transición hacia una economía neutra en emisiones de carbono en la macroeconomía y en el sistema financiero?</p> <p>¿Cuáles son los impactos a corto y largo plazo por el lado de la oferta y por el lado de la demanda?</p> <p>En cuanto a los riesgos físicos: ¿cuál es la exposición de las carteras de préstamos e inversiones a estos sectores y regiones? ¿Cuál es el impacto de estos eventos en las variables macroeconómicas?</p> <p>Para riesgos de transición: ¿Qué impacto tiene esto en las variables macroeconómicas?</p> <p>¿Cuál es la tendencia en términos de riesgo de transición en los mercados financieros (por ejemplo, precios del carbono, materias primas, acciones, bonos, etc.) y calificaciones crediticias? ¿Cuáles son las diferentes políticas que se anuncian y cuál es su impacto?</p>

Indicador	Disponibilidad de datos	Horizonte del riesgo	Fuente potencial
Indicadores primarios para el monitoreo de bancos centrales y supervisores			
Pérdidas totales y aseguradas en USD para eventos de pérdidas relevantes, ajustadas por el aumento en el valor de los activos asegurados.	Cuantitativo	Presente	La Asociación de Ginebra (<i>The Geneva Association</i>)
	Fácil de obtener		

Empresas de seguros para el lado del pasivo: suma asegurada en edificios, bienes inmuebles e interrupción de actividades, también en comparación con el conjunto de la cartera de seguros, en particular en las regiones propensas a catástrofes.	Cuantitativo	Presente	Información a revelar
	Fácil de obtener		
Instituciones financieras: intensidad media de carbono de las exposiciones/activos/carteras, tipo de exposiciones (financiación directa, financiación estructurada), parte de los ingresos de los sectores expuestos a estos riesgos (por ejemplo, activos no recuperados), duración de las exposiciones (acciones frente a instrumentos de deuda), exposición indirecta a través de otras instituciones financieras, contracción de préstamos de los bancos, pérdida de confianza de los inversionistas, aumento del riesgo crediticio y el riesgo de contraparte, reducción de las puntuaciones, descenso permanente de los precios de los activos expuestos, riesgo de liquidez sobre estos activos.	Cuantitativo	Presente	Información a revelar
	Difícil de obtener		
Préstamos hipotecarios residenciales y (des)asegurabilidad en zonas que se enfrentan a catástrofes naturales, indicadores financieros como los precios de los	Cuantitativo	Presente	

activos/patrimonio (pérdida de valor de los activos, precios más bajos de las acciones, mayores swaps de incumplimiento (CDS) y menor rentabilidad de las empresas en los sectores "no verdes" ...)	Difícil de obtener datos consolidados a nivel mundial		
Evolución de las calificaciones crediticias	Cuantitativo	Presente Mirando hacia el futuro	Bloomberg
	Fácil de obtener		
Calificaciones ESG	Cuantitativo	Presente	Bloomberg, Sustainalytics
	Fácil de obtener		
Indicadores de rendimiento de exposiciones/activos	Cuantitativo	Presente	MSCI
	Fácil de obtener		
VaR Climático ("Carbon Beta", herramienta "ClimateXcellence", ...)	Cuantitativo	Presente	Carbon Delta CARIMA project CO Firm
	Cuestión metodológica		
Indicadores secundarios para un mayor análisis			
Evolución de las variables macroeconómicas: Crecimiento del PIB, inflación, desempleo, riesgo soberano, crecimiento de la población	Cuantitativo	Presente	
	Fácil de obtener		
Evolución de las primas de seguros (ajustadas por factores no climáticos y por el aumento del valor de los activos asegurados)	Cuantitativo	Presente	
	Fácil de obtener		

Anexo 2 Preguntas de investigación

En el presente anexo se exponen algunas de las principales áreas de investigación identificadas en el presente documento.

Pronósticos macroeconómicos

- Modelos de corto plazo mejorados del tipo DSGE para la producción e inflación que incluyen impactos climáticos, como por ejemplo, los efectos por el lado de la oferta de mano de obra, los desastres naturales, el comercio internacional, la balanza de pagos, etc.:
 - Investigación que utiliza modelos de seguros/físicos de la mayor probabilidad de que se produzcan fenómenos meteorológicos severos para informar sobre los inputs del modelo.
- Modelos de los impactos a largo plazo, incluyendo la migración, el impacto de los desastres naturales y la adaptación en la PTF
- Para todo lo anterior, modelos que incluyen impactos climáticos endógenos y no lineales
- Impactos en los mercados emergentes

Evaluaciones de estabilidad financiera

- Análisis de los posibles impactos sobre la estabilidad financiera y los canales de transmisión:
 - Por los riesgos físicos y de transición
 - en un plazo razonable (2020-2035)
 - utilizando escenarios sectoriales y nacionales específicos basados en la política pública nacional actual para crear escenarios de transición realistas, graduales y abruptos (muchos de los escenarios actuales aplican un choque abrupto en forma de un alto precio mundial del carbono, o asumen un cambio de una vía a otra, lo que no es realista en cuanto a la probabilidad de que se produzca la transición)
 - Impactos en múltiples niveles: empresas individuales, economía real, instituciones financieras y un sistema financiero más amplio (rentabilidad, incumplimiento crediticio, precios de los activos, etc.).
 - incluyendo mecanismos de retroalimentación y efectos secundarios
 - con un análisis de sensibilidad de las hipótesis subyacentes y, si es posible, un intervalo de confianza
- Impactos de los posibles puntos de inflexión (es decir, aceleración rápida e irreversible del calentamiento)
- Impactos de un escenario de transición a 1.5 °C
- Implicaciones a más largo plazo para la rentabilidad/viabilidad de sectores concretos (por ejemplo, los de seguros y los de reaseguros).
- Mecanismos de retroalimentación entre los impactos macroeconómicos y el riesgo de estabilidad financiera
- Estudios de caso sobre ejemplos históricos anteriores de riesgo de transición
- Riesgo de fijación de precios para informar sobre posibles cambios de política pública (por ejemplo, posibles ajustes prudenciales).
- Indicadores de Riesgo (KRIs): identificación de indicadores relevantes para el monitoreo de los riesgos relacionados con el clima
- Impactos en los mercados emergentes

Escenarios

- Definir escenarios de transición plausibles, granulares y abruptos que tengan en cuenta consideraciones de economía política (es decir, cómo sería un repentino aumento de la ambición a nivel nacional, teniendo en cuenta las políticas nacionales actuales, los centros nacionales de desarrollo, los factores específicos de cada país, como la producción económica y la combinación de fuentes de energía, etc.).
- Escenarios con impactos físicos y de transición combinados
- Marco de investigación y/o análisis/marco de cómo tomar en cuenta la volatilidad en torno a las tendencias climáticas al presentar y tomar decisiones en torno a las extrapolaciones climáticas - cuál es la mejor manera de evaluar el riesgo que está aumentando en una tendencia errática, cambios de tendencia vs. choques, riesgos anticipados vs. riesgos inesperados.

Nuevas herramientas y datos

- Financiación espacial: <https://sa.catapult.org.uk/spatial-finance-initiative/>
- Ciencia de datos e inteligencia artificial: <https://www.turing.ac.uk/research/interest-groups/sustainable-finance>
- Datos ampliamente disponibles, comparables, verificables y granulares sobre los riesgos y oportunidades climáticos (por ejemplo, sobre la medición del impacto de la inversión, los riesgos para las empresas individuales).

Anexo 3 Más ejemplos de impactos de riesgos físicos en los riesgos financieros

- **Sector Asegurador:** Las pérdidas de los seguros actualmente modeladas podrían ser infravaloradas en un 50% si las recientes tendencias climáticas extremas se normalizaran y la mortalidad y morbilidad pudieran aumentar a medida que las condiciones climáticas se deterioraran (Carney, 2015). DNB estima que la carga de las reclamaciones relacionadas con el clima podría aumentar entre un 25% y un 131% en 2085 en comparación con 2016 (DNB, 2017). Además, las aseguradoras también pueden sufragar los costos de las reclamaciones de responsabilidad contra, por ejemplo, las empresas aseguradas de energía con alto contenido de carbono por su contribución a los efectos físicos del cambio climático (JERS, 2016; Carney, 2015). Las decisiones de inversión que no toman en cuenta los impactos razonablemente previsibles del cambio climático también pueden incurrir en responsabilidad por negligencia (Stenek et al., 2010). Las aseguradoras pueden perder clientes debido al aumento de las primas o tratar con la falta de asegurabilidad debido a la excesiva incertidumbre, volatilidad y severidad de ciertos riesgos (Stenek et al., 2010).
- **Energía:** Las ventas de gas natural de KeySpan Energy Delivery (ahora National Grid) cayeron un 19% en Massachusetts y New Hampshire en el invierno de 2006, en comparación con sus pronósticos. Esto condujo a una reducción en los ingresos netos de gas de 51.8 millones de dólares en comparación con 2005.
- **Agricultura:** La OCDE señaló que las sequías en Australia fueron un factor en los fuertes aumentos de los precios de los productos básicos agrícolas entre 2006 y 2008, y que los meses de sequía en la mayor parte del país probablemente aumentarán en un 20% hasta 2030 (Stenek et al., 2010).
- **Soberanos:** El presidente de Tanzania explicó que 4.8 millones de dólares del presupuesto de desarrollo del gobierno tuvieron que ser reasignados para reparar los daños en la línea ferroviaria central y en las carreteras ocasionados por las fuertes lluvias de diciembre de 2009 y enero de 2010. Los planes de desarrollo del país tendrían que ser pospuestos o abandonados (Stenek et al., 2010).
- **Asia:** El nivel de riesgo de China se ve agravado por la migración de las regiones rurales a la costa. Esta ruta migratoria ha aumentado la concentración de la exposición al riesgo en las zonas urbanas hacia fenómenos meteorológicos extremos. Las zonas especialmente amenazadas son las regiones altas de los ríos Yangtze y Amarillo en lo referente a la degradación del suelo y las presas, las partes septentrional y noroccidental en lo relativo a la desertificación y la sequía y las regiones costeras sudorientales en lo relativo al aumento de los tifones y las inundaciones (Banco Asiático de Desarrollo, 2017). Las tormentas de nieve más fuertes en China en 50 años ocurrieron en el invierno de 2007/8 y perturbaron las operaciones en 24,000 estaciones base de telecomunicaciones, lo que provocó una pérdida de ingresos de al menos 152,800 millones de dólares para los proveedores de servicios de telecomunicaciones (Stenek et al., 2010). El índice bursátil de Tailandia cayó temporalmente hasta un 28% como reacción a las inundaciones provocadas por los monzones en 2011. Los costos económicos se estimaron en 45,000 millones de dólares y el Banco de Tailandia tuvo que recortar los tipos de interés para apoyar la recuperación de la economía (Scott et al., 2017). En el futuro, se espera que las precipitaciones anuales aumenten hasta en un 50% en la mayoría de las zonas terrestres de Asia. Se estima que el nivel del mar subirá entre 0.65 y 1.4 metros para finales de siglo y que seguirá subiendo a partir de entonces (Banco Asiático de Desarrollo, 2017).

- **Países desarrollados:** La cobertura de seguros contra riesgos naturales en la industria alemana se sitúa actualmente en casi el 100%, pero podría disminuir drásticamente si las primas o la no asegurabilidad aumentaran debido al cambio climático (Lewis et al., 2017). Las regiones en las que las condiciones climáticas se consideran actualmente demasiado frías para realizar actividades económicas óptimas, como Suecia, pueden beneficiarse en cierta medida del aumento de las temperaturas (Ministerio de Finanzas de Alemania, 2016; Finansinspektionen, 2016). Sin embargo, incluso en refugios presumiblemente seguros como Alemania o Suecia, las compañías de seguros y otras empresas financieras podrían verse afectadas por sus compromisos internacionales (Finansinspektionen, 2016). Además, los activos de los países desarrollados pueden verse afectados por el aumento de la depreciación del capital, que podría aumentar entre un 10 y un 20% en Alaska para 2030 en lo que respecta a la infraestructura de transporte, agua y alcantarillado (Stenek et al., 2010).
- **Dependencia del agua:** Como la producción de semiconductores depende en gran medida del suministro de agua limpia, un cierre de fábrica o un retraso en la construcción en Intel o Texas Instruments debido a la escasez de agua podría reducir los ingresos entre 100 y 200 millones de dólares durante un trimestre, lo que corresponde a unos ingresos reducidos de entre 0.02 y 0.04 dólares por acción.