

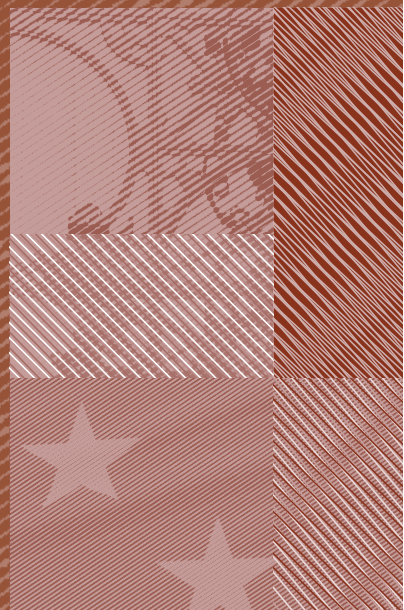
**INNOVACIÓN FINANCIERA  
PARA UNA ECONOMÍA SOSTENIBLE**

**2019**

Andrés Alonso y José Manuel Marqués

**Documentos Ocasionales  
N.º 1916**

**BANCO DE ESPAÑA**  
Eurosistema





# INNOVACIÓN FINANCIERA PARA UNA ECONOMÍA SOSTENIBLE

Andrés Alonso y José Manuel Marqués (\*)

BANCO DE ESPAÑA

(\*) Los autores agradecen los comentarios de Carlos Conesa, Ana Fernández, Sergio Gorjón y Arturo Fraile.

La serie de Documentos Ocasionales tiene como objetivo la difusión de trabajos realizados en el Banco de España, en el ámbito de sus competencias, que se consideran de interés general.

Las opiniones y análisis que aparecen en la serie de Documentos Ocasionales son responsabilidad de los autores y, por tanto, no necesariamente coinciden con los del Banco de España o los del Eurosistema.

El Banco de España difunde sus informes más importantes y la mayoría de sus publicaciones a través de la red Internet en la dirección <http://www.bde.es>.

Se permite la reproducción para fines docentes o sin ánimo de lucro, siempre que se cite la fuente.

© BANCO DE ESPAÑA, Madrid, 2019

ISSN: 1696-2230 (edición electrónica)

## Resumen

El cambio climático, su gestión y mitigación, constituye sin duda uno de los elementos de riesgo más importantes que afrontará nuestra sociedad en las próximas décadas. El sector financiero desempeña un papel fundamental en este reto, tanto por su exposición y las consiguientes implicaciones patrimoniales que pueden derivarse de la materialización de este riesgo como por su labor canalizando las inversiones necesarias para transformar nuestra economía en un modelo sostenible. En este artículo se revisan distintas iniciativas que están teniendo lugar en el sector financiero privado en el proceso de introducción de la variable «sostenibilidad» en la toma de decisiones, con el objetivo tanto de lograr un balance con una menor huella de carbono (*transformación del stock*) como de desarrollar una estrategia de negocio alineada con unos principios responsables acordes con los compromisos internacionales (*transformación del flujo*). Se analizan las innovaciones que están surgiendo en el camino hacia unas *finanzas sostenibles* en relación con 1) la aparición de *nuevos proveedores y servicios* en los mercados, 2) la creación de *nuevos productos* financieros con criterios de sostenibilidad, 3) la adaptación de la *política de gestión de riesgos* financieros, y 4) las interacciones entre los *avances tecnológicos* y el cambio climático.

**Palabras claves:** *fintech*, principios de desarrollo sostenible, cambio climático, sostenibilidad, bonos verdes, innovación, inteligencia artificial.

**Códigos JEL:** Q54, Q55, Q56.

## **Abstract**

Climate change and its management and mitigation are unquestionably among the main risks facing our society in the coming decades. The financial sector plays a key role in this challenge, firstly because of its exposure and the consequent capital shocks if this risk crystallises, and secondly because it has the task of financing the investments needed to transform our economy into a sustainable one. This article reviews various initiatives under way in the private financial sector to introduce the variable “sustainability” into its decision-making process in order to achieve a balance sheet with a smaller carbon footprint (*transformation of stock*) and to develop a business strategy aligned with responsible investment principles and international standards (*transformation of flow*). We analyse the innovations emerging along the path to *sustainable finance*, looking particularly at: 1) *new suppliers and services* in the market, 2) the creation of *sustainability-linked financial instruments*, 3) the adaptation of financial risk management policies, and 4) the interaction of *technological progress* with climate change.

**Keywords:** *fintech*, sustainable development goals, climate change, sustainability, green bonds, innovation, artificial intelligence.

**JEL classification:** Q54, Q55, Q56.

## ÍNDICE

**Resumen** 5

**Abstract** 6

**Introducción** 8

**1 Nuevos proveedores y servicios** 10

**2 Nuevos productos financieros** 14

2.1 Financiación mayorista 14

2.2 Financiación minorista 19

**3 Gestión de riesgos financieros** 20

**4 Innovación tecnológica** 22

**5 Conclusión** 24

**Bibliografía** 26

## Introducción

La gestión del riesgo de *cambio climático* es uno de los elementos a los que se está prestando cada vez mayor atención desde el punto de vista tanto de las autoridades públicas como de los agentes económicos o el mundo académico. Esta atención no resulta sorprendente si tenemos en cuenta el impacto de las transformaciones que hacen falta para cumplir con los Principios de Desarrollo Sostenible (SDG, por su siglas en inglés) descritos en el Acuerdo de París [UNFCCC (2015)], unido al corto período de tiempo en el que deben ser implementadas dichas transformaciones, o las graves consecuencias en términos económicos y sociales que se derivarían de no mitigar el cambio climático. No es de extrañar, por tanto, la importancia que la reciente formación de la *Comisión Europea* ha dado a este tema, otorgando la cartera de acción sobre el clima (*European Green Deal*) a una de las tres vicepresidencias.

Algunos estudios, como el de *Climate Action Tracker*, estiman que, en caso de seguir con el actual ritmo de emisiones de dióxido de carbono, a finales de siglo *la temperatura crecería* en promedio *cerca de 3,3°C*, mientras que, valorando las políticas actualmente comprometidas (*National Determined Contributions*, o *NDC* por sus siglas en inglés), tan solo conseguiríamos reducir dicha tasa de incremento a 3°C en el año 2100 con respecto a los niveles preindustriales [CAT (2018)]. En este sentido, queda aún mucho camino por recorrer y es necesario un mayor grado de ambición; de hecho, estudios científicos [Rafteri *et al.* (2017)] sitúan en el 1 % la probabilidad de lograr la tasa objetivo de París de 1,5°C. Económicamente, si las políticas actuales no cambian, *el incremento de la temperatura global acabaría teniendo importantes efectos en el PIB mundial*, que podrían alcanzar hasta un 10 % en 2050 según la Agencia Internacional de Energías Renovables [IRENA (2019)] o, en términos per cápita, un 7,22 %, según un reciente estudio académico [Kahn *et al.* (2019)]. Además, se estima que en el año 2100 llegaríamos a un volumen de activos inservibles (p. ej, vinculados a actividades extractivas de minerales fósiles incompatibles con el compromiso actual de sostenibilidad) de hasta el 3 % del *stock* actual de capital [OCDE (2016)]. Se evidencia así la necesidad de llevar a cabo las transformaciones necesarias para salvaguardar el crecimiento económico [Lafakis *et al.* (2019)] y la prosperidad de futuras generaciones [Stern *et al.* (2019)].

Las autoridades públicas han reconocido ya la importancia de este desafío<sup>1</sup>. Entre otras iniciativas, este mismo año se ha firmado la denominada *Coalición de Ministros de Finanzas contra el Cambio Climático* [CAPE (2019)], que implica el compromiso de cerca de veinte países de suscribir los *Principios de Helsinki*, un documento sobre las mejores prácticas para la sostenibilidad en materia macroeconómica, fiscal y de gestión de las finanzas públicas. Todo ello sienta las bases de una nueva realidad económica, con una adaptación del *marco normativo y supervisor* que deberá integrar de manera explícita los distintos riesgos físicos y de transición asociados al cambio climático [Marqués y Romo (2018) y González y Núñez (2019)].

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo, FSR (2019) para una revisión de la actividad relativa a la sostenibilidad del Banco Central de Francia, y DNB (2018) para una explicación sobre la elaboración de *stress tests* para la transición energética en los Países Bajos.



Sin embargo, *completar estas modificaciones requiere un cierto tiempo*, ya que su naturaleza tiene un marcado componente global que demanda un alto grado de coordinación a escala internacional<sup>2</sup>. Adicionalmente, debemos recordar que las posibilidades de actuación por parte de instituciones como los bancos centrales *deben encajar en el mandato* que se les ha otorgado para cumplir con sus objetivos principales, como el control del crecimiento de los precios, la estabilidad financiera o la cotización de la moneda [Villeroy (2019) y Lagarde (2019)].

En cualquier caso, el ritmo de avance en las medidas que desarrollen reguladores y supervisores no debería retrasar o impedir *la respuesta de las entidades financieras* privadas a la hora de incorporar el cambio climático como un factor más de riesgo financiero; de este modo, aunque su medición pueda ser compleja debido a la ausencia de información detallada, dicho riesgo debe ser gestionado, al igual que se hace, por ejemplo, con el riesgo operacional. A diferencia de otras transformaciones acaecidas en los mercados financieros (como, por ejemplo, las lecciones de la crisis financiera de 2008), en este caso *el tiempo de actuación está limitado* y es difícilmente negociable, y no resulta realista pensar en una ampliación de horizontes a la hora de implementar las medidas normativas.

En este artículo se analiza la transformación que está teniendo lugar en el sector financiero en el proceso de introducción de la variable «sostenibilidad» en la gestión del riesgo, con el objetivo tanto de lograr un balance con una menor huella de carbono (*transformación del stock*) como de desarrollar una estrategia de negocio alineada con unos principios responsables acordes con los compromisos internacionales (*transformación del flujo*). Se analizan las innovaciones que están surgiendo en el camino hacia unas *finanzas sostenibles* en relación con 1) la aparición de *nuevos proveedores y servicios* en los mercados; 2) la creación de *nuevos productos* financieros con criterios de sostenibilidad; 3) la adaptación de la *política de gestión de riesgos* financieros, y 4) las interacciones que surgen entre los *avances tecnológicos* y la gestión del riesgo de cambio climático.

---

<sup>2</sup> Como, por ejemplo, se ha demostrado en el caso de la iniciativa de *reporting* de información sobre impacto climático *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* [TCFD (2017 y 2019)], coordinada en el entorno de la Junta de Estabilidad Financiera (más conocida por sus siglas en inglés, FSB).

## 1 Nuevos proveedores y servicios

Una de las novedades que conlleva la introducción de la sostenibilidad en el mundo financiero es la aparición de nuevos proveedores de servicios o agentes que intervienen en el funcionamiento de los mercados. El punto de partida de este proceso de transformación es la búsqueda de una mayor transparencia, siendo el objetivo principal mejorar el acceso de los participantes en el mercado a la información sobre el impacto del cambio climático [TCFD (2017)].

Comenzando por los cambios en el mercado primario<sup>3</sup>, cabe destacar la aparición de un agente adicional denominado «verificador», que se encarga de velar por el cumplimiento del emisor con sus compromisos medioambientales. Esta figura está hoy consolidada, y muestra de ello es que, según CBI (2018c), el 98 % de los bonos verdes emitidos en Europa hasta junio de 2018 ha contado al menos con un verificador externo, y recientemente la Comisión Europea [TEG (2019b)] ha confirmado que, para contar con la etiqueta *EU Green Bond*, será obligatorio disponer de al menos un verificador externo, de cara a validar la credibilidad del emisor, tanto *ex ante* (por ejemplo asegurando el alineamiento con unos estándares o principios sostenibles)<sup>4</sup>

### TIPOS DE SERVICIO DE VERIFICACIÓN

### CUADRO 1

| Tipos de servicio                                       | Descripción   | Ejemplos de proveedores   |
|---|---|---|
| Segunda Opinión<br>( <i>Second Party Opinion</i> , SPO) | Normalmente implica una valoración sobre la adecuación de un <i>framework</i> con principios o estándares externos. Se tienen en cuenta la política estratégica de la empresa, los objetivos y los procesos relacionados con los proyectos que se van a financiar ( <i>use of proceeds</i> ). | Vigeo-Eiris, Sustainalytics, ISS-oekom, Imug, CICERO, Robecoo, MSCI, Dow Jones. |
| Verificación externa                                    | Suele ir algo más al detalle, revisando el cumplimiento de estándares internos y externos (p. ej., una certificación oficial), y la sostenibilidad de los activos que se van a financiar. En ocasiones incluye un seguimiento del uso de los fondos y de la calidad del <i>reporting</i> .    | Deloitte, KPMG, PwC, EY.  |
| Rating  | Pueden valorar la adecuación del <i>framework</i> del emisor a determinados criterios recogidos en una metodología de <i>scoring</i> propia. El resultado es independiente del <i>rating</i> tradicional.   | Moodys, S&P, Fitch, Beyond Ratings.   |
| Certificación   | Compromiso con unos principios oficiales o estándares generales que han sido determinados por una tercera parte independiente. Normalmente suele verificarse externamente.  | ISO, ICMA, DNV-GL, Bureau Veritas, TÜV, CBI.                                    |

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de ICMA, y CBI.

<sup>3</sup> En el artículo nos centraremos en los mercados de deuda, como mecanismo clave para obtener la financiación necesaria para lograr el cumplimiento de los Principios de Desarrollo Sostenible [UNCTAD (2014)].

<sup>4</sup> Existen distintos estándares para justificar el compromiso de los emisores, como son los *Green Bond Principles (GBP)*, de ICMA, el *Climate Bond Standard (CBS)*, de CBI, o los *EU Green Bond Standards*, de la CE. En términos del estándar internacional ISO, este servicio se denomina «validación».

como *ex post* (a la hora de justificar el uso de los fondos captados en inversiones verdes o el impacto climático de las nuevas inversiones realizadas por el emisor verde)<sup>5</sup>.

Se distinguen así diferentes tipos de proveedores de verificación [ICMA (2018a)], desde el servicio global denominado «Second Party Opinion», que consiste en una revisión de los compromisos de sostenibilidad del emisor, hasta una verificación externa individualizada, emisión a emisión, o las nuevas calificaciones o *ratings Environmental, Social and Governance* (ESG, por sus siglas en inglés), que incluyen una evaluación de aspectos relacionados tanto con el cambio climático como con el gobierno corporativo o los compromisos sociales. En este último caso, uno de los principales retos en este novedoso proceso de calificación es conseguir métricas sencillas y homogéneas que faciliten la valoración de una serie de riesgos difíciles de cuantificar e, incluso, no directamente observables. En este sentido, no resulta sorprendente que, a diferencia de lo que ocurre en la calificación crediticia, estos indicadores muestren un menor consenso entre las distintas fuentes (véase recuadro 1).

#### DISPERSIÓN EN RATINGS ESG

#### RECUADRO 1

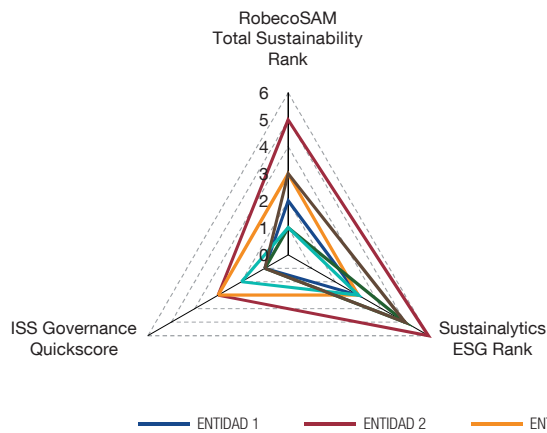
La complejidad del problema al que se enfrentan las agencias de calificación ESG queda reflejada en la amplia dispersión actual de los *ratings* medioambientales y sociales disponibles para cada emisor. Una comparación entre el *rating* provisto por tres compañías de evaluación ESG (RobecoSAM, Sustainalytics e ISS) para seis entidades financieras españolas evidencia significativas diferencias en la evaluación de la sostenibilidad, lo cual contrasta con la homogeneidad en las calificaciones crediticias aportadas por las tres principales calificadoras de crédito para estas mismas entidades (véase gráfico 1)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Para este análisis se ha decidido normalizar todas las calificaciones ESG con base en deciles, siendo los niveles más bajos los de mejor calificación (primer decil o 10% mejor valorado de la muestra). Por ejemplo, en el caso de RobecoSAM y Sustainalytics, el *ranking* bruto está en base 100, siendo los valores más altos indicativos de menor riesgo ESG. De este modo, un *rating* de RobecoSAM de 86 para BBVA equivaldría a un decil 2 (es decir, se encuentra en el 20% más alto de las mejores empresas). En cambio, ISS ofrece el *rating* directamente en escala relativa 1-10, por lo que se reescalan dichas calificaciones siguiendo el mismo proceso. En el caso de *ratings* de crédito se han homogenizado las escalas entre S&P/Fitch y Moody's según sus equivalencias, para posteriormente normalizar las calificaciones con base en deciles tomando una escala total de 20 *notches* disponibles.

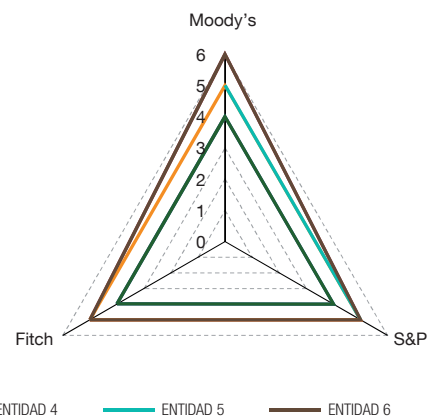
Siguiendo con los cambios en el mercado secundario, otra novedad la constituye la aparición de índices de referencia —o *benchmarks*— sostenibles que engloban títulos de compañías bajas en emisiones de carbono para un correcto seguimiento del rendimiento

<sup>5</sup> La provisión del servicio de verificación conlleva un coste añadido en el proceso de emisión de deuda. Con objeto de que esto no suponga una barrera para el desarrollo del mercado de emisiones verdes, se han propuesto distintos tipos de ayudas para financiar el coste extra asumido por los emisores. La Comisión Europea [TEG (2019a)] estima este coste en cerca de 40.000 euros. Hoy en día ya existen propuestas para su subvención, destacando medidas de carácter temporal introducidas en jurisdicciones como China, Hong Kong o Singapur. Por otro lado, estudios como Bachelet *et al.* (2018) muestran que la presencia de verificadores externos —en particular, mediante certificaciones— conlleva un menor coste de financiación para los emisores verdes.

1 DISPERSIÓN DE RATINGS ESG



2 DISPERSIÓN DE RATINGS CRÉDITO



FUENTE: Elaboración propia con datos de Bloomberg (agosto de 2019).

a Ratings normalizados en base deciles (mejor rating = 100).

de las acciones y la deuda, ajustado a criterios de sostenibilidad<sup>6</sup>. Estos índices resultan esenciales principalmente para promover entre los inversores estrategias de gestión pasiva, facilitando la proliferación y comercialización de carteras construidas con base en **principios de inversión responsable**.

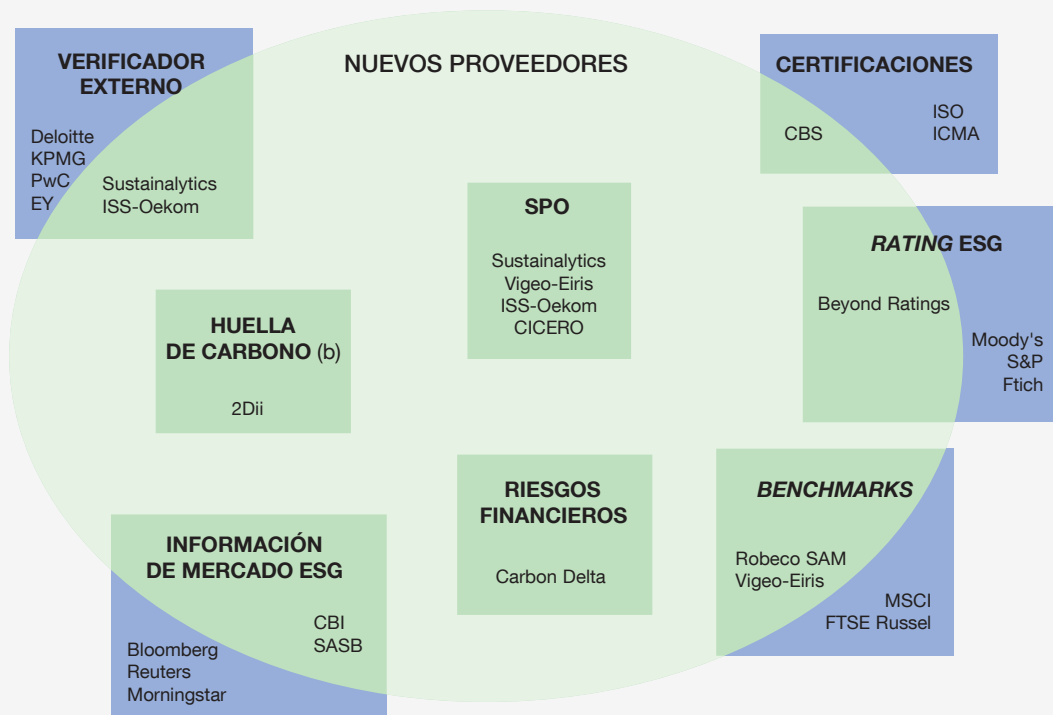
La prestación de los nuevos servicios financieros vinculados al sector de la sostenibilidad se caracteriza por estar realizada por una mezcla de proveedores tradicionales y nuevos agentes con cierto perfil *fintech* [CBI (2018c)]. Este *nuevo ecosistema empresarial* (véase recuadro 2) se ejemplifica en grandes firmas de auditoría que actúan como verificadores externos mientras surgen nuevos participantes especializados (p. ej., ISS-Oekom o Sustainalytics); o las principales agencias de calificación crediticia, que entran en el campo de evaluaciones ESG. Igualmente, podemos encontrar a proveedores clásicos de los mercados financieros ofreciendo nuevos índices, como son, por ejemplo, *MSCI ACWI Sustainable Impact Index*, de MSCI, o *FTSE4GOOD*, de FTSE Russell, los cuales compiten con nuevos participantes, como son *RobecoSAM* o *Vigeo-Eiris*. En la misma línea, plataformas de información financiera como *Bloomberg* o *Reuters* han integrado datos ESG dentro del perfil analítico de las compañías, y empresas como *Morningstar* han incluido criterios de sostenibilidad en su clasificación de los fondos de inversión.

<sup>6</sup> Siguiendo la iniciativa privada, recientemente la Comisión Europea [TEG (2019c)] ha lanzado una propuesta para la definición de una metodología de dos índices de referencia bajos en carbono: uno genérico, llamado *EU Climate Transition (CTB) Benchmark*, y otro más ambicioso en la reducción de gases de efecto invernadero (GHG, por sus siglas en inglés), denominado *EU Paris-Aligned Benchmark (PAB)*.

El camino hacia las *finanzas sostenibles* ha conllevado una auténtica transformación en los agentes que proveen calificaciones o certificaciones. En este sentido, resulta destacable cómo en este proceso han surgido tanto empresas nuevas especializadas como Carbon Delta<sup>1</sup> o 2Dii, como proveedores tradicionales que han incorporado aspectos relacionados con la sostenibilidad a sus análisis de riesgo tradicional.

<sup>1</sup> En septiembre de 2019 la empresa MSCI ha hecho pública la **adquisición** de Carbon Delta.

Esquema 1  
PROVEEDORES DE SERVICIOS FINANCIEROS SOSTENIBLES (a)



FUENTE: Elaboración propia.

- a Lista de proveedores no exhaustiva.
- b Existen diferentes metodologías para la medición de la huella carbónica, destacando PACTA (desarrollada por 2Dii en colaboración con ING) y PCAF (consorcio de bancos internacionales, como Triodos Bank, para estandarizar la contabilización del carbono).

## 2 Nuevos productos financieros

Probablemente la innovación más conocida de las *finanzas sostenibles* es la aparición de los bonos verdes como nuevos instrumentos financieros que permiten identificar un compromiso por parte de la entidad emisora con la mitigación del riesgo de cambio climático. Sin embargo, los bonos verdes no son el único producto con el que las compañías pueden establecer su compromiso climático de cara a ofrecer a los inversores activos con menor exposición a este riesgo. En esta sección, además del anterior, se repasan, brevemente, otros productos o instrumentos de carácter tanto mayorista como minorista definidos en el contexto de la financiación para una economía sostenible.

### 2.1 Financiación mayorista

#### Bonos y préstamos

El instrumento más utilizado en financiación de inversiones sostenibles es el denominado «bono verde». En esencia, en este activo de renta fija se establece un compromiso por parte del emisor de informar sobre el uso sostenible de los fondos captados y el impacto causado sobre el cambio climático.

Hoy en día coexisten distintos tipos de certificación o marcos empleados, que pretenden definir los criterios que se usan para emitir bonos verdes, como son los desarrollados por The Climate Bond Initiative (CBI) o International Capital Market Association (ICMA). En este sentido conviene destacar que la fragmentación vigente hasta la fecha en torno a estos criterios de mercado podría verse reducida, próximamente, con la reciente publicación de los estándares que acaba de establecer la Comisión Europea [TEG (2019b)]<sup>7</sup>. Las condiciones impuestas para disponer de la nueva etiqueta de bono verde europeo (*EU Green Bond*) reflejan la apuesta por la *transparencia* como pilar central de la arquitectura de las finanzas sostenibles, buscando validar, de cara a los inversores, la credibilidad e integridad de los emisores. Con la *taxonomía* común, además, se homogeniza [TEG (2019d)] la *definición* de las actividades que se consideran sostenibles, facilitando, por tanto, la clasificación posterior de qué puede ser considerado un proyecto o activo verde y qué no<sup>8</sup>. Adicionalmente, el emisor recoge su estrategia de sostenibilidad en un nuevo documento denominado «framework», que acompañará al clásico programa de emisión de deuda, aumentándose los requerimientos de *disclosure* o comunicación a clientes e inversores, a través también del *reporting* del uso de los fondos y el impacto de los proyectos. Todo ello validado obligatoriamente por la nueva figura del verificador, ya comentada<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> No está prevista una nueva revisión de esta propuesta (*call for feedback*), por lo que se entiende como definitivo el informe de junio de 2019.

<sup>8</sup> Se clarifican, además, las alternativas para el uso de los fondos, incluyendo activos fijos, inversiones en capital e I+D, así como gasto operacional dedicado a aumentar la vida útil de determinados activos verdes.

<sup>9</sup> Esta es una de las diferencias clave respecto a las iniciativas privadas como la de ICMA, donde la verificación, si bien es práctica común, tiene carácter voluntario.

Siendo un mercado en plena expansión (véase gráfico 2)<sup>10</sup>, la mayoría de las emisiones verdes son estructuras sencillas o *plain-vanilla* (aunque, curiosamente, el primer bono verde emitido fue un estructurado, como se comenta en el recuadro 3), es decir, emisiones de deuda consistentes en un cupón fijo o flotante y una amortización única a vencimiento, donde la promesa de pago del emisor es la principal garantía con la que el inversor cuenta como respaldo<sup>11</sup>. No obstante, el nivel de innovación financiera ha llevado a la aparición de nuevas estructuras más exóticas vinculadas a la sostenibilidad, como pueden ser, por ejemplo, emisiones *Sukuk*<sup>12</sup>, que cumplen con los principios islámicos de la ley *sharía*<sup>13</sup>, o bonos perpetuos, instrumentos que poseen características híbridas entre renta variable y renta fija, como es la ausencia de un vencimiento predeterminado y el establecimiento de opciones (*calls*) de amortización temprana a favor del emisor, normalmente a los cinco o siete años de vida del instrumento [para mayor detalle, véase CBI (2018a)].

#### EL PRIMER BONO VERDE

#### RECUADRO 3

El que es considerado como el *primer bono verde* fue emitido en 2007 por el Banco Europeo de Inversiones (BEI), calificado como un *Climate Awareness Bond (CAB)*. Curiosamente, este primer bono nació con un formato estructurado. Se trataba de un bono ligado al rendimiento de un índice de renta variable, el recién creado FTSE4GOOD. Además, poseía una vinculación en el destino de los fondos captados, que se comprometían para la financiación de proyectos en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética. Como novedad, incluía una opción a vencimiento por la cual el importe invertido podía recibirse en efectivo o dedicarse a eliminar de la circulación el importe equivalente de derechos de emisión de carbono del mercado de emisiones europeo (*EU Emission Trading Scheme, ETS*).

Una de las últimas innovaciones del mercado, enfocada a la transformación del *stock* actual de activos no verdes, son los *bonos de transición*<sup>14</sup>. Esta nueva clase de activo trataría de facilitar vías de financiación para la transición energética a empresas que actualmente no se engloben dentro de una clasificación verde, por ejemplo, según la taxonomía europea.

De manera paralela a los bonos, destaca el crecimiento del mercado de *préstamos verdes*, como productos de financiación bilateral sujetos a compromisos de sostenibilidad. Al igual que los bonos, los préstamos verdes también se rigen por unos principios, como son los *Green Loan Principles*, de ICMA, que gobiernan la definición del compromiso verde, el proceso de evaluación de los proyectos financiados, la gestión de los fondos y el *reporting*.

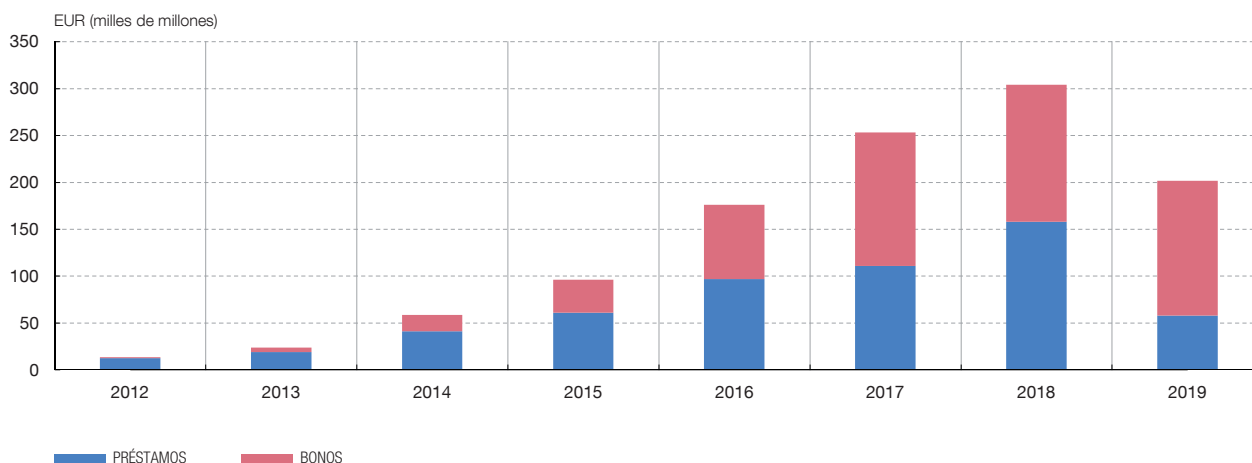
<sup>10</sup> Actualización de un gráfico publicado en BloombergNEF con datos hasta 2018.

<sup>11</sup> Técnicamente nos referimos a bonos *senior unsecured* (sin garantía real o colateral como respaldo).

<sup>12</sup> Emitidas de forma pionera para financiar proyectos solares en Malasia [CBI (2018a)].

<sup>13</sup> En esta estructura el emisor vende a un grupo de inversores unos certificados, obtiene un efectivo que utiliza para comprar un activo sobre el cual el grupo de inversores ostenta propiedad parcial, y distribuye parte de los beneficios conseguidos en forma de dividendos a los inversores. Los activos obtenidos deben cumplir con los principios éticos de la ley islámica, que incluyen activos y proyectos verdes.

<sup>14</sup> La *iniciativa* con origen en AXA (2019) se centra en crear unos estándares propios, similares a los de los bonos verdes, con énfasis en la elegibilidad de proyectos destinados a la transición hacia actividades económicas sostenibles, como, por ejemplo, la captura de carbono o el uso de combustibles alternativos en el transporte aéreo.



FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de Bloomberg Finance LP.

#### INICIATIVAS PÚBLICO-PRIVADAS

#### RECUADRO 4

El papel del sector financiero privado es clave en la financiación de la transición energética, pero resulta también relevante su rol cuando comparte esfuerzos con el sector público en ciertas iniciativas público-privadas<sup>1</sup>.

En el Acuerdo de París (2015), uno de los puntos tratados fue el compromiso de movilizar, por diferentes medios, un total de 100.000 millones de dólares anuales, a partir de 2020, para ayudar a países en desarrollo en la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. Los Gobiernos acordaron que parte de esta financiación se realizaría a través de la creación de un fondo multilateral, denominado *Global Climate Fund (GCF)*, dedicado a trabajar en colaboración con entidades financieras acreditadas, como **COFIDES** en España, para la financiación de proyectos sostenibles. A día de hoy se han usado cerca de la mitad de los 5.000 millones de USD comprometidos en este fondo para apoyar a más de 100 proyectos que han ayudado a evitar 1.500 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el sector inmobiliario destaca el programa **PACE** (*Property Assessed Clean Energy*) de Estados Unidos, que constituye un innovador modelo (ENER 2019) mediante el cual el sector financiero canaliza una serie de préstamos con subvención pública para cubrir el coste de renovación de propiedades residenciales y comerciales para conseguir una mayor eficiencia energética, comprometiéndose el pago a través de la carga fiscal de las viviendas. En Europa existe el programa piloto **EuroPace**, financiado por el programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea.

<sup>1</sup> Para un resumen exhaustivo de iniciativas público-privadas para la financiación sostenible, revisar la plataforma de Naciones Unidas *SDG Financing Solutions*. Asimismo, OCDE (2019) presenta una valoración del impacto generado por los programas públicos de clima en la movilización de capital privado.



Cabe mencionar aparte las emisiones sostenibles en el formato de préstamo con origen alemán denominado *Schuldschein*, mediante el cual se constituyen unos certificados de deuda cuyos términos son acordados entre las partes firmantes del préstamo, que pueden ser distribuidos *a posteriori* a otros inversores distintos del prestamista original. Curiosamente, España destaca como una de las principales zonas emisoras de este producto sostenible, después de Alemania y los Países Bajos [según datos de CBI (2018a)].

Destaca, por último, la *financiación de proyectos* o *project finance*, como un instrumento clave en la transición hacia una economía sostenible<sup>15</sup>, ya que gran parte de los activos fijos necesarios para alcanzar una economía baja en carbono están concentrados en sectores como el transporte, el inmobiliario o las infraestructuras [TEG (2019b)]<sup>16</sup>, los cuales están típicamente financiados por deuda de proyectos (en ocasiones, con participación o apoyo público, como se explica en el recuadro 4). Una de las principales innovaciones en este terreno son los denominados *bonos y préstamos de impacto*, donde el tipo de interés de la deuda se encuentra vinculado a una evaluación de la sostenibilidad del emisor, de manera que, cuando mejora dicha calificación, el coste financiero se reduce<sup>17</sup>.

### Cédulas y titulizaciones

Las denominadas «cédulas verdes» (*green covered bonds*)<sup>18</sup> se caracterizan por que el emisor, partiendo de su programa de emisión tradicional, se compromete a usar los fondos captados en proyectos definidos en su *framework* verde. De este modo, el inversor, además del recurso ordinario contra la masa patrimonial de la entidad, tiene un recurso preferente sobre un conjunto de activos identificados a modo de garantía o colateral, que no tiene por qué estar necesariamente compuesto por activos verdes. En algunos casos, ciertos emisores se comprometen, por política

#### CÉDULAS DE ENERGÍAS RENOVABLES: LA LEY PIONERA DE LUXEMBURGO

#### RECUADRO 5

Luxemburgo es pionero en el cambio del concepto de cédula sostenible. Mediante una ley del 22 de junio de 2018 introduce una nueva clase de cédula, en la que el activo de garantía se limita a energías renovables (*Lettres de Gage Énergies Renouvelables, LdG-ER*). En concreto, estas cédulas deben estar respaldadas por préstamos dedicados a fuentes de energía no fósil, como la eólica, solar, aereotermal, geotermal, biogás, etc. Entre los títulos que pasan a formar parte del colateral que respalda la cédula se encuentran, además de los préstamos ya comentados, acciones en empresas del sector de energías renovables o títulos adquiridos de titulizaciones de activos de esos sectores.

<sup>15</sup> Una de las primeras iniciativas en el terreno de las finanzas sostenibles fue la firma, en 2013, de los *Principios de Ecuador*, acordados por el sector financiero para la determinación, evaluación y gestión de los riesgos ambientales y sociales en la financiación de proyectos (*project finance*).

<sup>16</sup> Por ejemplo, conseguir *infraestructuras sostenibles* o construir plantas solares y eólicas son claves para la mitigación del cambio climático; lograr mayor eficiencia hídrica es crucial para proteger los recursos marinos, del mismo modo que es importante la gestión de las plantas de residuos y reciclaje, etc.

<sup>17</sup> Sirvan como ejemplos prácticos los préstamos de impacto sostenible comercializados por *ING*, o la reciente línea de crédito *revolving* firmada por *Philips* vinculada a la evolución de la sostenibilidad de la empresa (mayo de 2019).

<sup>18</sup> Para más información, véase *ING* (2018).

interna, a mantener suficientes activos verdes como respaldo de la cédula, mientras que otras entidades vinculan oficialmente la financiación que obtengan a través de bonos verdes a los criterios de elegibilidad de colateral de sus cédulas verdes. En su mayor parte, las cédulas verdes se desarrollan bajo contratos privados, si bien cabe destacar la iniciativa de Luxemburgo (véase recuadro 5) que desarrolla una ley que identifica las características específicas que deben tener las cédulas verdes, explicitando la obligatoriedad de delimitar un colateral «verde» como respaldo.

El mercado de las *titulizaciones* verdes también está suscitando un creciente interés. Mediante esta técnica, las entidades sacan de su balance determinados activos, financiando dicha enajenación mediante la venta de un instrumento denominado «bono de titulización», el cual solo cuenta con estos activos como respaldo. A diferencia de las cédulas, en este caso no cabe recurso contra la masa patrimonial de la entidad y el colateral no se renueva de modo dinámico. Cabe destacar [CBI (2018b)] la actividad en titulización de préstamos de energías renovables (p. ej., para construcción de plantas solares) o las titulizaciones hipotecarias verdes, tanto residenciales como comerciales (p. ej., titulizaciones de préstamos PACE).

## Derivados

La influencia de los *derivados para coberturas de riesgo de cambio climático* es algo limitada, ya que este tipo de riesgo es difícilmente diversificable<sup>19</sup> y, en cualquier caso, tiene un horizonte prolongado de materialización, por lo que es difícil encontrar contrapartidas que puedan garantizar el pago debido a eventos climáticos [Andersson *et al.* (2016)]. No obstante, hay propuestas académicas novedosas, como las que sugieren la construcción de índices alternativos en función de técnicas de reconocimiento de textos para cuantificar el impacto de las noticias sobre el cambio climático, lo cual posibilitaría la creación de una estrategia dinámica de cobertura en la que los pagos de los derivados dependen de la evolución de dicho índice como subyacente [Engle *et al.* (2019)].

En cualquier caso, existen soluciones parciales para coberturas en ámbitos locales. Por ejemplo, en el campo de las catástrofes naturales se encuentran los *derivados de clima*, en los que el activo subyacente es un determinado evento meteorológico, como la temperatura, presión o precipitación, lo cual permite cubrirse del riesgo climático físico<sup>20</sup>. Otra alternativa muy frecuente en la financiación de proyectos son los *derivados energéticos*, instrumentos cuyo subyacente es el precio de cierta fuente de energía, ya sea petróleo, carbón o renovable. En este sentido, un ejemplo concreto son los *proxy revenue swap*, usados especialmente en proyectos eólicos o solares, en los que se intercambia una corriente de flujos ciertos o fijos por otra serie de flujos variables ligados a las desviaciones creadas en los ingresos de los proyectos a causa de la volatilidad de la generación eléctrica.

<sup>19</sup> Es decir, no se puede eliminar introduciendo más activos en la cartera, al igual que ocurre con el riesgo sistémico o de mercado.

<sup>20</sup> A nivel internacional destaca el papel del Banco Mundial como emisor de bonos sobre catástrofes, estructuras que incluyen este tipo de opcionalidades.

## 2.2 Financiación minorista

### Depósitos, hipotecas y crédito al consumo

Una de las líneas de creciente importancia es la relacionada con la cartera de instrumentos minoristas. En este caso, se trata, en última instancia, de aumentar el *compromiso de los clientes (engagement)* con la sostenibilidad con objeto de modificar su comportamiento y reducir su exposición al riesgo de cambio climático<sup>21</sup>. Este compromiso se recoge expresamente como uno de los *Principios de Banca Responsable* recientemente firmados en Nueva York por 130 entidades financieras internacionales

Como se mencionaba al comienzo del artículo, la transición hacia una economía sostenible pasa tanto por modificar el *stock* de activos como por reconducir el flujo o nueva actividad hacia un negocio compatible con una economía baja en carbono. De este modo, no solo se permite a los clientes financiar activos no expuestos al riesgo de cambio climático, sino que también están apareciendo nuevos servicios que admiten transformar exposiciones previas que típicamente no eran verdes. Uno de los ejemplos típicos es el de las fórmulas destinadas a fomentar la transformación de las *hipotecas* en una categoría sostenible a través del fomento de la inversión en proyectos de mejora de la eficiencia energética<sup>22</sup>. En este sentido, algunas entidades ya están comercializando préstamos que mejoran o bonifican los diferenciales de tipos de interés concedidos en función de la eficiencia energética de la vivienda<sup>23</sup>.

Además del sector inmobiliario, las entidades presentan multitud de instrumentos que permiten a los clientes bancarios controlar el uso de sus fondos. En esta línea surgen iniciativas en la base de la pirámide de los productos bancarios, como son los **depósitos** verdes y las imposiciones a plazo fijo en las que la entidad se compromete a usar esos recursos en proyectos que cumplan con estándares sostenibles, o las **tarjetas de crédito** verdes, que miden —e informan al respecto al cliente— la huella de carbono de su gasto y permiten establecer límites en función de esta.

21 Más allá del entorno financiero existen múltiples iniciativas en este sentido, como la de [Rare.org](#), que tratan de diseñar mecanismos óptimos que favorezcan cambios en los comportamientos, como puede ser, por ejemplo, la estandarización de dietas compatibles con la sostenibilidad del planeta, el uso óptimo del termostato o la gestión de residuos en los hogares [BIT (2019)].

22 Encontramos iniciativas para su estandarización, como son las **certificaciones** sobre la eficiencia energética de las viviendas, tales como EeMAP (Energy efficient Mortgages Action Plan) y EeDaPP (Energy efficient Data and Portal Protocol).

23 Casos que sirven como ejemplo son los **préstamos verdes** de BBVA o la **hipoteca variable** de Triodos Bank. De modo similar, [Natixis](#) ha anunciado en julio de 2018 la creación de un factor de ponderación verde (*green supporting factor*) que aplicará en la concesión de préstamos. Este factor discriminará positivamente en la distribución de capital a aquellas transacciones que estén alineadas con el cumplimiento del Acuerdo de París, así como negativamente en caso de perjudicar su cumplimiento.

### 3 Gestión de riesgos financieros

Para que la consolidación de las finanzas sostenibles sea definitiva es necesario entender el impacto del cambio climático como un nuevo *input* en la función de riesgos financieros. Podemos ver el riesgo de cambio climático como una moneda con dos caras. Para ello hay que tener en cuenta tanto el impacto del negocio de las empresas sobre el clima como el efecto del cambio climático sobre la rentabilidad esperada de las empresas.

Esta doble dimensión de los riesgos queda reflejada en el criterio de **doble materialidad** descrito en la propuesta de la Comisión Europea<sup>24</sup> para la modificación de la Directiva de *reporting* no financiero, de cara a solicitar a las empresas la siguiente información [TEG (2019e)]:

- *Materialidad medioambiental y social*: el impacto de la actividad de las empresas sobre el proceso de cambio climático.
- *Materialidad financiera*: el impacto que el cambio climático (riesgo físico y de transición) puede ocasionar sobre las cuentas financieras de las empresas.

Esta definición de materialidad sirve para entender las innovaciones existentes alrededor de la medición de los riesgos derivados del cambio climático. En cuanto a la *materialidad medioambiental*, hoy es posible cuantificar lo que se conoce como «huella de carbono» para medir el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de carbono equivalente. En el recuadro 6 se explican diferentes metodologías que existen para medir esta huella (en particular en las carteras de inversión, lo que es especialmente relevante para entender el impacto del negocio de las entidades financieras). En definitiva, la huella de carbono será lo que nos permitirá conocer el nivel de alineamiento actual de las empresas con una economía sostenible, tal y como se ha acordado en París (2015), existiendo un reciente **acuerdo** internacional firmado por más de 30 entidades financieras encaminado a comprometerse en la medición del riesgo de cambio climático de sus carteras de inversión.

Una vez calculada la huella carbónica de la cartera crediticia o inversora de las entidades, es preciso traducir esa variable en términos económicos, de cara a cuantificar el impacto del cambio climático en términos de *materialidad financiera*. Esto implica incorporar este factor en la medición del *riesgo de crédito*, para lo que existen distintas metodologías<sup>25</sup>, como son las pruebas de resistencia o *stress test* climáticos<sup>26</sup>, o adaptaciones de metodologías de simulación de valor en riesgo (VaR, por sus siglas en inglés), como se explica en el recuadro 7.

<sup>24</sup> La propuesta europea es, en este sentido, más ambiciosa que el TCFD, puesto que esta última iniciativa hace referencia solo a la materialidad financiera, tal y como se explica en el documento del grupo de expertos de la Comisión Europea [TEG (2019e)].

<sup>25</sup> Para mayor detalle, recomendamos revisar los documentos de UNEP-FI sobre las diferentes metodologías para la medición del **riesgo físico** y la medición del **riesgo de transición**.

<sup>26</sup> Por ejemplo, el Banco Central de los Países Bajos realiza una prueba de resistencia para medir el riesgo de transición energética [DNB (2018)], y el Banco de Inglaterra, en colaboración con 2Dii, ha llevado a cabo en 2019 una prueba de resistencia en el sector de los seguros a partir de la exposición al cambio climático estimada mediante la metodología PACTA (dicha herramienta está disponible **on line**).

La base para una correcta medición de la huella de carbono tiene su origen en Kyoto, y en particular en el **protocolo** de gases invernadero (GHG, por sus siglas en inglés), el cual define siete tipos de gases contaminantes, desde dióxido de carbono hasta metano, o nitrosos y fluorados, todos los cuales pueden ser expresados en «equivalentes de dióxido de carbono» (CO<sub>2</sub>e).

La medición de las emisiones debe basarse en tres dimensiones: en primer lugar están las *emisiones realizadas*, entre las que distinguimos las *directas*, producidas por las propias oficinas y vehículos (*scope 1*), y las *indirectas*, originadas por el consumo de suministros, como electricidad y calefacción (*scope 2*), o el conocido como *scope 3*, debido tanto a la cadena de producción (compra de materias primas, transporte de mercancías, etc.) como al negocio (distribución de productos, cartera de inversión, etc.). En segundo lugar están las *emisiones evitadas*, por ejemplo mediante inversiones en energías renovables, y, por último, las *emisiones secuestradas*, por ejemplo, mediante la inversión en parques forestales.

Según este protocolo, las entidades financieras harán el *reporting* hasta el nivel *scope 3*, siendo especialmente relevante la *medición de la huella derivada de la cartera de inversiones*. En este punto es donde aparecen diversas metodologías para su medición. Un primer grupo de métricas, entre las que cabe mencionar la metodología PCAF<sup>1</sup>, se basan en un enfoque *backward-looking* y tratan de cuantificar la huella de carbono en su estado actual, con base en la construcción de unos factores de atribución dentro de la cartera de activos y ponderando las emisiones de las empresas en función del peso de la financiación de la entidad en ellas. Otro grupo de métricas, entre las que se encuentran la metodología PACTA<sup>2</sup>, aspiran a medir la huella de carbono de las carteras de inversión con un enfoque *forward-looking*, simulando la evolución de la huella de carbono actual, medida en grados de temperatura como alineamiento a una senda de calentamiento global, conforme a escenarios climáticos futuros.

- 1 Apoyada por entidades como Triodos Bank, ABN Amro o APG.
- 2 Entidades como WWF o ING (proyecto TERRA) usan esta metodología, ambas en colaboración con la empresa especializada 2Dii (*Two Degrees Investing Initiative*).

Situado en un campo en pleno desarrollo, el proyecto de Climate VaR (CVaR), implementado por **Carbon Delta**, consiste en un cálculo inicial de los costes y beneficios en que incurre la empresa en los siguientes quince años, para cada escenario de transición energética simulado (por ejemplo, 1.5°C, 2°C, 3°C o 4°C) y cada factor de riesgo (físico, de transición, regulatorio y oportunidades tecnológicas) bajo diferentes supuestos. La serie temporal de coste neto climático es descontada a su valor presente mediante la tasa interna de retorno exigida a la empresa (WACC, por sus siglas en inglés)<sup>1</sup>.

De este modo, el CVaR de la empresa se calcula como el cociente entre el valor presente de los costes netos climáticos y el valor de mercado de la empresa, siendo posible descomponerlo, con base en el modelo estructural de riesgo de crédito de Merton (1970), en impacto sobre el capital, y la deuda.

Así, se obtiene una metodología que permite medir el potencial impacto del riesgo de cambio climático sobre el valor del pasivo de las empresas, distinguiendo entre el efecto en el capital y el efecto en la deuda según distintos escenarios.

$$CVaR_{\text{capital}} = \frac{\text{Coste / beneficio climático}}{\text{Valor de mercado del capital}}$$

$$CVaR_{\text{deuda}} = \frac{\text{Coste / beneficio climático}}{\text{Valor de mercado de la deuda}}$$

1 Stern *et al.* (2019) critican el hecho de que los escenarios no incluyan eventos de cola (*tipping point*), que en el caso del cambio climático pueden ser especialmente relevantes, así como el impacto de descontar los costes climáticos futuros, lo que puede interpretarse como discriminación respecto a las generaciones futuras.

#### 4 Innovación tecnológica

El desarrollo de las nuevas tecnologías supone una transformación fundamental en el sector financiero, al que la gestión del riesgo climático no le es ajena [Allen *et al.* (2017)]. En este sentido, las nuevas tecnologías están modificando prácticamente todos los eslabones de la cadena de valor del sector financiero y, en todos ellos, surgen oportunidades en las que los criterios de sostenibilidad pueden desempeñar un importante papel<sup>27</sup>.

Merece la pena señalar algunas iniciativas [UNEP (2016)] con un uso creciente, como las aplicaciones de *procesamiento natural de texto* (NLP, por sus siglas en inglés) basadas en técnicas de inteligencia artificial para hacer un seguimiento de las métricas de sostenibilidad que se mencionan en las memorias y estados financieros de las empresas. Las emplean, por ejemplo, desde el Sustainability Accounting Standards Board (SASB) para medir el nivel de cumplimiento de *disclosure* corporativo en materia ESG. Otra técnica utilizada para calcular la reputación medioambiental de las empresas es la medición del sentimiento de los usuarios a partir de la interpretación de textos y artículos, para lo que se requiere igualmente el uso de técnicas de NLP, analítica avanzada y gestión de datos masivos [Hawley (2017)].

Un último ejemplo que merece la pena destacar es el uso de nuevas tecnologías en la medición del riesgo físico por cambio climático. En particular, instituciones como el Banco Mundial utilizan *técnicas de reconocimiento de imágenes* dentro de su estrategia de gestión de riesgo de catástrofes. En el proyecto *Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)* se utilizó la identificación de imágenes de satélite, drones y grabaciones de coches de 360° en las calles de Guatemala, para localizar vulnerabilidades y priorizar las inversiones. Se estima que el uso de esta tecnología fue un 70 % más barato que recurrir a capital humano, y además redujo el sesgo en la recolección de datos<sup>28</sup>. Un algoritmo identificaba las pendientes en la tierra, edificios de planta baja susceptibles de mayores daños en caso de terremotos, y materiales defectuosos en los tejados que provocarían mayor riesgo sobre la vida humana en caso de inundaciones. Los resultados mostraron que el 85 % de los edificios señalizados por el algoritmo fueron calificados por los ingenieros como de alto riesgo, lo que ayudó a mejorar la capacidad de resistencia de muchas viviendas modestas.

No obstante, es importante recalcar que *el avance tecnológico derivado del uso de técnicas de inteligencia artificial acarrea a su vez un coste en términos de impacto climático*. Tal y como se explica en el recuadro 8, la calibración cada vez más compleja de ciertos algoritmos conlleva una elevada huella de carbono que no debemos dejar de valorar en el análisis del camino óptimo hacia una economía baja en carbono. Esto es de especial relevancia para el sector financiero, cuya actividad propia (*scope 2*)

<sup>27</sup> En este sentido, en UNEP (2016) se analizan de modo detallado todas las iniciativas de innovación financiera que pueden tener efecto a la hora de alcanzar los objetivos de sostenibilidad.

<sup>28</sup> Ninguna técnica de predicción está exenta de sesgo, pero existen técnicas encaminadas a controlar la existencia de algún sesgo de discriminación, algoritmos o medición.

Strubell *et al.* (2019) calculan la huella de carbono derivada del consumo eléctrico por el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo de NLP. Mientras que hace una década los modelos de NLP podían entrenarse con un portátil en casa, hoy muchos requieren *hardware* especializado debido a las mejoras en el almacenamiento masivo de datos. El entrenamiento de los modelos conlleva un elevado consumo eléctrico necesario para hacer funcionar este *hardware* por semanas o meses de manera continua. Algunas de las técnicas de optimización de parámetros (como el *grid search* o búsqueda de rejilla) usadas en estos modelos son computacionalmente muy exigentes. En este estudio los autores estiman que el consumo de energía para el entrenamiento de un modelo complejo puede equivaler a hasta seis veces el consumo de la vida útil de un coche (626.155 lbs de CO<sub>2</sub> del algoritmo, frente a 126.000 del coche).

**Cuadro 1**  
EMISIONES ESTIMADAS DE CO<sub>2</sub> POR ENTRENAMIENTO DE MODELOS DE NLP, COMPARADAS CON CONSUMOS FAMILIARES

|  | CO <sub>2</sub> (lbs) |
|--|-----------------------|
| <b>Consumo</b>   |                       |
| Viaje en avión, un pasajero NY- SF                       | 1.984                 |
| Vida humana, promedio mundial, un año                    | 11.023                |
| Vida humana, promedio en Estados Unidos, un año          | 36.156                |
| Coche, promedio incluyendo combustible, un ciclo de vida | 126.000               |
| <b>Entrenamiento de un modelo (GPU)</b>                  |                       |
| NLP <i>pipeline</i> ( <i>parsing</i> SRL)                | 39                    |
| Con calibración y experimentación                        | 78.468                |
| <i>Transformer</i> (grande)                              | 192                   |
| Con búsqueda en arquitectura neuronal                    | 626.155               |

FUENTE: Elaboración propia a partir de Strubell, Ganesh y McCallum (2019).

no se venía caracterizando hasta el momento por dejar una huella carbónica significativa. Sin embargo, el uso incremental de servicios de almacenaje de datos en la nube y de calibración de algoritmos mediante complejas técnicas de optimización puede llegar a revertir esta situación.

## Conclusión

El cambio climático constituye sin duda uno de los elementos de riesgo más importantes que afrontará nuestra sociedad en las próximas décadas. El sector financiero desempeña un papel fundamental en este reto, tanto por su exposición y las consiguientes implicaciones patrimoniales que pueden derivarse de la materialización de este riesgo como por su labor de canalización de las inversiones necesarias para transformar nuestra economía en un modelo sostenible. Las autoridades financieras son plenamente conscientes de ello y están discutiendo intensamente la implementación de medidas que reconozcan *la importancia específica del cambio climático como un elemento de riesgo en el sector financiero*. Esta discusión regulatoria comienza a tomar forma en iniciativas concretas, como las que se derivan del [plan de acción](#) de la Comisión Europea [TEG (2019a, b, c, d y e)] y, sin duda, irán condicionando de modo progresivo tanto los mercados de capitales como las decisiones de las entidades financieras en su actividad de intermediación. Sin embargo, todo proceso normativo lleva tiempo, margen que no debería servir de excusa al sector privado para evitar posicionarse en relación con un reto tan trascendental para su actividad como el del cambio climático. Así, aquellas entidades que más avancen con iniciativas y medidas para interiorizar este riesgo dentro de su toma de decisiones estarán mejor preparadas para competir cuando acabe de delimitarse un marco regulatorio adecuado [BCAM (2018)].

Sin duda, el cambio climático se ha convertido, junto con las nuevas tecnologías, en uno de los ejes fundamentales que están transformando el sector financiero<sup>29</sup>. *En este artículo se han repasado, de modo cualitativo, algunas de las iniciativas* que se han venido observando en determinadas entidades o en los mercados financieros en relación con el riesgo de cambio climático. Se pone de manifiesto que esta transformación está provocando la aparición de nuevos productos (p. ej., bonos y préstamos verdes) y servicios financieros (p. ej., verificación externa y *benchmarks* sostenibles), cuya provisión se está realizando tanto con la aparición de nuevos proveedores especializados como con la incorporación de iniciativas vinculadas a la gestión y concienciación respecto al riesgo climático en la actividad de los participantes tradicionales. Esta misma *revolución* está sucediendo en planos más importantes; por ejemplo, la *gestión de riesgos*, donde se intenta avanzar en frentes como la medición del impacto de la actividad empresarial en el proceso de cambio climático (p. ej., la huella de carbono) o la potencial repercusión financiera en el comportamiento de las empresas que puede tener el proceso de transformación hacia una economía sostenible (para ello están bajo desarrollo nuevas adaptaciones de metodologías como las pruebas de resistencia o VaR). Por último, es importante resaltar que la propia transformación del sector financiero puede impulsar significativamente este cambio, si bien no se encuentra exenta de *restricciones*, como es el potencial impacto sobre la huella de carbono del uso de servicios de almacenamiento masivo de datos en la nube y de calibración de complejos algoritmos de inteligencia artificial.

---

<sup>29</sup> Para un mayor detalle recomendamos ver la plataforma de Naciones Unidas *Financial Innovation for the SDGs*, cuyo sitio web está disponible [aquí](#).



Aunque muchas de estas iniciativas aún se encuentran en un estado inicial y en muchos casos su utilización es limitada, el ritmo de evolución que se ha observado en segmentos como los bonos verde, en particular, y el impulso en el cambio normativo para incorporar de modo explícito el riesgo de cambio climático hacen presagiar que en los próximos años asistiremos a una proliferación de dichas iniciativas, de modo que *las finanzas sostenibles acaben siendo práctica habitual* [UNEPFI (2018)]. Esta tendencia parece inevitable si realmente se quiere afrontar el cambio climático y evitar el impacto que un escenario alternativo tendría, no solo en el sector financiero, sino en el bienestar de toda la sociedad.

## Bibliografía

- ALLEN, E., K. LYONS y R. TAVARES (2017). «The Application of Machine Learning to Sustainable Finance», *Journal of Environmental Investing*.
- ANDERSSON, M., P. BOLTON y F. SAMAMA (2016). «Hedging Climate Risk», *Financial Analysts Journal*.
- BACHELET, M. J., L. BECCHETTI y S. MANFREDONIA (2018). *The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party verification*, diciembre, MDPI.
- BCAM (2018). *Banking on a Low-Carbon Future: are the world's largest banks stepping up to the risks & opportunities of climate change?*, Boston Common Asset Management.
- BIT (2019). *Behavior Change For Nature: A Behavioral Science Toolkit for Practitioners*, abril, The Behavioral Insights Team.
- CAPE (2019). *The Coalition of Finance Ministers for Climate Action*, junio, Santiago de Chile.
- CAT (2018). *Warming Projections Global Update*, diciembre, Climate Action Tracker.
- CBI (2018a). *Bonds and Climate Change. The State of the Market, 2018*, septiembre, The Climate Bonds Initiative.
- (2018b). *Green Securitisation: Unlocking finance for small-scale low carbon projects*, marzo, The Climate Bonds Initiative.
- (2018c). *Post-issuance reporting in the green bond market*, marzo, The Climate Bonds Initiative.
- CLUBB, R., Y. TAKAHASHI y P. TIBURZIO (2016). *Evaluating the Relationship between ESG and Corporate Fixed Income*, Laboratory for Sustainable Business, MIT Management Sloan School.
- ENER (2019). *Efficiency and Resilience Improvements with PACE Financing*, marzo, US Department of Energy.
- ENGLE, R. F., et al. (2019). *Hedging climate change news*, NBER Working Paper.
- FSR (2019). «Greening the Financial System. The new frontier», *Financial Stability Review*, junio, Banque de France.
- GONZÁLEZ, C. I., y S. NÚÑEZ (2019). *Mercados, entidades financieras y bancos centrales ante el cambio climático: retos y oportunidades*, Documento de Trabajo 2019/06, FEDEA.
- HAWLEY, J. (2017). *ESG Ratings and Rankings*, TruValue Labs.
- ICMA (2018a). *Guidelines for Green, Social and Sustainability Bonds External Reviews*, junio.
- (2018b). *Green Bond Principles. Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds*, junio.
- ING (2018). *Sustainable covered bonds*, mayo, ING Global Markets Research.
- IRENA (2019). *Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050*, International Renewable Energy Agency.
- KAHN, M. E., et al. (2019). *Long-Term Macroeconomics effects of climate change: A cross-country analysis*, Working Paper 262167 NBER.
- LAFAKIS, C., et al. (2019). *The Economic Implications of Climate Change*, junio, Moody's Analytics.
- MARQUÉS SEVILLANO, J. M., y L. ROMO GONZÁLEZ (2018). «El riesgo de cambio climático en los mercados y las entidades financieras: retos, medidas e iniciativas internacionales», *Revista de Estabilidad Financiera*, n.º 34, Banco de España.
- MERTON, R. C. (1970). «On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates», *The Journal of Finance*, mayo.
- OECD (2016). *The economic consequences of climate change*.
- (2019). *Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-17*.
- RAFTERY, A., et al. (2017). «Less than 2°C warming by 2100 unlikely», *Nature Climate Change*, 7, pp. 637-641.
- STERN, N., P. CURRAN y N. ROBINS (2019). «Unlocking the strategic economic opportunity of clean and inclusive growth», *Banque de France Financial Stability Review*, junio.
- STRUBELL, E., A. GANESH y A. MCCALLUM (2019). *Energy and policy considerations for deep learning in NLP*, University of Massachusetts.
- TAKATSUKI, Y., y J. FOLL (2019). *Financing Brown to Green: guidelines for transition bonds*, junio, Axa Investment Managers.
- TCFD (2017). *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*, junio, Task Force on Climate-related Financial Disclosures.
- (2019). *TCFD: 2019 Status Report*, junio, Task Force on Climate-related Financial Disclosures.
- TEG (2019a). *Report of the Technical Expert Group (TEG) subgroup on Green Bond Standard. Proposal for an EU Green Bond Standard*, marzo, Comisión Europea.
- (2019b). *Report on EU Green Bond Standard. TEG Report. Proposal for an EU Green Bond Standard*, junio, Comisión Europea.
- (2019c). *Report on Benchmarks. TEG interim Report on Climate Benchmarks and Benchmark's ESG Disclosures*, junio, Comisión Europea.
- (2019d). *Taxonomy Technical Report*, junio, Comisión Europea.
- (2019e). *Consultation documento on the update of the non-binding guidelines on non-financial reporting*, enero, Comisión Europea.

- UNCTAD (2014). *World Investment Report, 2014: Investing in the SDGs: an action plan*, United Nations Conference on Trade Development.
- UNEP (2016). *Fintech and sustainable developments: Assessing the implications*, Inquiry Design of a Sustainable Financial System.
- UNEPI (2018). *SDG Bonds & Corporate Finance. A roadmap to mainstream investments*, White Paper on Financial Innovations for SDGs, United Nations Environmental Program.
- UNFCCC (2015). *Adoption of the Paris Agreement*, United Nations Framework Convention on Climate Change, del 30 de noviembre al 11 de diciembre, París.
- VERMEULEN, R., *et al.* (2018). *An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands*, DNB Occasional Studies, De Nederlandsche Bank.
- VILLEROY, F. V. (2019). «Climate Change: A Financial Risk for Banks», *The Wall Street Journal*, 14 de julio.

## PUBLICACIONES DEL BANCO DE ESPAÑA

### DOCUMENTOS OCASIONALES

- 1401 JOSÉ MARÍA SERENA y EVA VALDEOLIVAS: Integración financiera y modelos de financiación de los bancos globales.
- 1402 ANTONIO MONTESINOS, JAVIER J. PÉREZ y ROBERTO RAMOS: El empleo de las administraciones públicas en España: caracterización y evolución durante la crisis.
- 1403 SAMUEL HURTADO, PABLO MANZANO, EVA ORTEGA y ALBERTO URTASUN: Update and re-estimation of the Quarterly Model of Banco de España (MTBE).
- 1404 JUAN CARLOS BERGANZA, IGNACIO HERNANDO y JAVIER VALLÉS: Los desafíos para la política monetaria en las economías avanzadas tras la Gran Recesión.
- 1405 FERNANDO LÓPEZ VICENTE y JOSÉ MARÍA SERENA GARRALDA: Macroeconomic policy in Brazil: inflation targeting, public debt structure and credit policies.
- 1406 PABLO HERNÁNDEZ DE COS y DAVID LÓPEZ RODRÍGUEZ: Estructura impositiva y capacidad recaudatoria en España: un análisis comparado con la UE. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1407 OLYMPIA BOVER, ENRIQUE CORONADO y PILAR VELILLA: The Spanish survey of household finances (EFF): description and methods of the 2011 wave.
- 1501 MAR DELGADO TÉLLEZ, PABLO HERNÁNDEZ DE COS, SAMUEL HURTADO y JAVIER J. PÉREZ: Los mecanismos extraordinarios de pago a proveedores de las Administraciones Públicas en España. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1502 JOSÉ MANUEL MONTERO y ANA REGIL: La tasa de actividad en España: resistencia cíclica, determinantes y perspectivas futuras.
- 1503 MARIO IZQUIERDO y JUAN FRANCISCO JIMENO: Employment, wage and price reactions to the crisis in Spain: Firm-level evidence from the WDN survey.
- 1504 MARÍA DE LOS LLANOS MATEA: La demanda potencial de vivienda principal.
- 1601 JAVIER MENCIA y JESÚS SAURINA: Política macroprudencial: objetivos, instrumentos e indicadores. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1602 LUIS MOLINA, ESTHER LÓPEZ y ENRIQUE ALBEROLA: El posicionamiento exterior de la economía española.
- 1603 PILAR CUADRADO y ENRIQUE MORAL-BENITO: El crecimiento potencial de la economía española (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1604 HENRIQUE S. BASSO y JAMES COSTAIN: Macroprudential theory: advances and challenges.
- 1605 PABLO HERNÁNDEZ DE COS, AITOR LACUESTA y ENRIQUE MORAL BENITO: An exploration of real-time revisions of output gap estimates across European countries.
- 1606 PABLO HERNÁNDEZ DE COS, SAMUEL HURTADO, FRANCISCO MARTÍ y JAVIER J. PÉREZ: Public finances and inflation: the case of Spain.
- 1607 JAVIER J. PÉREZ, MARIE AOURIRI, MARÍA M. CAMPOS, DMITRIJ CELOV, DOMENICO DEPALO, EVANGELIA PAPAPETROU, JURGA PESLIKAITÉ, ROBERTO RAMOS y MARTA RODRÍGUEZ-VIVES: The fiscal and macroeconomic effects of government wages and employment reform.
- 1608 JUAN CARLOS BERGANZA, PEDRO DEL RÍO y FRUCTUOSO BORRALLO: Determinants and implications of low global inflation rates.
- 1701 PABLO HERNÁNDEZ DE COS, JUAN FRANCISCO JIMENO y ROBERTO RAMOS: El sistema público de pensiones en España: situación actual, retos y alternativas de reforma. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1702 EDUARDO BANDRÉS, MARÍA DOLORES GADEA-RIVAS y ANA GÓMEZ-LOSCOS: Regional business cycles across Europe.
- 1703 LUIS J. ÁLVAREZ e ISABEL SÁNCHEZ: A suite of inflation forecasting models.
- 1704 MARIO IZQUIERDO, JUAN FRANCISCO JIMENO, THEODORA KOSMA, ANA LAMO, STEPHEN MILLARD, TAIRI RÕÕM y ELIANA VIVIANO: Labour market adjustment in Europe during the crisis: microeconomic evidence from the Wage Dynamics Network survey.
- 1705 ÁNGEL LUIS GÓMEZ y M.ª DEL CARMEN SÁNCHEZ: Indicadores para el seguimiento y previsión de la inversión en construcción.
- 1706 DANILO LEIVA-LEON: Monitoring the Spanish Economy through the Lenses of Structural Bayesian VARs.
- 1707 OLYMPIA BOVER, JOSÉ MARÍA CASADO, ESTEBAN GARCÍA-MIRALLES, JOSÉ MARÍA LABEAGA y ROBERTO RAMOS: Microsimulation tools for the evaluation of fiscal policy reforms at the Banco de España.
- 1708 VICENTE SALAS, LUCIO SAN JUAN y JAVIER VALLÉS: The financial and real performance of non-financial corporations in the euro area: 1999-2015.

- 1709 ANA ARENCIBIA PAREJA, SAMUEL HURTADO, MERCEDES DE LUIS LÓPEZ y EVA ORTEGA: New version of the Quarterly Model of Banco de España (MTBE).
- 1801 ANA ARENCIBIA PAREJA, ANA GÓMEZ LOSCOS, MERCEDES DE LUIS LÓPEZ y GABRIEL PÉREZ QUIRÓS: A short-term forecasting model for the Spanish economy: GDP and its demand components.
- 1802 MIGUEL ALMUNIA, DAVID LÓPEZ-RODRÍGUEZ y ENRIQUE MORAL-BENITO: Evaluating the macro-representativeness of a firm-level database: an application for the Spanish economy.
- 1803 PABLO HERNÁNDEZ DE COS, DAVID LÓPEZ RODRÍGUEZ y JAVIER J. PÉREZ: Los retos del desapalancamiento público. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1804 OLYMPIA BOVER, LAURA CRESPO, CARLOS GENTO y ISMAEL MORENO: The spanish survey of household finances (EFF): Description and methods of the 2014 wave.
- 1805 ENRIQUE MORAL-BENITO: The microeconomic origins of the Spanish boom.
- 1806 BRINDUSA ANGHIEL, HENRIQUE BASSO, OLYMPIA BOVER, JOSÉ MARÍA CASADO, LAURA HOSPIDO, MARIO IZQUIERDO, IVAN A. KATARYNIUK, AITOR LACUESTA, JOSÉ MANUEL MONTERO y ELENA VOZMEDIANO: La desigualdad de la renta, el consumo y la riqueza en España. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1807 MAR DELGADO-TÉLLEZ y JAVIER J. PÉREZ: Institutional and economic determinants of regional public debt in Spain.
- 1808 CHENXU FU y ENRIQUE MORAL-BENITO: The evolution of Spanish total factor productivity since the Global Financial Crisis.
- 1809 CONCHA ARTOLA, ALEJANDRO FIORITO, MARÍA GIL, JAVIER J. PÉREZ, ALBERTO URTASUN y DIEGO VILA: Monitoring the Spanish economy from a regional perspective: main elements of analysis.
- 1810 DAVID LÓPEZ-RODRÍGUEZ y CRISTINA GARCÍA CIRIA: Estructura impositiva de España en el contexto de la Unión Europea.
- 1811 JORGE MARTÍNEZ: Previsión de la carga de intereses de las Administraciones Públicas.
- 1901 CARLOS CONESA: Bitcoin: ¿una solución para los sistemas de pago o una solución en busca de problema? (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1902 AITOR LACUESTA, MARIO IZQUIERDO y SERGIO PUENTE: Un análisis del impacto de la subida del salario mínimo interprofesional en 2017 sobre la probabilidad de perder el empleo. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1903 EDUARDO GUTIÉRREZ CHACÓN y CÉSAR MARTÍN MACHUCA: Exporting Spanish firms. Stylized facts and trends.
- 1904 MARÍA GIL, DANILO LEIVA-LEON, JAVIER J. PÉREZ y ALBERTO URTASUN: An application of dynamic factor models to nowcast regional economic activity in Spain.
- 1905 JUAN LUIS VEGA (COORDINADOR): *Brexit*: balance de situación y perspectivas.
- 1906 JORGE E. GALÁN: Measuring credit-to-GDP gaps. The Hodrick-Prescott filter revisited.
- 1907 VÍCTOR GONZÁLEZ-DÍEZ y ENRIQUE MORAL-BENITO: El proceso de cambio estructural de la economía española desde una perspectiva histórica. (Existe una versión en inglés con el mismo número).
- 1908 PANA ALVES, DANIEL DEJUÁN y LAURENT MAURIN: Can survey-based information help assess investment gaps in the EU?
- 1909 OLYMPIA BOVER, LAURA HOSPIDO and ERNESTO VILLANUEVA: The Survey of Financial Competences (ECF): description and methods of the 2016 wave.
- 1910 LUIS JULIÁN ÁLVAREZ: El índice de precios de consumo: usos y posibles vías de mejora.
- 1911 ANTOINE BERTHOU, ÁNGEL ESTRADA, SOPHIE HAINCOURT, ALEXANDER KADOW, MORITZ A. ROTH y MARIE-ELISABETH DE LA SERVE: Assessing the macroeconomic impact of Brexit through trade and migration channels.
- 1912 RODOLFO CAMPOS y JACOPO TIMINI: An estimation of the effects of Brexit on trade and migration.
- 1913 DUNCAN VAN LIMBERGEN, MARCO HOEBERICHTS, ANA DE ALMEIDA y TERESA SASTRE: A tentative exploration of the effects of Brexit on foreign direct investment vis-à-vis the United Kingdom.
- 1914 MARÍA DOLORES GADEA-RIVAS, ANA GÓMEZ-LOSOS y EDUARDO BANDRÉS: Ciclos económicos y *clusters* regionales en Europa.
- 1915 MARIO ALLOZA y PABLO BURRIEL: La mejora de la situación de las finanzas públicas de las Corporaciones Locales en la última década.
- 1916 ANDRÉS ALONSO y JOSÉ MANUEL MARQUÉS: Innovación financiera para una economía sostenible. (Existe una versión en inglés con el mismo número).