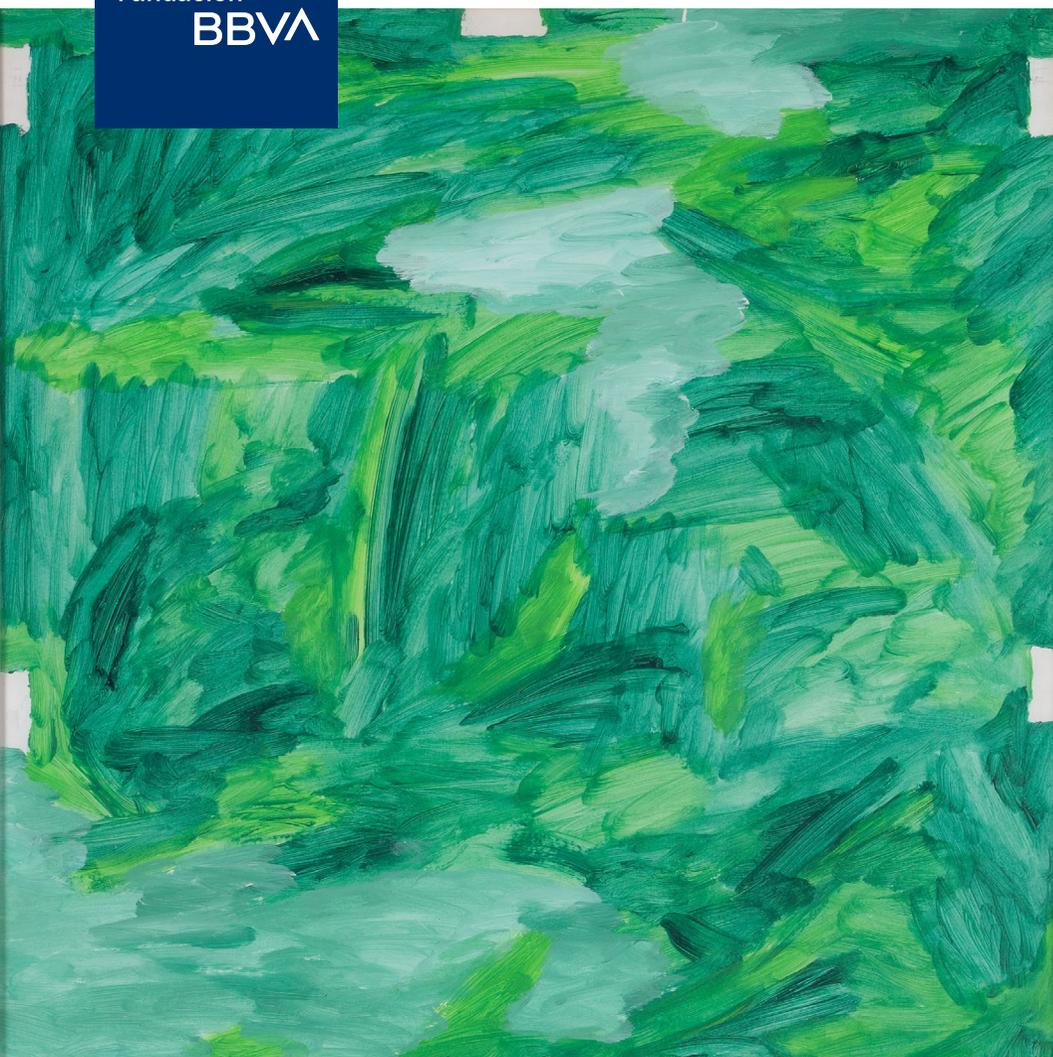


ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE EN ESPAÑA

Análisis del flujo de materiales y capital natural

Ernest Reig Martínez
Ezequiel Uriel Jiménez (Dir.)

Fundación
BBVA



ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE EN ESPAÑA

Economía y medio ambiente en España

**Análisis del flujo de materiales
y capital natural**

Dirigido por

Ernest Reig Martínez

Ezequiel Uriel Jiménez

Eva Benages Candau

José Antonio Franco Vila

Juan Carlos Robledo Domínguez

Fundación
BBVA

La decisión de la Fundación BBVA de publicar el presente libro no implica responsabilidad alguna sobre su contenido ni sobre la inclusión, dentro de esta obra, de documentos o información complementaria facilitada por los autores.

No se permite la reproducción total o parcial de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, reprográfico, fotoquímico, óptico, de grabación u otro sin permiso previo y por escrito del titular del *copyright*.

DATOS INTERNACIONALES DE CATALOGACIÓN

Economía y medio ambiente en España: análisis del flujo de materiales y capital natural / Eva Benages Candau, José Antonio Franco Vila, Juan Carlos Robledo Domínguez; dirigido por Ernest Reig Martínez y Ezequiel Uriel Jiménez. – 1.^a ed. – Bilbao: Fundación BBVA, 2025.

522 p. ; 24 cm

ISBN: 978-84-19751-07-2

1. Medio ambiente. 2. Economía del medio ambiente. 3. Capital natural. 4. Recursos naturales. 5. España. I. Benages Candau, Eva. II. Franco Vila, José Antonio. III. Robledo Domínguez, Juan Carlos. IV. Reig Martínez, Ernest, dir. V. Uriel Jiménez, Ezequiel, dir. VI. Fundación BBVA, ed.

330.15 (460)

Primera edición, febrero 2025

© los autores, 2025

© Fundación BBVA, 2025

Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao

IMAGEN DE CUBIERTA: © Manolo QUEJIDO, VEGAP, Madrid, 2025

Verdor (serie Países), 1977 [fragmento]

Acrílico sobre cartulina

100 x 72 cm

ISBN: 978-84-19751-07-2

DEPÓSITO LEGAL: BI 00251-2025

EDICIÓN Y PRODUCCIÓN: Martín Gràfic

COMPOSICIÓN Y MAQUETACIÓN: Martín Gràfic

Í N D I C E

Introducción	11
1. La interacción entre la naturaleza y el sistema económico: una aproximación cuantitativa	
1.1. Crecimiento económico y sostenibilidad.....	19
1.1.1. Introducción	19
1.1.2. El carácter multifacético de la sostenibilidad	21
1.1.3. Limitaciones del producto interior bruto (PIB) como medida del bienestar social	24
1.1.4. El índice de riqueza inclusiva de las Naciones Unidas.....	29
1.1.5. Otras dimensiones no exploradas en esta monografía	32
1.2. La interacción entre el medio natural y el sistema económico a través de los flujos de materiales	36
1.3. El capital natural como componente imprescindible de la riqueza nacional.....	43
1.4. Objetivo de la monografía.....	52
2. Flujo de materiales	
2.1. Introducción.....	57
2.2. El flujo de materiales entre el medio ambiente y el sistema económico	63

2.2.1. Definición de la frontera entre medio ambiente y economía	63
2.2.2. Definición de la frontera a efectos de la incorporación al AFM de las importaciones y exportaciones.....	65
2.3. Conceptos básicos	66
2.3.1. Conceptos vinculados a los flujos de materiales que representan inputs y consumo	66
2.3.2. Conceptos vinculados a los flujos de materiales que representan outputs del sistema económico	71
2.4. Fortalezas y límites de los indicadores basados en los conceptos anteriores	75
3. La cuantificación de los flujos de materiales en España	
3.1. La perspectiva desde el lado de los <i>inputs</i>	79
3.1.1. Análisis agregado	79
3.1.2. Análisis de la extracción doméstica por componentes	84
3.2. Los flujos de materiales y el comercio exterior.....	92
3.3. La perspectiva desde el lado de los <i>outputs</i>	104
4. Flujos de materiales y agregados económicos: la productividad de los recursos naturales	
4.1. La desvinculación entre el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales	123
4.1.1. La eficiencia en el uso de los recursos naturales	123
4.1.2. ¿Es posible el desacoplamiento?	125
4.1.3. La evidencia empírica internacional	134
4.2. El perfil del metabolismo socioeconómico español en el contexto internacional	140
4.3. La asociación entre el consumo nacional de materiales y el PIB real de la economía española.....	155
4.4. La evolución de los consumos energéticos en la economía española	163
4.4.1. Los objetivos de reducción de emisiones y el consumo de energía	163
4.4.2. Una metodología para el análisis de los determinantes del consumo energético.....	167
4.4.3. El consumo de energía final por parte del sistema productivo español: evolución y factores determinantes.	170
4.4.4. La eficiencia energética de los sectores productivos.....	189

5. Economía circular	
5.1. Introducción.....	193
5.1.1. Producción y consumo de materiales.....	193
5.1.2. Enfoque circular de la producción.....	195
5.1.3. Economía circular y sostenibilidad.....	202
5.1.4. Economía circular, ecoeficiencia y ecoefectividad	205
5.1.5. Economía circular, ventajas y limitaciones.....	209
5.1.6. Iniciativas para el desarrollo de la economía circular.....	212
5.2. Indicadores del avance de la economía circular en la Unión Europea.....	215
5.2.1. Marco de monitorización de la economía circular: sistema de indicadores	215
5.2.2. Avance de la economía circular en la UE y España.....	230
5.2.3. Diagrama de Sankey	250
5.3. La economía circular en España.....	259
6. Medición del <i>stock</i> de capital natural	
6.1. Introducción.....	271
6.2. Activos medioambientales	276
6.3. Metodología para la estimación del capital natural.....	278
6.3.1. Estimación del valor de los recursos forestales.....	280
6.3.2. Estimación del valor de las tierras de cultivo y los pastos.....	286
6.3.3. Estimación del valor de las áreas protegidas.....	289
6.3.4. Estimación del valor de los recursos energéticos y minerales.....	291
7. La cuantificación del valor del capital natural en España	
7.1. Valor agregado del <i>stock</i> de capital natural.....	299
7.2. Composición del <i>stock</i> de capital natural.....	313
7.2.1. Recursos forestales.....	315
7.2.2. Tierras de cultivo y pastos	316
7.2.3. Recursos energéticos y minerales	325
7.3. Comparación internacional.....	330
7.3.1. Capital natural agregado.....	330
7.3.2. Composición del capital natural.....	338

8. Desagregación del <i>stock</i> de capital por comunidades autónomas	
8.1. Valor agregado del <i>stock</i> de capital natural por regiones.....	358
8.2. Riqueza agregada por regiones.....	372
8.3. Composición del capital natural por regiones.....	386
8.3.1. Recursos forestales.....	405
8.3.2. Tierras de cultivos y pastos.....	410
8.3.3. Áreas protegidas.....	417
8.3.4. Recursos energéticos y minerales.....	420
9. Conclusiones	
9.1. Análisis del flujo de materiales.....	431
9.2. Economía circular y economía sostenible.....	442
9.3. Cuantificación del <i>stock</i> de capital natural.....	446
9.4. Recomendaciones en relación con las políticas públicas.....	457
Apéndice	
A.1. Lista de códigos NACE Rev. 2 relacionados con los sectores de reciclaje, reparación y reutilización.....	465
A.2. Lista de códigos CPC (Clasificación Cooperativa de Patentes) relacionados con el reciclaje y las materias primas secundarias....	467
A.3. Diagramas de Sankey de Francia, Alemania e Italia.....	469
A.4. Implicaciones de considerar una vida infinita para los recursos forestales madereros.....	473
A.5. Indicador de riqueza agregada regional: efectos de la inclusión del valor del suelo urbano.....	475
A.6. Distribución regional de la población y el PIB.....	481
Bibliografía.....	483
Índice de cuadros.....	499
Índice de esquemas, figuras y mapas.....	501
Índice de gráficos.....	503
Índice alfabético.....	509
Nota sobre los autores.....	519

Introducción

A lo largo del último siglo el desarrollo económico de la mayoría de los países ha sido notable. Este proceso ha comportado la utilización de cantidades crecientes de materiales y energía, así como la generación de una cuantía de residuos cada vez más difícil de gestionar. A pesar de las mejoras en términos de bienestar de la población que este proceso de crecimiento económico ha conllevado, en las últimas décadas se está haciendo cada vez más patente para toda la sociedad la existencia de una interrelación entre el funcionamiento del sistema económico y el medio ambiente que puede tener efectos negativos sobre el bienestar presente y futuro. Determinados comportamientos del sistema productivo han dado lugar a importantes problemas medioambientales como la reducción de la capa de ozono, la deforestación de algunas áreas del planeta, la contaminación de las aguas, el calentamiento global, etc. Sin embargo, a pesar de esto, el análisis económico tradicional suele considerar a los recursos naturales como un *input* productivo, cuyo uso, y muchas veces degradación, resulta necesario para seguir aumentando los niveles de producción y de bienestar de la población.

Esta concepción del sistema económico presenta en la actualidad importantes limitaciones, pues sus efectos ya visibles sobre la naturaleza, como el agotamiento de algunos recursos naturales no renovables, ponen en peligro su continuidad futura. De ahí surge la necesidad de incluir en el análisis económico una nueva perspectiva, la del medio ambiente y los efectos que sobre el mismo tiene el funcionamiento del sistema productivo. Desde este punto de vista, no solo importa el crecimiento o progreso económico, sino que la sostenibilidad del mismo se vuelve crucial.

Sin embargo, el marco contable que mide el desarrollo económico no suele incluir el concepto de sostenibilidad. En general, el desarrollo de los países, y con él el bienestar de sus ciudadanos, suele medirse a partir del valor de su producto interior bruto (PIB) per cápita. Esta variable, a pesar de lo extendido de su uso, presenta limitaciones muy importantes como medida del bienestar, especialmente desde la perspectiva medioambiental, pues no tiene en cuenta los costes ambientales que la producción de bienes y servicios conlleva, como la degradación de ciertos ecosistemas o el agotamiento de recursos naturales no renovables.

Por estos motivos, en las últimas décadas han surgido diversas iniciativas con propuestas para introducir la perspectiva medioambiental en el análisis económico (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009; Banco Mundial 2006, 2018b; Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente [UNEP] 2018), así como nuevos marcos contables que analizan las interacciones entre el sistema económico y el medio natural (Eurostat 2018; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] 2008a, 2008b).

En este contexto, esta monografía intenta aportar algo de luz a la relación entre economía y medio ambiente en España. Un estudio de este tipo podría abordarse desde distintas perspectivas, pero en este caso se ha optado por tomar como punto de referencia las herramientas y conceptos propios del análisis económico, dejando de lado otros puntos de vista más amplios relacionados con la ecología o las ciencias de la naturaleza.

Desde esta perspectiva, a lo largo del trabajo pueden distinguirse dos enfoques diferenciados. El primero se centra en la ampliación del foco analítico para incluir las transacciones que tienen lugar entre el sistema económico en sentido estricto y el entorno natural, dado el papel que este juega como proveedor de recursos, a través de la extracción de materias primas y energía, o bien como receptor de residuos, emisiones o productos desechados. El instrumento analítico que permite llevar a cabo este análisis es el denominado *análisis del flujo de materiales* (AFM). El interés del AFM radica en que proporciona información sobre las presiones medioambientales que el sistema productivo puede generar a partir de la extracción, procesado, uso y eliminación de los materiales que obtiene del medio natural, pues registra los flu-

jos de materiales que atraviesan los límites entre el medio natural y la economía nacional.

Aunque tiene sus limitaciones, expuestas a lo largo de la monografía, el AFM tiene como ventaja el hecho de ser un sistema de cuentas bien organizado y compatible con el sistema de cuentas nacionales (SCN), que permite analizar los intercambios en términos de masa de materiales que tienen lugar entre el sistema económico y su entorno natural. De esta forma, es posible estudiar lo que algunos autores han denominado metabolismo socioeconómico (MS). Por otro lado, el AFM también permite comparar el crecimiento de determinados agregados económicos y el uso de recursos procedentes del medio natural para valorar si se está produciendo un proceso de *desacoplamiento* (*decoupling*). Este concepto se refiere a la desvinculación entre la evolución de la producción y la de los recursos naturales que son necesarios para obtener ese volumen de *output* del sistema económico. En relación con esto, ha surgido recientemente con fuerza el concepto de economía circular, una nueva concepción del sistema económico como un flujo circular de materiales y bienes que se contrapone al modelo lineal del tipo *extracción-producción-consumo-generación de residuos* empleado tradicionalmente. A lo largo de la monografía se hace también un completo seguimiento de su desarrollo en España a partir del sistema de indicadores diseñado por la Comisión Europea para este fin.

En segundo lugar, además del AFM y la economía circular, la monografía también estudia la situación de los recursos naturales desde otra perspectiva, la de su valoración en términos monetarios. En 2008 una comisión de expertos formada en Francia para la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social, liderada por Joseph E. Stiglitz, Amartya Sen y Jean-Paul Fitoussi, ya recomendó prestar mayor atención a indicadores de bienestar más amplios que el PIB para medir el progreso de los países, basados en otras magnitudes como el consumo, los ingresos o la riqueza, incluyendo en esta última el valor de los recursos naturales (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009). Siguiendo la metodología desarrollada por el Banco Mundial (Banco Mundial 2006, 2011; Lange, Wodon y Carey 2018) en esta monografía se lleva a cabo una estimación del valor del *stock* de capital natural en el territorio nacional, de

forma que sea posible disponer de una medida de riqueza que incluya, no solo los capitales habitualmente considerados, como el capital producido y el capital humano, sino también la riqueza que suponen los activos medioambientales. Este indicador refleja con más exactitud la evolución del nivel de bienestar de la sociedad y la sostenibilidad de los procesos de crecimiento económico que se han producido en las últimas décadas en nuestro país.

El capital natural se ha estimado no solo para el conjunto de España, sino también para cada una de las comunidades autónomas que la componen, lo que permite ampliar el análisis al ámbito regional.

Este último enfoque, además, completa el trabajo de medición del *stock* de capital en España que la Fundación BBVA y el Ivie vienen desarrollando desde hace ya más de dos décadas y que hasta ahora se centraba principalmente en la estimación del valor de los capitales físicos producidos o artificiales (Fundación BBVA e Ivie 2021a; Uriel y Albert 2012).

Teniendo en cuenta las dos perspectivas mencionadas, es posible dividir esta monografía en dos partes, sin considerar el primer capítulo, que sirve para introducir de forma más amplia ambos enfoques y contextualizar el análisis realizado. La primera parte, que engloba los capítulos del 2 al 5, se centra en el análisis de la información que puede derivarse del AFM. Por su parte, la segunda (capítulos 6, 7 y 8) se dedica a la estimación y análisis de las dotaciones de recursos naturales, es decir del capital natural. El contenido de cada uno de los capítulos se resume a continuación:

- El primer capítulo lleva a cabo una introducción de los distintos enfoques que son habitualmente utilizados para analizar las interrelaciones existentes entre sistema económico y medio ambiente, poniendo el foco en los dos que han sido finalmente seleccionados para esta monografía, y que ya se han mencionado, y detallando las posibilidades de análisis que los resultados obtenidos proporcionan al lector, así como su utilidad.
- El segundo capítulo describe los principales conceptos, definiciones y relaciones que forman el marco del AFM.

- El tercer capítulo se dedica al análisis de las principales magnitudes del AFM en España, tanto desde la óptica de los recursos o *inputs* utilizados por el sistema productivo como desde el punto de vista de los *outputs*. Desde la perspectiva de los *inputs*, se analiza el volumen y la evolución de conceptos como el *input* directo de materiales (IDM), que agrega la extracción nacional de materiales (EN) y las importaciones, o el consumo nacional de materiales (CNM), comparando la situación de España con la de la Unión Europea (UE) en su conjunto y con la de los principales países europeos. Desde el lado del *output*, se analiza el destino de los recursos extraídos del medio natural: acumulación de capital, exportación y *output* nacional procesado (ONP), que recoge todos aquellos materiales que son devueltos al medio natural en diversas formas, como emisiones líquidas y gaseosas a la atmósfera, al suelo o a las aguas, residuos depositados en los vertederos o materiales disipados en el medio en forma voluntaria —fertilizantes, etc.— e involuntaria —como los residuos producidos por la abrasión de los neumáticos y de los frenos de los vehículos a motor—. De nuevo, el análisis se centra en España, aunque siempre con referencias al contexto europeo.
- En el cuarto capítulo se explora la productividad en el uso de los recursos y la existencia o no de procesos de desacoplamiento del crecimiento económico respecto a la extracción y uso de materiales. En este sentido, el AFM constituye un instrumento muy útil para estudiar la relación existente entre el crecimiento de determinados agregados económicos y el uso de recursos procedentes del medio natural. Asimismo, también se analiza la evolución del consumo energético en España entre 1990 y 2018, haciendo uso de un índice divisia de la media logarítmica (LIMDI), que permite una descomposición aditiva en diversos factores y que se aplica a tres tipos distintos de energía: combustibles fósiles, energías renovables y electricidad.
- El quinto capítulo describe la situación española en relación con el desarrollo de la denominada *economía circular*. Este capítulo utiliza los indicadores del marco de monito-

- rización de la economía circular que ha promovido la Comisión Europea para analizar el grado de implantación de la economía circular en nuestro país, así como en la UE y nuestros principales socios europeos. También se describen las principales iniciativas que en este ámbito han surgido en España con el objetivo de promover el desarrollo de la economía circular, destacando entre ellas la Estrategia Española de Economía Circular, elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- El sexto capítulo da inicio a la segunda parte de la monografía, que completa el análisis de los flujos de materiales de la economía española con una valoración de su riqueza en recursos naturales, es decir, una medida similar a la del *stock* de capital acumulado en activos físicos, pero para el caso de los recursos naturales. Los flujos de entrada de materiales en el sistema económico pueden degradar y agotar los activos ambientales disponibles con una rapidez mayor que la que admite su regeneración, por lo que, además del análisis de los flujos de materiales actuales, también preocupa su disponibilidad a largo plazo. Una forma de abordar el estudio de esa disponibilidad a largo plazo es realizar una valoración del *stock* de capital natural disponible en la actualidad, que permita poner en relación el uso de los recursos naturales y las reservas disponibles de cara al futuro. Este capítulo describe de forma detallada la metodología empleada para la estimación del capital natural realizada para España y sus comunidades autónomas en el marco de esta monografía.
 - El análisis del capital natural en España y sus principales características es el objetivo del capítulo 7. En él se analiza la evolución de las dotaciones españolas de recursos naturales en las últimas décadas, así como su composición. También se calcula un indicador de Riqueza agregada que permite estudiar la sostenibilidad del crecimiento español en ese período. El capítulo se cierra con una comparación de las dotaciones españolas con las del resto de países de la Unión Europea, completando de esta forma el análisis realizado en la primera parte de la monografía.

- El octavo capítulo analiza la distribución regional de las dotaciones de capital natural. Se describe tanto la evolución como la situación actual de las dotaciones relativas (per cápita y por km²) de cada comunidad autónoma, así como la composición de las mismas. Asimismo, al igual que en el capítulo dedicado al análisis de los recursos naturales a nivel nacional, también se calcula un indicador de riqueza agregada, que permite ofrecer una visión alternativa a la basada meramente en los ingresos por habitante en relación con el crecimiento y el nivel de bienestar de cada región en los últimos años.
- Finalmente, la monografía se cierra con un último capítulo en el que se ofrece una síntesis de las principales conclusiones que pueden extraerse de los análisis realizados.

El proyecto cuyos resultados presenta esta monografía se ha desarrollado a lo largo de 2020 y 2021, dentro del Programa de Investigaciones Económicas que llevan a cabo la Fundación BBVA y el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie). Los responsables del proyecto agradecen a la Fundación BBVA la confianza otorgada para su desarrollo y el apoyo prestado para su realización.

Como es habitual en los trabajos del Ivie, la investigación ha sido realizada por un amplio equipo formado por profesores universitarios y técnicos del Instituto, dirigidos en este caso por Ernest Reig y Ezequiel Uriel. Sus responsabilidades en el desarrollo del proyecto han sido las siguientes: Ernest Reig, Eva Benages y Juan Carlos Robledo se han ocupado de la primera parte de la monografía (capítulos 1 a 5), mientras que Ezequiel Uriel, Eva Benages, José Antonio Franco y Juan Carlos Robledo se han encargado de los capítulos 6, 7 y 8, referidos a la estimación del capital natural y sus resultados. Finalmente, todo el equipo ha participado en la preparación del último capítulo que recoge las principales conclusiones del estudio.

Los autores de la monografía agradecen el apoyo en las tareas de documentación y edición a Belén Miravalles, Susana Sabater y Maricruz Ballesteros.

1. La interacción entre la naturaleza y el sistema económico: una aproximación cuantitativa

1.1. Crecimiento económico y sostenibilidad

1.1.1. Introducción

El planeta Tierra puede ser contemplado como un gigantesco ecosistema que opera de tal manera que permite sustentar la vida en todas sus formas. Sin embargo, y desde hace ya varias décadas, crece el convencimiento de que se están produciendo alteraciones en el medio natural que dificultan el cumplimiento de las funciones básicas de ese ecosistema y que amenazan la continuidad de las mismas. Entre ellas se cuenta la reducción de la capa de ozono estratosférica, los cambios climáticos vinculados al calentamiento global, la deforestación, la contaminación de los cursos de agua, la desaparición de humedales costeros, y la extinción de numerosas especies, todo ello a la vez que se mantiene el riesgo de agotamiento de recursos naturales no renovables.

Muchas de las alteraciones mencionadas constituyen un testimonio del potencial de las actividades humanas, especialmente de las relacionadas con la producción y el consumo, para interferir en la capacidad de los ecosistemas a la hora de desarrollar funciones tan básicas para la supervivencia como la regulación global de la temperatura y los ciclos naturales de los nutrientes básicos. La forma en que operan estas funciones encierra a su vez grandes consecuencias para la productividad, en términos de biomasa, de la superficie terrestre y de los océanos. Existe, por tanto, una interrelación considerable entre el funcionamiento

del sistema económico y el contexto ecológico, de tal forma que determinados fallos del sistema económico generan importantes problemas medioambientales.

Uno de los *fallos* más relevantes concierne a la naturaleza de aquellos recursos globales que son considerados de libre acceso, como la atmósfera o los océanos más allá del límite de las aguas territoriales, por lo que están sometidos al riesgo de un uso abusivo e incorrecto. Dado que bienes como el aire limpio, la capa de ozono, o el mantenimiento del clima del planeta dentro de ciertos límites, constituyen bienes públicos, no es posible contar *a priori* con que cada país individualmente considerado actuará de manera razonable a la hora de preservarlos, dada la tentación, siempre presente, de intentar disfrutar de sus beneficios sin asumir las correspondientes obligaciones. Es por ello que en estos casos resulta imprescindible el celebrar acuerdos internacionales y establecer los incentivos oportunos para asegurarse de su cumplimiento por parte de la comunidad internacional.

El análisis económico convencional ha tratado habitualmente los recursos naturales como una fuente más de *inputs* para los procesos productivos, junto al trabajo humano y los instrumentos de producción manufacturados, y, por tanto, los ha considerado como un elemento cuyo uso resulta necesario para incrementar la disponibilidad de bienes de consumo, contribuyendo así al aumento del bienestar material de la población. Los residuos generados en el proceso de producción, las emisiones atmosféricas y los bienes desechados al final de su vida útil no han sido objeto habitualmente de una atención especial, ya que se supone que regresan al medio natural, quedando así fuera del foco del análisis económico.

Es fácil darse cuenta de que esa concepción lineal de los procesos de producción, distribución y consumo encierra importantes limitaciones. En primer lugar, porque algunos de los recursos naturales de que la economía hace uso habitualmente pueden llegar a agotarse, dado su carácter de recursos no renovables. En segundo lugar, porque la función del medio natural, o medio ambiente, no es solo la de aportar recursos primarios para la producción, sino también la de constituir un sumidero de residuos, y también en esta segunda función su capacidad es limitada. Por último, porque también existen funciones medioambientales de tipo estético y re-

creativo, a través de las cuales el entorno natural aporta directamente satisfacciones a los seres humanos, y que también pueden ser perturbadas por una mala gestión medioambiental.

La constatación de que la degradación del medio ambiente y el riesgo de agotamiento de recursos valiosos puede no solo poner en riesgo funciones vitales de sustento de la vida sino también cuestionar la continuidad de una senda ascendente de progreso económico, ha llevado al primer plano la necesidad de asegurar el mantenimiento de los niveles de bienestar de que gozan las poblaciones actuales, aunque lo hagan en muy distinto grado por la presencia de importantes desigualdades sociales, y a la vez permitir que sigan produciéndose progresos en el futuro. Ello ha conducido a la introducción del concepto de sostenibilidad en la literatura sobre desarrollo económico.

Antes de que gozara de su enorme popularidad actual, el concepto de sostenibilidad se manejaba principalmente en relación con la gestión forestal y pesquera, entendiéndolo como una característica de los correspondientes ecosistemas que tenía que ver con la habilidad de estos para mantener su productividad de manera indefinida en el tiempo, incluso tras haber experimentado perturbaciones importantes (Becker 1997). La amplísima difusión posterior de la noción de sostenibilidad no ha impedido que mantuviera como concepto un carácter difuso y elusivo, al haberse interpretado bajo muy diversas definiciones. Probablemente la más popular es la acuñada por la Comisión Brundtland (World Commission on Environment and Development [WCED] 1987), que consideraba desarrollo sostenible aquel «que logra hacer frente a las necesidades del presente, sin por ello comprometer o disminuir la capacidad de las generaciones que vivan en un futuro para hacer frente a sus propias necesidades». La preocupación fundamental que esta definición expresa es la de conseguir mejorar los ingresos y el bienestar de las generaciones presentes sin dar lugar a impactos medioambientales irreversibles que inflijan un daño severo a las generaciones aún por venir.

1.1.2. El carácter multifacético de la sostenibilidad

En una primera aproximación cabe distinguir tres facetas distintas en la idea de sostenibilidad: económica, ambiental y social.

La *sostenibilidad económica* requiere que el desarrollo sea económicamente viable, y pretende maximizar el flujo de ingresos que puede obtenerse a partir de la base productiva de una sociedad manteniendo a la vez el *stock* de recursos —formado por activos de capital de distintos tipos— que la conforma. La *sostenibilidad ambiental* exige que el desarrollo sea compatible con el mantenimiento de los procesos biológicos en que se fundamentan los ecosistemas naturales, por lo que resulta necesario no sobrepasar determinados umbrales más allá de los cuales un ecosistema concreto puede colapsar. Por su parte, para que se pueda hablar de *sostenibilidad social* es necesario que el desarrollo sea social y culturalmente aceptable para el conjunto de la población, es decir, que sea incluyente e impida la formación de bolsas de marginación que debiliten la cohesión social. Contribuye a esto último el avance hacia sociedades más equitativas y hacia la eliminación de la pobreza, y el logro de la cobertura con carácter general de las necesidades básicas, así como la expansión del capital social, que reduce los costes de negociación entre los individuos y facilita la cooperación entre ellos.

Las facetas mencionadas se encuentran fuertemente interrelacionadas entre sí, y en realidad buena parte de los avances analíticos registrados en torno al concepto de sostenibilidad en el campo de la Economía se han centrado en ampliar el ángulo de visión, partiendo inicialmente de una perspectiva muy centrada en variables estrictamente económicas para integrar sucesivamente otras consideraciones.

La idea de sostenibilidad incorpora una doble noción de equidad: entre generaciones y en el interior de cada generación. La primera de estas nociones es la que aparece habitualmente asociada a la aspiración a un desarrollo sostenible en el transcurso del tiempo, ya que reconoce que la degradación irreversible del medio natural en el presente limita potencialmente el bienestar que podrán alcanzar las generaciones futuras. Representa, por tanto, el reconocimiento actual por parte de quienes ahora viven de los derechos que corresponden a otras generaciones que aún no existen. Algunos economistas que se han ocupado del desarrollo humano han apuntado también a la segunda noción al señalar que un enfoque ético universalista no puede proyectarse solamente

hacia el futuro e ignorar a los grupos sociales que en la actualidad se encuentran en una situación de penuria (Anand y Sen 2000, p. 2030) ya que:

[...] este objetivo de sostenibilidad —crecientemente reconocido como legítimo— tendría poco sentido si las oportunidades de la vida presente que deben ser sostenidas en el futuro fueran miserables e indigentes. Sostener la privación no puede ser nuestro objetivo, ni deberíamos denegar hoy a los menos privilegiados la atención que otorgamos a las generaciones del futuro [...] el valor moral de sostener lo que ahora tenemos depende de la calidad de lo que tenemos y el entero enfoque del desarrollo sostenible nos dirige tanto al presente como al futuro.

De nuevo es preciso apuntar a la vinculación que en el mundo real se produce entre las diferentes facetas de la sostenibilidad. Así, por ejemplo, y desde la perspectiva de muchos de los ciudadanos de los países con un menor grado de desarrollo, el alivio de la pobreza representa un prerequisite para alcanzar éxitos en la conservación del medio ambiente. Cuando la subsistencia económica en condiciones dignas no está garantizada, algunas personas de los grupos sociales más desfavorecidos pueden verse empujadas, por razones de mera subsistencia, a una explotación excesiva, y por tanto no sostenible, de los recursos naturales a su alcance.

A lo largo de este capítulo, y también de los siguientes, el énfasis se situará principalmente en el binomio economía/medio ambiente, sin entrar en consideraciones relacionadas con la distribución de la renta o las políticas de lucha contra la pobreza. Esto no implica, sin embargo, dejar de reconocer su importancia para una concepción integral de la sostenibilidad, como ya se ha señalado en los párrafos anteriores, sino simplemente delimitar, por razones operativas de especialización, el ámbito de esta obra.

1.1.3. Limitaciones del producto interior bruto (PIB) como medida del bienestar social

Para entender la evolución hacia la concepción actual de lo que constituye *desarrollo sostenible* es necesario partir de las limitaciones asociadas al uso de una variable, el producto interior bruto, que viene habitualmente empleándose para analizar el bienestar alcanzado por una sociedad, asimilando implícitamente producción, ingresos y bienestar. En sus orígenes, el PIB fue concebido bajo otra perspectiva, más bien como una medida de la dimensión alcanzada por un sistema económico nacional. Posteriormente, al generalizarse su cómputo en base a reglas comunes de contabilidad por parte de un amplísimo número de oficinas estadísticas nacionales y organizaciones internacionales, se ampliaron también las finalidades que se pretendía obtener a partir de las comparaciones entre países referidas a esta magnitud económica, o a través del seguimiento de su evolución en el tiempo. Por ello, pasó a considerarse que si el PIB de un país se dividía por la población residente, su cálculo en términos por habitante podía ser una buena medida del nivel medio de bienestar alcanzado y su dinámica temporal podía constituir un índice de desarrollo económico.

Desafortunadamente, las limitaciones del PIB, y por tanto también del PIB per cápita, como instrumento de medida del bienestar humano o de la calidad de vida en una sociedad, son bastante evidentes y constituyen ya un lugar común entre los especialistas. En primer lugar, el producto interior bruto valora tan solo las transacciones de bienes y servicios que fluyen a través del mercado, lo que significa dejar al margen todo el ámbito productivo que transcurre en el interior de la economía familiar. En segundo lugar, los cálculos convencionales del PIB no permiten tomar en consideración todos los costes que impone la producción de bienes y servicios destinados al mercado, como ocurre, por ejemplo, con la merma en los recursos naturales no renovables. Esta pérdida no se computa como depreciación, al contrario de lo que ocurre con los bienes de producción clásicos, como la maquinaria y otros equipos productivos.

Además de las limitaciones intrínsecas derivadas del propio concepto del PIB, los vínculos entre PIB y bienestar son menos di-

rectos e inmediatos de lo que pudiera parecer a primera vista, ya que se dejan de lado dimensiones que afectan a la calidad de vida de las personas, como la salud de que gozan, las oportunidades de que disponen para participar en la vida social y en la actividad política, las desigualdades de género, y otras. Así, por ejemplo, el PIB no puede valorar adecuadamente los beneficios que se derivan de bienes, como la capacidad de participar activamente en la vida social, que no pertenecen a la esfera de los bienes de mercado. Un intento sistemático para recoger las limitaciones del PIB como medida de bienestar y proponer alternativas al respecto fue el llevado a cabo hace algunos años por una comisión formada por un destacado grupo de economistas, a iniciativa de la Presidencia de la República Francesa (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009).

Entre las sugerencias de la comisión mencionada se encontraba la de ampliar la medición del ingreso para poder recoger actividades que no operan a través del mercado, como los servicios que se prestan entre sí los miembros de una familia. También la conveniencia de mejorar la medición de las condiciones objetivas dentro de las que se desenvuelve la vida de las personas, así como de sus capacidades, prestando atención a aspectos como la salud, la educación y la capacidad para participar en la vida política, mantener relaciones sociales y gozar de seguridad. Junto con ello, también se ponía énfasis en la construcción de indicadores que permitan agregar información tanto sobre la percepción subjetiva de la calidad de vida que tienen las personas como sobre aspectos físicos relacionados con la sostenibilidad medioambiental que avisen anticipadamente de la proximidad a niveles peligrosos de daño ambiental, como los asociados a la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero o al agotamiento de los recursos pesqueros.

Existen, sin embargo, dos recomendaciones de la comisión que enlazan de forma muy directa con los contenidos de la presente monografía. La primera es la de que resulta necesario considerar no solamente la renta sino también la riqueza para analizar la evolución del bienestar de una sociedad. La segunda, íntimamente relacionada con la anterior, es que la medición de la riqueza se concreta en la estimación del valor de distintos tipos de *stock* de capital —natural, manufacturado, humano, social—, cuya medición

a lo largo del tiempo resulta imprescindible para evaluar la sostenibilidad del crecimiento económico. Esta evaluación de la sostenibilidad debe complementar las medidas del bienestar material centradas en los ingresos reales de las familias y en el consumo.

El Banco Mundial ha impulsado a lo largo de las dos últimas décadas una interesante aproximación metodológica a la medición de la sostenibilidad. Si la sostenibilidad está relacionada con la variación de la riqueza con que cuenta un país, entonces es preciso reconocer de entrada que el producto interior bruto, que es un flujo y no un *stock*, no es el tipo de medida apropiado, ya que se limita a la medición de los ingresos corrientes. Al igual que ocurre en los hogares familiares, también en los países es posible elevar temporalmente el nivel de ingresos disponible vendiendo —liquidando— determinados activos, pero esa forma de proceder limita a la vez la capacidad de generar nuevos ingresos en el futuro. No es posible, por tanto, evaluar la salud económica de un país y sus futuras perspectivas de bienestar atendiendo únicamente al nivel o a la tasa de crecimiento del PIB. El análisis de la evolución de la riqueza nacional resulta imprescindible para considerar la sostenibilidad a largo plazo del desarrollo económico, y eso obliga a estimar también el valor de uno de los componentes de dicha riqueza, el capital natural.

En 2006, en un trabajo cuyo título planteaba un interrogante sobre donde se encuentra o en qué consiste la riqueza de las naciones, el Banco Mundial publicaba una estimación monetaria, a la altura del año 2000 y para un total de 120 países, del valor del conjunto de los activos —producidos, naturales e intangibles— de los que depende el desarrollo económico y social (Banco Mundial 2006). La evidencia empírica aportada por esta publicación apuntaba a que, a lo largo del proceso de crecimiento económico, el capital intangible y el capital producido —manufacturado— se han venido acumulando en proporciones similares, con cierta tendencia a que los países de mediano nivel de ingresos sean relativamente intensivos en capital producido y que, cuando posteriormente alcanzan un alto nivel de ingresos, lo sean en capital intangible —capital humano, capital social y calidad de las instituciones—. De otro lado, aunque en los países más pobres la participación del capital natural —tierra, energía y

recursos minerales, bosques, espacios naturales protegidos— en la riqueza total es mayor que en los países ricos, son estos últimos los que disponen de una mayor cantidad de capital natural por habitante.

En lo referente a los recursos naturales no renovables, el punto central a tener en cuenta es que su utilización por parte de un país determinado representa una forma de consumo de capital, por lo que para que el desarrollo sea sostenible resulta necesario que los ingresos —rentas— derivados de la explotación de esos recursos se inviertan en otras formas de capital, de tal modo que el valor de la riqueza total con que ese país cuenta no disminuya. La regla de Hartwick (Hartwick 1977; Solow 1986) establece un criterio para la sostenibilidad del desarrollo en economías dotadas de recursos naturales que están sujetos a un posible agotamiento, al establecer que puede mantenerse un nivel de consumo constante en el tiempo si en cada momento el valor de la inversión que se está llevando a cabo en distintos activos de capital es equivalente al valor de las rentas —precio menos coste marginal de la extracción— obtenidas de los recursos extraídos. Los recursos naturales renovables ofrecen, en contraste con los no renovables, la posibilidad de rendir perpetuamente fruto, pero para que contribuyan al crecimiento a largo plazo de las economías que gozan de ellos es necesario mantener o incrementar su productividad y gestionarlos de forma eficiente y sostenible. Un ejemplo de esto último sería la mejora en la eficiencia de los sistemas de riego agrícola o la capacidad para ir modificando de forma adaptativa el tipo de aprovechamiento de un recurso determinado. Esto último, por ejemplo, es lo que ocurre cuando se aprovecha la existencia de un bosque no solo para obtener madera, sino para retener sedimentos en una cuenca hidrográfica o para favorecer el ecoturismo, o cuando un agricultor introduce cultivos con mayor valor de mercado o adopta una tecnología que genera mayores rendimientos. De este modo, resulta posible incrementar el valor de los servicios que produce el *stock* existente de recursos naturales renovables, aunque su base en términos físicos no se esté ampliando.

En la contabilidad nacional clásica, los cambios en la riqueza de un país se miden a través de los cambios en los activos producidos, y los recursos que en cada momento restan disponibles para

el futuro se corresponden con el *ahorro nacional bruto*, que representa la parte no consumida del valor de lo producido. Dado que los activos de capital se deprecian con el paso del tiempo, es necesario prestar atención al concepto de *ahorro nacional neto* para dar un primer paso en dirección al concepto de sostenibilidad. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que el desarrollo no solo se basa en la acumulación de activos físicos creados por las personas, sino también de otros tipos de capital, como el capital humano y el capital natural. Por ello, el Banco Mundial ha hecho uso de un concepto desarrollado previamente por algunos economistas (Pearce y Atkinson 1993), como es el de *ahorro genuino*. Para obtener esta nueva magnitud, también denominada *ahorro neto ajustado* resulta necesario sumar al ahorro nacional neto tradicional el conjunto de gastos corrientes en educación y deducir el valor de los recursos naturales consumidos —como los minerales, la madera de los bosques o la biodiversidad— o degradados —como la pérdida de fertilidad del suelo—, que será necesario calcular de un modo distinto según el activo de que se trate. Idealmente habría que restar también el valor estimado de los daños al medio ambiente, a los activos producidos y a la salud humana provocados por la contaminación, especialmente la provocada por el dióxido de carbono y el material en forma de partículas. Un valor negativo del ahorro neto ajustado indicaría que el país correspondiente está reduciendo sus *stocks* de capital y disminuyendo probablemente, por tanto, el nivel de bienestar social que puede alcanzar en un futuro.

El Banco Mundial ha proseguido con esta línea de análisis (Banco Mundial 2018b) ampliando el número de países analizado en anteriores publicaciones y refinando y ampliando sus enfoques metodológicos, incluyendo, por ejemplo, nuevos cálculos de la productividad total de los factores que toman en cuenta las variaciones del *stock* de capital natural. Al igual que en estudios anteriores, el Banco Mundial encuentra en sus informes más recientes que el capital humano es el componente que globalmente tiene un mayor peso en la riqueza agregada, aunque el capital natural es el más importante en los países de bajos ingresos. Una conclusión general es que, entre 1995 y 2014, período cubierto por la última publicación citada, la riqueza total aumentó a escala planetaria, y también en la casi totalidad de los países, pero esto

no siempre ocurrió con la riqueza por habitante. En algunos países en vías de desarrollo se produjo una disminución en esta última variable debido a que el crecimiento de la población fue por delante de la inversión, especialmente en el África subsahariana.

1.1.4. El índice de riqueza inclusiva de las Naciones Unidas

Una línea muy similar de trabajo es la emprendida por el UNEP (2018) a través de publicaciones sucesivas, entre las que haremos aquí referencia a la última disponible. Se trata de un esfuerzo por construir una medida inclusiva de la riqueza, correspondiendo el término *inclusiva* a la pretensión de que refleje de un modo lo más amplio posible el bienestar de la sociedad. El valor de esta riqueza inclusiva se estima a partir de un conjunto de *stocks* de activos que, al igual que en los estudios del Banco Mundial, comprenden el capital manufacturado por los seres humanos (edificios, carreteras, máquinas etc.), el capital humano (conocimiento, educación, habilidades), y el capital natural (bosques, ríos, tierra agrícola, recursos del subsuelo, ecosistemas etc.). A partir de aquí, se construye un indicador agregado, denominado índice de riqueza inclusiva (IWI, por sus siglas en inglés) que permite comparar países entre sí y seguir su trayectoria a lo largo del tiempo. La aspiración de los patrocinadores de este índice es que el IWI sirva también como un instrumento para ayudar a que cada país evalúe sus posibilidades de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

El IWI ofrece una proyección mucho más razonable de la sostenibilidad futura del crecimiento económico que el PIB, al ofrecer información sobre la base productiva de un país y su evolución en el tiempo. Dicha base productiva es la riqueza, expresada como la agregación de los distintos tipos de capital a los que ya nos hemos referido. Es necesario tener presente, sin embargo, que la construcción del IWI se basa en un supuesto fundamental, y es que las mermas que con el paso del tiempo puedan afectar a alguna de las categorías de capital mencionadas pueden ser compensadas por un incremento en los *stocks* de capital correspondientes a las restantes categorías. En la práctica, esto afecta directamente al *stock* de capital natural, y significa que el progresivo agotamiento de

un recurso natural no renovable o el uso por encima de su capacidad de regeneración de un recurso renovable pueden siempre ser adecuadamente compensados por una inversión apropiada en educación —capital humano— o en activos productivos manufacturados. De este modo, el valor real de la riqueza con que cuenta un país, y por tanto el nivel de bienestar que sus ciudadanos pueden alcanzar, no se vería afectado por la pérdida o degradación del capital natural.

El supuesto al que se acaba de hacer referencia revela un considerable optimismo tecnológico, en el sentido de que asume amplias posibilidades de sustitución entre activos de muy diferente carácter y significa, por consiguiente, que los avances tecnológicos pueden evitar que las pérdidas de capital natural den lugar a caídas en la productividad. Es un tipo de planteamiento implícitamente aceptado por muchos economistas, pero que choca frontalmente con las concepciones mayoritarias en otros campos científicos, como la ecología, que defienden que el nivel de los *stocks* de capital natural impone límites a la productividad que una sociedad puede alcanzar.

La riqueza con que cuenta un país debe ser mantenida a lo largo del tiempo para garantizar la sostenibilidad del desarrollo económico. Las hipótesis que se adopten en relación con la elasticidad de sustitución entre las distintas formas de capital que componen dicha riqueza condicionarán el tipo de índice agregado de riqueza global o de riqueza per cápita a construir. En el caso del IWI, se están asumiendo implícitamente amplias posibilidades de sustitución, y, en consecuencia, puede clasificarse entre los índices basados en una concepción de la sostenibilidad en sentido *débil*. Por el contrario, cuando se asume que la sostenibilidad no solo requiere una evolución positiva de la riqueza global sino también que no se produzca un retroceso en el valor del capital natural, entonces se está adoptando una concepción en sentido *fuerte* de la sostenibilidad, que naturalmente es mucho más exigente en términos de protección del medio ambiente que la versión *débil*.

Establecer una preferencia clara por una u otra definición, *fuerte* o *débil*, de la sostenibilidad no puede hacerse al margen del tipo concreto de activos naturales o ambientales de que se trate. La reducción de algunos de ellos, por ejemplo tierras de cultivo

o terrenos de pastos, puede ser razonablemente compensada por el uso de tecnologías bioquímicas e *inputs* específicos que permitan elevar los rendimientos por unidad de superficie o cabeza de ganado gracias a los avances en los conocimientos científicos. Esto no es posible en el caso de otros recursos, como ocurre cuando entran en juego funciones básicas de los ecosistemas de carácter *regulador* que contribuyen al sostenimiento de la vida, como en el ciclo del agua, el mantenimiento de la biodiversidad, la contención del cambio climático, o la prevención de inundaciones (de Groot, Wilson y Boumans 2002). Es similar en el caso del papel de los ecosistemas cuando suministran *hábitats* para refugio y reproducción de especies de plantas y animales silvestres. Ambos tipos de funciones son claramente distintas a la de *producción* de bienes, como alimentos, materias primas y energía, que son directamente objeto de consumo o transformación destinada a su uso por los seres humanos. Este último tipo de servicios ofrecidos por los ecosistemas puede recibir una valoración a través del precio que los bienes correspondientes alcanzan en el mercado, mientras que los servicios aportados por las otras funciones mencionadas constituyen elementos imprescindibles, pero de difícil valoración cuantitativa (Farber, Costanza y Wilson 2002). Podría denominarse *capital natural crítico* a aquel que es irremplazable por otras formas de capital generados por el conocimiento o por la acumulación de activos físicos manufacturados, e indudablemente poder construir un índice del capital crítico que permitiera seguir su evolución en el tiempo sería de gran ayuda para evaluar la sostenibilidad de los procesos de desarrollo. No es necesario señalar que indicadores como el IWI, útiles en muchos aspectos, se sitúan plenamente en el terreno de la *sostenibilidad débil*, aunque lo hagan reconociendo las limitaciones de ese supuesto.

La visión más economicista de la sostenibilidad débil y la más ecologista de la sostenibilidad fuerte reflejan puntos de partida distintos respecto a *qué* precisamente es lo que debe ser sostenible. En el plano de la teoría se han hecho esfuerzos para compatibilizar ambos puntos de vista, sobre la base de asumir que un desarrollo sostenible requiere estabilizar el capital natural crítico de tal modo que sea compatible con unos estándares mínimos de resiliencia de los ecosistemas, y, a la vez, asegurarse de que también quedan

garantizados unos estándares mínimos de satisfacción de las necesidades humanas. Ambos conjuntos de estándares definirían las fronteras de un espacio de oportunidades para el desarrollo sostenible (Hediger 1997, 1999).

1.1.5. Otras dimensiones no exploradas en esta monografía

Antes de abordar en los siguientes epígrafes los dos principales bloques temáticos en torno a los cuáles se ha articulado el contenido de esta obra, conviene poner de relieve que el foco puede potencialmente ampliarse para tratar otras cuestiones. Aunque aquí se ha optado por herramientas y conceptos muy consolidados en el análisis económico para definir la relación entre el medio ambiente y las sociedades humanas, no cabe ignorar que existen otras perspectivas, probablemente más cercanas a quienes han abordado una temática similar desde la economía ecológica o las ciencias de la naturaleza, que serían también más proclives a planteamientos de contabilidad ambiental que van más allá de lo estrictamente económico.

Un elemento clave de ese enfoque más amplio es el concepto de ecosistema y el análisis de los servicios que los ecosistemas aportan al bienestar humano. Un ecosistema puede definirse como un sistema de interacción entre los elementos vivos e inertes de un área territorial definida. Comprende los elementos abióticos del medio, que abarcan la complejidad física del hábitat, los recursos de luz, agua y nutrientes y condiciones del medio —como la temperatura o el viento— y junto con ellos las comunidades biológicas que lo habitan y cuyos individuos interactúan entre sí. Su importancia estriba en que dentro de la jerarquía ecológica los ecosistemas desempeñan un papel vital, al ser el nivel donde se desarrollan procesos que son vitales para la supervivencia de los seres humanos, como son los relacionados con el carbono y con los ciclos del agua y de los nutrientes.

Los servicios que los ecosistemas aportan a las poblaciones humanas han sido sistematizados generalmente en cuatro tipos distintos (Fitter *et al.* 2009). En primer lugar, los denominados *servicios de apoyo*, que aportan infraestructuras esenciales para la vida, como la captura de la energía solar y la formación del suelo. En segundo lugar, los *servicios de regulación* en relación con

el clima y con los riesgos naturales. En tercer lugar, los *servicios de aprovisionamiento* de agua, alimentos, energía y otros recursos, que son los más fácilmente reconocibles e integrables en el análisis económico convencional. Por último, los *servicios culturales*, que tienen que ver con el disfrute estético de los paisajes, con el conocimiento científico que generan y con las actividades recreativas, entre otros aspectos. En España se ha desarrollado una importante línea de trabajo sobre los ecosistemas que pueden encontrarse en el país, lo que ha permitido ya la elaboración de un informe de síntesis en que se describen sus rasgos principales, se analizan los principales vectores de cambio que operan sobre los mismos y se explora su futuro bajo diversos escenarios (Santos *et al.* 2014). Los autores de este último informe han operado, por razones metodológicas, con los tres últimos tipos de servicios de los ecosistemas, prescindiendo de tratar el primero de forma separada.

La degradación experimentada a nivel global por los ecosistemas en las últimas décadas, los factores que la han motivado, y sus consecuencias para el bienestar humano han sido ya ampliamente tenidos en cuenta por los especialistas, en el marco de diversas iniciativas internacionales que, por otra parte, han destacado asimismo las grandes limitaciones que presentan los distintos métodos empleados actualmente para valorar los servicios antes mencionados (Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005b). Las dificultades proceden de la no disponibilidad, en numerosos casos, de precios de mercado para muchos de estos servicios, así como de la compleja relación que frecuentemente se da entre la prestación de un determinado tipo de servicio y otros servicios que son también producidos simultáneamente por el mismo ecosistema. Este sería, por ejemplo, el caso de la coincidencia entre la producción de madera para la industria por parte de un ecosistema forestal, y la producción de otros servicios por parte del bosque, como su papel de hábitat para la fauna salvaje o su función como sumidero de CO₂.

Una de las variedades de ecosistemas que ha sido más estudiada es la de los sistemas agrarios, los denominados *agroecosistemas*, que generan una amplia gama de servicios, pero también de efectos medioambientales negativos (Zhang *et al.* 2007). Constituyen

ecosistemas naturales transformados por la acción humana para elevar su productividad en su función como *servicios de aprovisionamiento* de alimentos, mediante el uso de grandes cantidades de energía en forma de combustibles y fertilizantes inorgánicos. Pero estos ecosistemas modificados para la práctica de la agricultura representan una notable simplificación respecto a su estado anterior, con la consiguiente pérdida de diversidad biológica, lo que conlleva la desaparición, o al menos la merma, de su oferta de servicios vinculados al control de plagas y enfermedades. La lucha química contra las plagas por parte de la agricultura moderna mediante productos biocidas se transforma en una presión selectiva que induce la aparición de nuevas variedades de la especie que provoca la plaga, que son resistentes al tratamiento (Fitter *et al.* 2009).

Bajo una perspectiva ampliada de las relaciones entre las sociedades humanas y el medio ambiente, que como ya se ha señalado va más allá de los objetivos pretendidos por esta monografía, el concepto de capital natural puede entenderse como el *stock* de ecosistemas naturales del que fluyen los servicios de los que la sociedad se beneficia. En este contexto, adoptar una política que preserve la biodiversidad significa, por tanto, ejercer una actividad humana tendente a mantener el correspondiente *stock* de capital natural, mientras que una tasa excesiva de explotación de los servicios aportados por los ecosistemas contribuiría a degradarlos y mermaría, en consecuencia, el capital natural. De este modo, una contabilidad ambiental basada en los ecosistemas podría complementar los actuales sistemas de contabilidad económico-ambiental integrando en los sistemas estadísticos no solamente valores monetarios sino también información concerniente a datos biofísicos que midieran los servicios ofrecidos por los ecosistemas y su evolución en el tiempo, señalando a los usuarios y beneficiarios de dichos servicios, y describiendo la calidad de los activos ambientales. Este es el enfoque adoptado recientemente por la Comisión Estadística de las Naciones Unidas, que aprobó en 2021 un sistema de contabilidad económico-ambiental que pretende que pueda conectarse con los sistemas tradicionales de cuentas nacionales (Naciones Unidas 2021). Los autores de este nuevo sistema de cuentas han querido destacar que los valores monetarios que aparecen en algunas de las nuevas cuentas que presentan no re-

flejan plenamente la importancia para las personas de los servicios que prestan los ecosistemas y que, por lo tanto, resulta necesario incorporar información de otro tipo sobre dichos servicios y sobre las comunidades humanas que dependen de ellos.

Los mencionados esfuerzos por mejorar la contabilidad medioambiental pueden enmarcarse en la voluntad de desarrollar un marco conceptual de gran amplitud que permita estudiar adecuadamente las complejas interacciones entre el mundo natural y las sociedades humanas. Este es el objetivo, entre otros, de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), una entidad independiente establecida en 2012 y abierta a los países miembros de las Naciones Unidas, cuyo trabajo ha estado fuertemente influido por los planteamientos del Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005b). El marco conceptual del IPBES integra un conjunto de seis elementos para vincular las poblaciones humanas con la naturaleza, entre los que figuran no solo los ecosistemas y sus servicios, y los recursos naturales no biológicos, sino también los *activos antropogénicos* (infraestructuras, conocimientos científicos, tecnología, activos financieros), las instituciones —como los derechos de propiedad del suelo y los acuerdos internacionales en materia medioambiental—, los sistemas de gobernanza, los elementos motores de los cambios en la naturaleza, tanto si se trata de fenómenos naturales como si son el resultado de la acción humana, y las distintas facetas que integran el concepto de calidad de vida (Díaz *et al.* 2015). En ese esquema conceptual, las instituciones y los sistemas de gobernanza afectan a la interacción que tiene lugar entre los elementos que forman parte de la naturaleza —como los ecosistemas—, y los activos creados por el ser humano, siendo así que esa interacción determina los beneficios que la naturaleza produce para los seres humanos y las posibilidades de alcanzar una calidad de vida adecuada. A su vez, la visión que una determinada sociedad posee de lo que constituye una buena calidad de vida contribuye a configurar indirectamente, a través de las instituciones, la forma en que los individuos y los diversos grupos humanos se relacionan con la naturaleza.

En última instancia, el marco conceptual del IPBES sigue dejando abierta la discusión en torno a un tema fundamental, cuál

es la valoración de los servicios que los ecosistemas ofrecen a los seres humanos. Las dificultades proceden, en buena medida, de la distancia conceptual existente entre las valoraciones basadas en los precios de mercado y las basadas en los métodos científicos de la ecología (Sagoff 2011). Los precios recogen información dispersa y reflejan el valor que los agentes económicos involucrados otorgan a servicios concretos. Son, por tanto, valoraciones contingentes y de carácter local, y reflejan las instituciones y prácticas vigentes en un momento dado. Las valoraciones de los expertos en ecología responden más a la forma de operar de la ciencia: se pretende captar información que refleje un consenso entre científicos, que no sea efímera, y que tenga validez general. Sin duda, hacer compatibles ambas perspectivas es complicado, y la literatura especializada ha señalado que la aceptación o denegación de una posible valoración monetaria de los impactos ambientales depende del caso en cuestión y de la satisfacción de ciertas condiciones previas (Kallis, Gómez y Zografos 2013). El uso de métodos de evaluación multicriterio puede ayudar a mejorar la toma de decisiones en contextos de este tipo (Munda 2008).

1.2. La interacción entre el medio natural y el sistema económico a través de los flujos de materiales

La sostenibilidad del desarrollo económico se enfrenta no solo a la necesidad de llevar a cabo una valoración del capital natural, o al menos de una parte significativa del mismo, sino a la de analizar empíricamente las interacciones entre las actividades económicas y dicho capital natural. Ello implica delimitar la esfera dentro de la cual tienen lugar las transacciones económicas propias de una sociedad moderna, y, a partir de ahí, descubrir las interacciones con el entorno natural. Se pretende documentar con datos reales la actividad extractora de recursos naturales —biomasa, minerales, energía— que van a ser canalizados hacia el consumo o la formación de capital, y también el destino de los residuos, emisiones y productos desechados. Esto último implica captar en qué medida se reincorporan al proceso de producción o bien regresan al medio natural, con el riesgo de desbordar la capacidad de

asimilación de este último. Se trata, en definitiva, de concebir las relaciones de las sociedades humanas con su entorno natural en función de lo que se ha denominado metabolismo socioeconómico. El instrumento analítico que se ha concebido para ello es el denominado análisis del flujo de materiales.

La idea central del AFM es usar el principio del equilibrio físico en términos de masa (*mass balancing principle*) para analizar la relación existente entre los flujos de materiales o sustancias —recursos, energía y residuos—, las actividades humanas y los cambios medioambientales (OCDE 2008a, 2008b). Su base teórica es la primera ley de la termodinámica, conocida como ley de conservación de la materia, y sus aplicaciones prácticas son muy diversas y pueden operar a diferentes escalas. El AFM puede intentar cubrir el conjunto de recursos y productos que fluyen a través del sistema ecológico/económico o centrarse solamente en determinados elementos químicos, y puede aplicarse a una economía nacional o regional, pero también a una industria determinada, una ciudad o una empresa. Cuando el estudio de los flujos de materiales y de las presiones ambientales se lleva a cabo para un bien en particular, entonces el AFM da lugar a lo que se conoce como *análisis del ciclo de vida* (*life cycle analysis*), en que se traza toda la trayectoria de un producto, desde la obtención de los *inputs* originales con los que se ha elaborado, pasando por su manufactura, distribución, y consumo, hasta su eliminación. Esta es una de las ramas del AFM que han conocido un mayor desarrollo, dando lugar a la estandarización a nivel internacional de las metodologías de cálculo que deben emplearse (Guinée *et al.* 2002).

Entre las aplicaciones que permite llevar a cabo el AFM, se cuenta el estudio del ritmo de explotación y de la productividad de los *stocks* de recursos naturales, el análisis de las presiones medioambientales que van asociadas a la extracción, procesado, uso y eliminación de los materiales obtenidos del medio natural, y las transacciones internacionales en materias primas y otros bienes. Finalmente, puede asimismo emplearse para estudiar la sostenibilidad a largo plazo de las demandas que el crecimiento de las macromagnitudes económicas impone sobre el capital natural.

La relación entre el AFM como instrumento y el desarrollo sostenible como objetivo permite captar al menos cuatro contribuciones destacadas del primero (Huang *et al.* 2012):

- a) Construir una base de datos sistemática que ayude a formular medidas dirigidas a mejorar la eficiencia del reciclaje de residuos y a reducir la extracción de recursos y la emisión de residuos.
- b) Determinar los puntos o trayectorias de carácter crítico donde se producen las pérdidas o el uso ineficiente de recursos.
- c) Suministrar un panel de indicadores que reflejen el nivel de reciclado de los productos y el volumen de la eliminación de residuos, y que también permita orientar las decisiones económicas hacia un uso inteligente de los recursos disponibles, contemplando, por ejemplo, la relación entre el rendimiento económico obtenido y la intensidad de uso de materiales.
- d) Optimizar la utilización y el procesado de materiales mediante la tipificación de la respuesta del sistema socioeconómico a diferentes modelos de flujos de materiales y sustancias.

Uno de los principales desafíos de la sostenibilidad es, precisamente, la *desmaterialización* de la economía, es decir, lograr disminuir la carga medioambiental a la vez que se evita que el sistema económico reduzca el nivel de las prestaciones que facilita a los consumidores. No es suficiente, por tanto, con un análisis de los flujos de materiales en términos puramente cuantitativos, y, por ello, una de las aplicaciones posibles del AFM consiste en asignar un conjunto de ponderaciones a los distintos componentes de los flujos basado en el impacto ambiental que cada uno de ellos conlleva.

A nivel agregado, la evidencia empírica existente apunta a un aumento de la productividad de los materiales a medida que tiene lugar el desarrollo económico, es decir, a la obtención de un mayor valor económico a partir de una cantidad física de materiales similar o inferior. Sin embargo, es oportuno señalar que parece operar una tendencia general en cuanto a la evolución temporal en el uso de materiales caracterizada por la no linealidad, de tal

modo que en el tránsito desde un bajo nivel de renta per cápita a un nivel intermedio, el uso de materiales por habitante crece con rapidez, moderándose cuando se alcanza un nivel de renta elevado, si bien existe una considerable variabilidad entre países dentro de este último rango. En suma, en el mundo real parece darse únicamente una *desmaterialización relativa*, en el sentido de que los flujos de materiales crecen con más lentitud que el producto interior bruto a partir de cierto nivel de ingresos por habitante. Los casos de *desmaterialización absoluta*, en que el tamaño del flujo de materiales se reduce a la vez que siguen incrementándose las grandes magnitudes económicas, son mucho más escasos y están, por lo general, vinculados a determinadas decisiones de política económica o a coyunturas de muy bajo crecimiento económico. Lo primero es, por ejemplo, lo que ocurrió cuando tuvo lugar la unificación de Alemania tras la caída del muro de Berlín. A lo largo de la década de los noventa del siglo pasado, muchas industrias ineficientes ubicadas en la antigua República Democrática Alemana tuvieron que cerrar, y, a la vez, la minería del lignito, que había sido la fuente de energía dominante en ese país, declinó rápidamente, mientras paralelamente declinaban los requerimientos totales de materiales por parte de la economía de la nueva Alemania unificada. Algo similar ocurrió en los Estados Unidos cuando en los años ochenta y noventa finalizó la construcción del sistema de autovías interestatales a la vez que los programas de política agraria conseguían frenar la pérdida de la capa superficial del suelo en las zonas más sujetas a la erosión (Bringezu y Bleischwitz [eds.] 2009).

A escala planetaria, el crecimiento de la renta por habitante y del consumo se ha convertido a lo largo de las últimas décadas en una fuerza impulsora del uso de materiales todavía más potente que el aumento de la población. Las mejoras en eficiencia mitigaron el incremento en el uso de materiales entre 1970 y 1990, pero desde entonces esa influencia positiva se ha ido desvaneciendo. De ese modo, la intensidad en el uso de materiales de la economía mundial se ha incrementado en los años que van transcurridos del siglo XXI, de tal modo que ahora se requiere una mayor cantidad por unidad de PIB que en el año 2000. La razón fundamental es el gran desplazamiento de la actividad económica que ha teni-

do lugar desde economías bastante eficientes en el uso de materiales, como las de Europa, Japón y Corea del Sur, a economías emergentes mucho menos eficientes en este sentido, como las de China, India y otras economías del Sudeste Asiático. En paralelo, ha tenido lugar una gran expansión del comercio de materias primas, con Europa y Norteamérica como importadoras netas de materiales. Es por esta razón que un cálculo correcto de la huella ambiental de las economías desarrolladas debe tener en cuenta la cantidad de materiales requerida para satisfacer su demanda final de consumo e inversión, independientemente del lugar donde se realice la extracción de los recursos correspondientes. De este modo, se ha podido constatar que los países ricos de Europa mantenían en 2010 una huella del orden de 20 toneladas per cápita —los Estados Unidos de más de 25 toneladas—, mientras que en dos economías emergentes en que esta huella crece con rapidez, como son China y Brasil, esa huella ascendía a 14 y 13 toneladas respectivamente en el mismo año, y en África no se alcanzaban las 3 toneladas (Schandl *et al.* 2016).

El estudio de la relación entre el sistema económico y el medio ambiente a través de los flujos de materiales conduce de forma natural a interrogarse sobre la manera en que es posible orientar dichos flujos en la dirección de la sostenibilidad y a poner en cuestión los supuestos propios de la concepción lineal de los modelos económicos. De acuerdo con estos supuestos, el medio ambiente queda reducido a su función de proveedor de *inputs* al sistema económico, concebido como un proceso que avanza desde la producción al consumo y de este a la generación de utilidad o bienestar. La economía parece consistir así en un sistema de flujos unidireccionales, y el papel del medio natural como receptor de residuos de la economía queda completamente difuminado. Con ello, también quedan fuera del foco los daños medioambientales que tienen lugar cuando se desborda la capacidad del medio para absorber los desechos generados por las sociedades humanas. Por el contrario, si las posibilidades de recuperación y reciclaje de materiales se desarrollan ampliamente y se consigue que la parte del flujo de residuos que no llega a reciclarse no alcance a superar las capacidades de asimilación del medio ambiente, entonces la economía puede concebirse, al menos de forma aproximada,

como un sistema circular, aunque eso no implica negar que las existencias de recursos no renovables seguirán disminuyendo y condicionarán a largo plazo la sostenibilidad del sistema (Pearce y Turner 1995).

Desde el momento en que se admite que el continuo flujo lineal de materiales y energía desde la naturaleza al sistema económico está reduciendo la dimensión del ecosistema natural a escala global, y, por tanto, poniendo en cuestión algunas de sus funciones básicas de sustento de la vida, la respuesta lógica es promover la circularidad de dichos flujos, y, de ahí, la concepción de la economía circular. El mensaje central es que los materiales deben ser, en primer lugar, recuperados mediante la reparación de los productos a los que se han incorporado, y restablecidos en su funcionalidad, o empleados para ser manufacturados de nuevo. Si esto no es posible, es cuando corresponde su utilización como materia prima, es decir, el reciclaje tradicional, o, en última instancia, su valorización como combustible o su desecho en un vertedero. En definitiva, se trata de que los productos retengan la mayor parte del valor que contienen durante el período de tiempo más prolongado que sea posible. Paralelamente, la sustitución de las fuentes de energía basadas en recursos que pueden agotarse por fuentes de energía renovables forma parte también de los objetivos normativos de la economía circular.

Son amplias las promesas que ofrece una redirección en sentido circular de los flujos lineales entre la naturaleza y el sistema económico. La reducción de la extracción de recursos primarios implica una menor presión sobre los ecosistemas, y, al igual que las menores emisiones a la atmósfera y la menor eliminación de residuos, representa un beneficio ambiental importante. Desde el punto de vista social, cuentan a favor de la economía circular las oportunidades de creación de puestos de trabajo a través de los nuevos usos de los materiales incorporados en los bienes producidos, y el desarrollo de una mayor cooperación social mediante diversas formas de economía colaborativa. En el terreno estrictamente económico, es necesario mencionar la deseable minimización del empleo de materiales escasos, la aparición de mercados *verdes* y la reducción de los costes de gestión de residuos.

La concepción circular de la economía se enfrenta, sin embargo, también a algunos límites. Algunos de ellos tienen un carácter fundamentalmente teórico, como los que apuntan a que la entropía —segunda ley de la termodinámica— implica que el reciclaje también requiere consumir energía y que la recuperación completa de los residuos disipados al medio ambiente no es realista, aunque, frente a ello, se alza también la proposición de que, a escala humana, la energía solar recibida por el planeta constituye un recurso renovable y de duración infinita (Korhonen, Honkasalo y Seppälä 2018).

En un orden más práctico e inmediato, la relación entre economía circular y sostenibilidad se enfrenta también a varios obstáculos, alguno de los cuales ya se han mencionado en las páginas anteriores. Uno de ellos es la dificultad para trazar las fronteras del espacio cuya sostenibilidad se está evaluando, ya que los flujos físicos cruzan los límites organizativos y administrativos establecidos por las sociedades, y existe siempre el riesgo de que lo que aparenta ser sostenible a una determinada escala geográfica responda a que se ha producido un desplazamiento de las cargas ambientales hacia otras jurisdicciones a través de las cadenas internacionales de valor y los ciclos de vida de los productos. Si las políticas de protección ambiental adoptadas en los países más ricos coinciden con un aumento de la demanda de recursos naturales vinculada al crecimiento económico, pueden desembocar en el traslado a otros países más pobres de los daños ambientales consiguientes.

Las fronteras que definen el sistema pueden ser también de carácter temporal. La economía circular contempla la durabilidad de los productos como una característica deseable, y aspira a preservar su valor por el mayor tiempo posible, reduciendo así la necesidad de extraer de la naturaleza nuevos materiales. Sin embargo, la extensión del ciclo de vida de los productos puede tener consecuencias indeseables a largo plazo si contribuye a limitar la innovación y frena el acceso al mercado de otros productos que quizás ofrecieran mayores ventajas desde el punto de vista medioambiental. Hipotéticamente, el reciclaje, que no aspira a prolongar la vida de los productos sino a facilitar la reutilización de materiales de desecho, presentaría en ocasiones un menor

riesgo de limitar los avances tecnológicos hacia productos más respetuosos con el medio ambiente.

En otro orden de cosas, las propuestas de circularidad se enfrentan al conocido fenómeno de la *dependencia de la trayectoria*, es decir, a los condicionamientos que imponen las decisiones adoptadas con anterioridad (*path dependence*), de modo que, aunque esas propuestas sean superiores económica y ecológicamente a las formas de organización prevalecientes, pueden encontrar serias dificultades para sustituirlas. Una propuesta de alto valor concierne a la reutilización y remanufactura de determinados productos puede chocar con las rutinas operativas y los modelos de gestión propios de sistemas más elementales y menos sostenibles de reciclaje, en torno a los cuales se han consolidado determinadas relaciones entre empresas y nichos de negocio. Del mismo modo, el *efecto rebote* puede reducir las ganancias ambientales vinculadas a las mejoras de eficiencia en la gestión de los recursos naturales, si dichas ganancias promueven un mayor consumo a través de las reducciones de precios y de costes.

1.3. El capital natural como componente imprescindible de la riqueza nacional

Las limitaciones del PIB como indicador de crecimiento y progreso económico, así como para evaluar la sostenibilidad del mismo, hacen que sea necesario buscar indicadores alternativos. Como se ha comentado anteriormente, ya en 2008 la Comisión de Expertos formada en Francia para la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social, liderada por Joseph E. Stiglitz, Amartya Sen y Jean-Paul Fitoussi, recomendaba prestar mayor atención a indicadores de bienestar más amplios que el PIB para medir el progreso de los países, basados en otras magnitudes como el consumo, los ingresos o la riqueza, incluyendo en esta última el valor de los recursos naturales (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009). Según esta aproximación, la sostenibilidad estaría más relacionada con la riqueza de la que dispone un país y sus variaciones a lo largo del tiempo que con la generación anual de renta (PIB). En consecuencia, a la hora de estudiar la sostenibilidad de los procesos de crecimiento

y desarrollo económico, es necesario disponer de una medición de la riqueza agregada de cada territorio, que incluya no solo los capitales tradicionales, producidos, sino también otro tipo de capitales complementarios sobre los que también se basa el crecimiento y que, en ocasiones, pueden verse mermados a causa de las actividades productivas que se llevan a cabo dentro del sistema económico. La consideración de este tipo de capitales o riqueza permitiría disponer de un indicador que aproxime mejor la sostenibilidad del crecimiento de los distintos territorios, así como los niveles de bienestar de los que disfruta la población residente en cada uno. Entre estos capitales, además del capital humano, el social, etc., estaría también el capital natural, pues el *stock* disponible de recursos naturales va a determinar la sostenibilidad en el futuro de los actuales niveles de extracción y producción.

Con el objetivo de abordar este tipo de análisis e integrar el estado del medio ambiente en los análisis de carácter económico, diferentes instituciones internacionales (Naciones Unidas, Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos y Banco Mundial) han desarrollado un marco, el denominado *SEEA Central Framework* (Naciones Unidas *et al.* 2014), complementado por el *SEEA Ecosystem Accounting* (Naciones Unidas 2021), que ofrece los principales conceptos y definiciones sobre contabilidad ambiental y económica y constituye una herramienta básica para la compilación de estadísticas integradas que permitan analizar el progreso económico desde sus múltiples perspectivas. Una de las contribuciones de este marco central es la de fijar la base para la estimación del capital natural. Aunque en la actualidad todavía no existe una definición de *stock* de capital natural perfectamente delimitada y ampliamente aceptada, sino que, dependiendo del ámbito en el que se aborde su análisis, esta puede ser diferente (Badura *et al.* 2017), este marco central sí fija un punto de partida, pues delimita los recursos naturales susceptibles de ser incluidos en el *stock* natural, así como los principales métodos de estimación que pueden emplearse para su cálculo en función de la información disponible.

A partir de dicho marco central, han surgido diversas iniciativas impulsadas por el Banco Mundial (Banco Mundial 2006, 2011;

Lange, Wodon y Carey 2018) y Naciones Unidas (UNEP 2018) que, con el objetivo de medir de forma más amplia el bienestar de la población y abordar el análisis de la sostenibilidad desde un punto de vista económico, han permitido dar los primeros pasos en la elaboración de bases de datos internacionales que incluyan datos de capital natural para distintos países. También a nivel nacional se han dado pasos en este ámbito, pues son varias las oficinas de estadística que ofrecen datos, algunos preliminares o parciales, del capital natural disponible en sus respectivos países (Australian Bureau of Statistics [ABS] 2012, 2013; Provenzano, Barber-Dueck y Floyd 2016; Provenzano y Barber-Dueck 2017; Office for National Statistics [ONS] y Department for Environment, Food and Rural Affairs [Defra] 2020; ONS 2020).

El primer aspecto a tener en cuenta en la estimación de los capitales naturales es definir qué tipo de activos ambientales van a formar parte del mismo. Según SEEA, los activos naturales están formados por los recursos minerales y energéticos, la tierra, los recursos del suelo, los recursos madereros, los recursos acuáticos, otros recursos biológicos (distintos de los madereros y acuáticos) y los recursos hídricos. Sin embargo, la información disponible hace que no sea posible calcular el valor de todos ellos y que las distintas iniciativas existentes en la actualidad se centren en la estimación del valor de aquellos para los que se dispone de información más fiable y estructurada a nivel internacional. Por ello, los activos considerados en nuestro análisis, que coinciden con los que incluye el Banco Mundial en su base de datos *Wealth Accounts*, son los recursos forestales, madereros y no madereros, las tierras de cultivo y de pasto, las áreas protegidas y los recursos energéticos y minerales.

Delimitados los activos naturales que van a ser considerados, uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la medición del capital natural es la necesidad de disponer de información sobre sus precios para llevar a cabo su valoración. La no existencia de precios de mercado para la mayor parte de los recursos naturales hace que sea necesario valorarlos utilizando precios estimados o imputados indirectamente a partir de otra información. Además, también hay que tener en cuenta que no todos los aspectos de la naturaleza pueden traducirse en valores monetarios. En la mayoría de los casos, la estimación del valor de los recursos

naturales se lleva a cabo a partir de los beneficios o rentas que generan, aunque este método también presenta dificultades a la hora de definir y calcular esas rentas o beneficios que proporcionan los servicios prestados por este tipo de recursos. En algunos casos, estos servicios son difíciles de valorar en términos monetarios y en otras, el valor de los mismos es algo subjetivo, y, por ello, no tiene por qué ser el mismo para todos los individuos. Por otro lado, en ocasiones, existen una serie de servicios de los ecosistemas que van más allá de magnitudes físicas, como puede ser la superficie que ocupan, y que están relacionados con su contribución, directa o indirecta, al funcionamiento de la naturaleza y sus procesos (control de la erosión del suelo, conservación de la biodiversidad y sus adaptaciones, retención de carbono, acervo genético, etc.). Estos servicios,¹ a pesar de su innegable importancia, no suelen tenerse en cuenta a la hora de valorar el capital natural, por la falta de información al respecto y porque hacerlo exigiría identificar de forma muy detallada e individualmente las características diferenciales de cada uno de los recursos naturales. Por ejemplo, para valorar una determinada zona protegida, deberíamos tener información sobre el tipo de superficie, la riqueza del suelo, su situación geográfica, los recursos hídricos que incluye en su territorio, su bioma, etc. De esta forma, se podrían establecer precios distintos para cada área protegida dependiendo de sus características. Sin embargo, las dificultades que supone la recopilación de toda esta información hacen que esta estrategia sea inviable. No obstante, no hay duda de que la disponibilidad de información más detallada que permitiera llevar a cabo esa estimación sería de gran utilidad desde múltiples perspectivas, no solo la económica, sino también de cara al diseño de políticas o actuaciones para afrontar los peligros ambientales futuros, los incendios, determinados fenómenos meteorológicos con consecuencias catastróficas, etc. En este sentido, el *SEEA Ecosystem Accounting* (Naciones Unidas 2021),

¹ El programa de Naciones Unidas de *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* ha llevado a cabo la tarea de identificar los servicios que los distintos tipos de ecosistemas proveen (véase Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005a), no tanto desde una perspectiva económica, como la seguida principalmente en esta monografía, sino desde una perspectiva más amplia, que conecta estos servicios con el bienestar humano.

recientemente publicado para complementar el *SEEA Central Framework* (Naciones Unidas *et al.* 2014), propone la inclusión en la valoración de los activos medioambientales no solo de los servicios que contribuyen a la producción del sistema de cuentas nacionales, sino también de otro tipo de servicios como la filtración de aire, la regulación de agua y los servicios recreativos.

A pesar de estos problemas, una vez está claro el valor de los servicios que los recursos naturales proporcionan a la sociedad anualmente, el SEEA propone aplicar el método del valor actual neto (VAN) para estimar su valor. Según este enfoque, el valor de cada activo natural puede aproximarse como el flujo de servicios que se espera obtener durante su vida, utilizando un tipo de descuento para convertir las rentas futuras en presentes. Sin embargo, este método tampoco está exento de problemas, pues es necesario escoger una tasa de descuento adecuada, así como determinar cuál es la vida del activo (durante la que se espera que genere rentas) hasta su agotamiento. Este es el método seguido por el Banco Mundial (2018) y el que se ha seguido también para estimar los resultados que se analizan en los últimos capítulos de esta monografía. El capítulo 6 se dedica precisamente a ofrecer los detalles metodológicos de la estimación aquí realizada para España y sus comunidades autónomas. Hay que recordar, no obstante, que esta estimación no está exenta de problemas, pues, como ya se ha comentado, no es posible incluir en la valoración económica todo el valor que poseen algunos de los recursos naturales considerados. Algunos de los servicios que proveen para la humanidad en su conjunto no son fácilmente valorables, por lo que en muchas ocasiones no están incluidos en los precios que se utilizan para llevar a cabo su valoración monetaria. Esta es una limitación que hay que tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados obtenidos.

La disponibilidad de una valoración del capital natural permite calcular la riqueza nacional de un país, teniendo en cuenta los recursos naturales de los que dispone. Este indicador refleja con más exactitud la evolución de los niveles de bienestar de la sociedad y la sostenibilidad de los procesos de crecimiento económico que se han producido en las últimas décadas. En este sentido, la riqueza con que cuenta un país (incluyendo los recursos naturales)

debe ser mantenida a lo largo del tiempo para garantizar el crecimiento y bienestar futuros. Esta riqueza estaría formada por todos aquellos capitales que contribuyen de alguna forma al crecimiento económico de los países, como la educación, la confianza en las instituciones y en los agentes económicos, la maquinaria y el equipo, las nuevas tecnologías tangibles e intangibles, el valor del suelo artificial o urbano, así como los recursos naturales. En la práctica, sin embargo, los ejercicios realizados en este ámbito incluyen únicamente el capital producido (maquinaria, infraestructuras, equipo de transporte, etc.), el capital humano y el capital natural en el indicador de riqueza nacional agregada, por la dificultad que entraña la estimación del resto de capitales enumerados.

Los resultados de estas estimaciones a nivel internacional muestran que, en la mayor parte de los países, la riqueza nacional agregada ha crecido en las últimas décadas. Según Lange, Wodon y Carey (2018), la riqueza global aumentó un 66% entre 1995 y 2014, al mismo tiempo que se redujo la concentración de la misma en los países de renta más elevada. A la misma conclusión llega el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP 2018), según el cual 96 de los 140 países analizados han experimentado un aumento de su riqueza per cápita desde principios de los noventa, destacando el comportamiento de Corea del Sur y Singapur, y, en el ámbito europeo, de Malta, Letonia e Irlanda, entre otros. Este resultado, de sostenibilidad en sentido débil, no implica, necesariamente, sostenibilidad en sentido fuerte. De hecho, según estos mismos trabajos, la degradación y pérdida de capitales naturales ha sido importante en los países en desarrollo o de menor nivel de renta. En general, parece que los países en vías de desarrollo son los que ejercen una mayor presión sobre los recursos naturales para acumular capitales producidos en los que apoyar su crecimiento y la consecución de mayores niveles de bienestar para la población. Los países más desarrollados, sin embargo, ya acumularon este tipo de capitales en el pasado, por lo que el uso de recursos naturales con el objetivo de acumular nuevos capitales es menos intenso y, por tanto, en estos países el nivel de la dotación en capital natural se ha mantenido en las últimas décadas.

En general, teniendo en cuenta la totalidad de los países para los que se dispone de información, el capital producido es el que

más ha aumentado en las últimas décadas, mientras el capital natural y el humano han crecido de forma más modesta o incluso, en ocasiones, se han reducido (UNEP 2018; Banco Mundial 2018b; Brandt, Schreyer y Zipperer 2014). Mientras el capital producido ha aumentado a una tasa anual media del 3,8% desde la década de los noventa, el capital humano lo ha hecho a una tasa algo inferior, pero positiva, del 2,1%, y el capital natural ha caído a nivel mundial a una tasa del 0,7%. A pesar de su evolución más modesta, el capital humano es el más importante en la actualidad en la mayor parte de las economías, especialmente en las más desarrolladas. En términos agregados, considerando todos los países incluidos en UNEP (2018), el capital humano supone el 60% de la riqueza agregada, mientras que el capital producido y el natural representan alrededor de un 20% cada uno. No obstante, existen importantes diferencias en la composición de la riqueza nacional en función del nivel de desarrollo de los países. El capital producido suele ser más importante en los países más desarrollados, como Estados Unidos, los países miembros de la Unión Europea (UE) o Japón, mientras que es muy reducido en algunos países subdesarrollados del África subsahariana. Aunque depende en gran medida de las dotaciones iniciales, el capital natural tiene un peso superior en los países de renta más baja, si bien parece que va siendo sustituido por capitales producidos o por capital humano a medida que los países avanzan en los estadios del desarrollo. De hecho, parece que el capital producido y el humano han aumentado en las últimas décadas a costa de los capitales naturales, lo que indica que, aunque puede decirse que el mundo en su conjunto ha experimentado un crecimiento sostenible en sentido débil, esta afirmación no está tan clara si tenemos en cuenta la definición fuerte de sostenibilidad. Desde este punto de vista, y aunque el indicador de riqueza nacional agregada presenta cierta correlación con el PIB, ofrece una imagen del desarrollo económico de las últimas décadas más modesta que la que se obtiene a partir de esta magnitud. Por tanto, disponer de una estimación de la Riqueza agregada y de su composición es importante para realizar un seguimiento de la sostenibilidad de la economía y poder diseñar las políticas y estrategias de desarrollo adecuadas para cumplir, entre otros, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) fijados por las Naciones

Unidas. Por otro lado, en una minoría de países, la riqueza agregada ha descendido, por lo que en ese caso ni siquiera es posible hablar de crecimiento o mejora de los niveles de bienestar, sino todo lo contrario. En algunos de estos casos, además, esta reducción de la riqueza va acompañada de un aumento del PIB, por lo que las conclusiones que se obtienen de ambas aproximaciones son contrarias. En cambio, son muy pocos los casos en que se observa la relación inversa.

La disponibilidad de una medida de capital natural también permite su incorporación a los ejercicios de contabilidad del crecimiento económico tradicionales (Solow 1956, 1957; Jorgenson 1995). Desde este punto de vista, el capital natural puede ser considerado como un *input* productivo adicional, además del capital producido y el humano. Los trabajos en este ámbito, liderados por la OCDE (Working Party on Environmental Information, WPEI), Naciones Unidas y el Banco Mundial, han demostrado la importancia que este tipo de capitales puede tener en los procesos de crecimiento de algunos países, sobre todo entre aquellos que destacan por su riqueza en recursos naturales. Su inclusión en los ejercicios de contabilidad del crecimiento tiene efectos sobre la medición de la denominada productividad total de los factores (PTF), que refleja el comportamiento de la productividad conjunta de todos los factores productivos utilizados en el proceso de producción y que se obtiene como un residuo entre el crecimiento del *output*, representado por el PIB, y el crecimiento de los factores o *inputs* productivos (trabajo y capitales) convenientemente ponderados. Al obtenerse residualmente, la PTF puede reflejar el crecimiento de los *inputs* no contemplados en el análisis, como sucede habitualmente con el capital natural, que no suele tenerse en cuenta. En consecuencia, si el capital natural pasa a incluirse en el análisis de las fuentes del crecimiento como un factor más de la función de producción, la PTF cambia. El ajuste será al alza o a la baja dependiendo de la relación entre la tasa de crecimiento del capital natural y la del resto de *inputs* habitualmente contemplados en este tipo de análisis, pues al introducir el capital natural se reducen las ponderaciones de los otros factores de producción (Brandt, Schreyer y Zipperer 2014, 2017; Cárdenas, Haščič y Souchier 2018; UNEP 2018; Lange, Wodon

y Carey 2018). Así, la consideración del capital natural permite contemplar explícitamente la contribución de los recursos naturales al crecimiento, valorar de forma más precisa los factores en los que este se apoya y fomentar de esta forma la inclusión del análisis de la situación y la evolución de los recursos naturales en las decisiones políticas. En aquellos países con una contribución de los recursos naturales al crecimiento más elevada, habrá que valorar las posibilidades de crecimiento futuro y de su sostenibilidad frente a posibles problemas de escasez o agotamiento de este tipo de recursos.

Por otro lado, el estudio y análisis del capital natural, su evolución y sus características tienen interés *per se*, pues es una variable clave a tener en cuenta en el diseño y desarrollo de las distintas políticas nacionales e internacionales con el objetivo de promover el crecimiento económico, el aumento de los niveles de bienestar de la población y la reducción de la desigualdad entre países, territorios y personas. El análisis de su composición permite detectar con antelación los problemas que pueden surgir en un futuro derivados de la degradación o agotamiento de algunos recursos y que no tienen por qué ser los mismos en los distintos territorios que forman un país o región. Desde este punto de vista, el análisis de las dotaciones de recursos naturales a nivel autonómico que se lleva a cabo en la segunda parte de esta monografía es una de las aportaciones más importantes, pues permite diferenciar la situación de cada región en relación con el capital natural, apuntando la existencia de posibles problemas de sostenibilidad futura en cada territorio. La estimación realizada del capital natural para España y sus regiones permite disponer de información sobre el valor de los recursos naturales y su evolución entre 1995 y 2018, así como sobre su composición. La combinación de esta información con la relativa a otros tipos de capitales permite construir una medida de riqueza nacional que ofrece una perspectiva complementaria a la del PIB en relación con el crecimiento de la economía española en las últimas décadas.

En el futuro se espera, asimismo, poder ampliar el alcance de la valoración del capital natural para poder incluir la totalidad de los servicios que presta a la población y a los procesos naturales y que, como ya se ha comentado, no es posible incluir en la ac-

tualidad por falta de información. En este sentido, cobra mucha importancia la existencia de iniciativas internacionales, como el programa de Naciones Unidas de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, que lleva a cabo un análisis exhaustivo de los servicios que los distintos tipos de ecosistemas prestan desde una perspectiva más amplia, de cara a asegurar el bienestar humano en el futuro.

1.4. Objetivo de la monografía

El objetivo de esta monografía es contribuir a aportar información que permita analizar mejor la relación existente entre el comportamiento de la economía española y el uso de los recursos que esta demanda del medio natural.

La literatura de autores españoles sobre sostenibilidad económica y ambiental, ciclo de vida de los productos, consumo de recursos naturales y formación de capital cuenta ya con numerosas e importantes aportaciones. Pensamos, sin embargo, que el trabajo que el lector tiene ahora en sus manos puede aportar como novedad una visión de conjunto de las relaciones entre el sistema económico y su entorno natural en España y una estimación amplia y detallada de su capital natural, en ambos casos con datos actualizados y siguiendo metodologías validadas internacionalmente.

A lo largo de la obra se ha trabajado en una doble dirección: el análisis del flujo de materiales y la construcción de una valoración monetaria del *stock* de capital natural que complementa las que, desde hace años, vienen elaborándose mediante la colaboración Fundación BBVA e Ivie y que, hasta ahora, se habían centrado principalmente en las dotaciones de capital artificial o producido (Fundación BBVA e Ivie 2021a; Uriel y Albert 2012).

Las posibilidades que genéricamente se abren a partir de la aplicación de estos enfoques son múltiples. En el plano teórico, el AFM establece las bases para un desarrollo con base empírica del concepto de economía circular, y para profundizar en el análisis del metabolismo socioeconómico de los sistemas industriales, ofreciendo también un lenguaje visual para su interpretación a partir de los denominados *diagramas de Sankey*. En ese mismo

sentido, el concepto de capital natural y su plasmación en cifras concretas, con la ulterior elaboración de series históricas, arroja luz sobre la sostenibilidad de los procesos de crecimiento económico, e introduce nuevos elementos de análisis en el marco de la *contabilidad del crecimiento*.

En un terreno más práctico, la contribución principal del sistema de cuentas construido con el enfoque metodológico del AFM es ofrecer información que puede ser relevante para la toma de decisiones por las Administraciones Públicas, del mismo modo en que ya lo está siendo para algunas empresas privadas, pero con un enfoque más microeconómico, la aplicación paralela del concepto de *ciclo de vida de los productos*. En primer lugar, con base en la información que arrojan las cuentas del AFM, puede evaluarse el grado de eficacia de las políticas públicas de reciclaje de materiales y de gestión de los residuos, al comparar los volúmenes que estas actuaciones alcanzan con determinadas macromagnitudes propias del AFM, como la extracción nacional o el consumo nacional de materiales. El valor del AFM como instrumento para la evaluación de la gestión de residuos se ve enriquecido cuando el AFM se lleva a cabo no solo a nivel de *bienes* sino también a nivel de *sustancias*, es decir, elementos o compuestos químicos, ya que eso refuerza la capacidad de esta metodología para arrojar resultados que mejoren la protección de la salud humana y del medio ambiente (Allesch y Brunner 2015).

Desde otra perspectiva, trasladando la contabilidad de la extracción, uso y disposición de energía y materias primas desde el plano nacional al plano urbano/regional, puede compararse la intensidad en el uso de recursos a que dan lugar modelos alternativos de asentamiento urbano que implican formas diferentes de gestión del suelo, extrayendo conclusiones en cuanto a la sostenibilidad ambiental de los procesos de urbanización de la población. También, en otro orden de cosas, la combinación de los datos monetarios que arrojan las tablas *input-output* tradicionales con los datos de precios de los productos y con el conocimiento de su composición en términos de materiales, permite abrir el camino para establecer un análisis de las interdependencias entre los sectores económicos y entre estos y la demanda final de una economía nacional mucho más rico y apropiado para estudiar

los impactos ambientales de distintas sendas de crecimiento económico.

Además de las aplicaciones citadas, el conocimiento detallado de los flujos de materiales, que incluye los de energía, permite construir proyecciones o escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, que constituyen un *input* fundamental para la toma de decisiones en las políticas públicas de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

A lo largo de la monografía se han abordado solamente algunas de las aplicaciones de interés entre las que son teóricamente posibles a partir del tratamiento de los datos del AFM. La atención se ha centrado especialmente en la relación entre las magnitudes propias del AFM y las macromagnitudes económicas tradicionales, como el producto interior bruto, y su evolución en el tiempo, para, de este modo, conocer el grado de desacoplamiento alcanzado en España entre el ascenso del bienestar material de la sociedad y el consumo de recursos naturales. Se han analizado, además, en detalle, los factores que han contribuido a explicar el aumento en el consumo de energía final, uno de los componentes más importantes del metabolismo socioeconómico en las sociedades modernas. Una segunda aplicación ha consistido en hacer un seguimiento, a través de diversos indicadores, del grado de desarrollo de la economía circular en España.

Por otro lado, la medición del *stock* de capital natural permite incluir criterios de sostenibilidad en el análisis de los procesos de crecimiento económico. La disponibilidad de una medida del valor del capital natural y su evolución a lo largo del tiempo amplía el tratamiento de los factores en los que se basa el desarrollo económico, introduciendo los recursos naturales como un factor de producción más, adicional al capital público y privado y al trabajo.

Al mismo tiempo, la valoración del capital natural facilita disponer de una medida más amplia de la riqueza de un país o región que puede servir para evaluar de forma más ajustada los niveles de bienestar de la población, así como su evolución a lo largo del tiempo, y establecer comparaciones con otros territorios. En el caso español, la estimación del capital natural completa la medición de la riqueza agregada de nuestro país, que hasta ahora se veía limitada en la mayor parte de los análisis a la agregación del

capital físico o producido y el capital humano. La inclusión del capital natural permite disponer de una medida de la riqueza que representa mejor la realidad económica y social del país y se ajusta en mayor medida a los niveles de bienestar de la población.

Además, la desagregación regional del capital natural da lugar a realizar comparaciones de la situación y la evolución de las distintas comunidades autónomas con respecto a los activos medioambientales de que dispone cada una. Evidentemente no todas las comunidades autónomas tienen por qué disponer del mismo tipo de recursos naturales ni de la misma cuantía y, además, las distintas políticas implementadas a nivel regional pueden tener efectos muy diferentes sobre el capital natural de cada región. Por esta razón, disponer de una medición del mismo puede resultar de gran utilidad de cara al diseño de estrategias de crecimiento que sean sostenibles a largo plazo y contribuyan a alcanzar ciertos niveles de bienestar de la población en los distintos territorios. Las estimaciones monetarias del capital natural pueden ayudar, en este sentido, a la toma de decisiones por parte de los responsables políticos y también por parte del sector privado, mejorando la información disponible para la planificación de políticas económicas y de programas de inversiones públicas o privadas, así como para el análisis coste-beneficio de determinados proyectos, etcétera.

Los resultados obtenidos y expuestos a lo largo de la monografía relacionados con el capital natural, su evolución y su distribución geográfica pueden servir también para ofrecer a la población en general una imagen más clara de la riqueza de recursos naturales de que dispone y de su trayectoria a lo largo del tiempo, así como respecto a la necesidad de realizar esfuerzos, tanto a escala individual como colectiva, para conservarlos. Es decir, pueden servir para crear conciencia sobre la importancia relativa de la naturaleza para la sociedad en su conjunto, y para el sistema económico en particular.

2. Flujo de materiales

2.1. Introducción

A lo largo de los últimos ciento cincuenta años, la dimensión física de la mayoría de las economías nacionales se ha incrementado enormemente, como es claramente perceptible en el aumento de la población total y de la población ocupada, el crecimiento del *stock* de capital físico —tanto público como privado— y el volumen anual de la producción de bienes y servicios. Esto ha conllevado, paralelamente, un gran incremento del uso de todo tipo de materiales y de fuentes de energía, y la generación de un volumen de residuos sólidos y líquidos absolutamente desconocido en etapas anteriores de la humanidad. A la vez, ha crecido notablemente la concentración en la atmósfera de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero, con las consecuencias bien conocidas sobre el cambio climático. En paralelo, la base material de la sociedad se ha hecho más compleja, aumentando la variedad en el uso de componentes en la producción industrial, que suelen provenir, además, de diversas partes del mundo, dada la importancia actual de las cadenas de valor transnacionales. Este conjunto de efectos ha desencadenado una preocupación por la sostenibilidad del crecimiento económico en las sociedades modernas, despertando un creciente interés por los flujos de intercambio de materiales entre el medio natural y la sociedad que tienen lugar como consecuencia de los procesos de producción y consumo. El objetivo a perseguir es lograr la compatibilidad entre un uso sostenible de los recursos naturales, la protección de la biodiversidad, el desarrollo económico y la mejora en el bienestar de la población,

y uno de los enfoques que desde un punto de vista cuantitativo contribuyen a modelizar las relaciones entre la vida económica y el medio natural para poder analizar las posibilidades de alcanzar dicha compatibilidad es el conocido como análisis del flujo de materiales (AFM).

La metodología del AFM tiene como punto de partida una concepción de las sociedades humanas como sistemas socioecológicos que contienen multitud de vínculos entre aspectos sociales y aspectos biofísicos, y mecanismos de retroalimentación entre ellos. Una importante corriente de pensamiento ha trasladado a este terreno el concepto de metabolismo, que en el campo de la biología incluye el conjunto de reacciones químicas y cambios físicos que tienen lugar en los seres vivos, y para ello ha introducido el término de metabolismo socioeconómico (MS). Del mismo modo que los organismos vivos usan recursos de su entorno para crecer y reproducirse y excretan residuos al medio que les rodea, los sistemas socioeconómicos dependen de los recursos naturales para su funcionamiento y se deshacen de los materiales que ya no necesitan en forma de residuos y emisiones.

El metabolismo socioeconómico representa el conjunto de los flujos de materiales y energía que penetran y atraviesan un sistema socioeconómico, para posteriormente salir del mismo. Se ha sugerido la siguiente definición para este concepto (Pauliuk y Hertwich 2015, p. 85):

El metabolismo socioeconómico constituye la auto-reproducción y la evolución de las estructuras biofísicas de la sociedad humana. Comprende los procesos de transformación biofísica, los procesos de distribución, y los flujos, que son controlados por los humanos para sus propósitos. Las estructuras biofísicas de la sociedad («stocks en uso») y el metabolismo socioeconómico forman conjuntamente la base biofísica de la sociedad.

Un mérito importante de este concepto es que contribuye a salvar la distancia entre los enfoques de la sostenibilidad procedentes de las ciencias naturales y los procedentes de las ciencias sociales. Es evidente que este enfoque metabólico implica la existencia de una frontera que separa los procesos biofísicos

que van a tomarse en consideración de aquellos otros que no van a ser objeto de análisis, pero la decisión de donde trazar específicamente esa frontera es algo que corresponde a cada uno de los diferentes sistemas de contabilidad económica y medioambiental que están a disposición de los expertos, como más adelante se podrá comprobar. El análisis del flujo de materiales puede contemplarse como un método que permite dotar de contenido operativo al concepto de metabolismo socioeconómico, permitiendo que se lleven a cabo cálculos cuantitativos a escala de la economía nacional en su conjunto, o a una escala más reducida, como la de una ciudad o región. No es el único enfoque posible a partir del paradigma del metabolismo socioeconómico. Otros métodos que parten también de esta base pero con finalidades distintas son el análisis del ciclo de vida, que se centra en los flujos de materiales y en las presiones sobre el medio ambiente de productos concretos, y el análisis *input-output*, que estudia los flujos entre los sectores de producción y entre estos y diferentes categorías de demanda final, y que admite la elaboración de sus tablas no solo en términos monetarios sino también físicos.

Uno de los precedentes más importantes del uso del concepto de AFM en la moderna literatura económica puede encontrarse en Ayres y Kneese (1969). Estos autores argumentan que la presencia de externalidades no constituye un caso excepcional sino más bien la regla en los procesos económicos, especialmente aquellas que van asociadas a la eliminación de residuos derivados de la producción y el consumo, cuya importancia crece con el desarrollo económico. La capacidad del medio ambiente para recibir y asimilar esos residuos constituye en sí misma un recurso natural de creciente valor, por ello no reconocer la relevancia de estas externalidades deriva de un razonamiento defectuoso que no tiene en cuenta la ley de la conservación de la materia, es decir, la conocida como segunda ley de la termodinámica. Al hacerse frecuentemente referencia al *consumo final* de los objetos materiales, sean estos bienes intermedios, combustibles o productos acabados, se está asumiendo el supuesto de que estos, de algún modo, *desaparecen* una vez han sido usados. Sin embargo, los residuos derivados de la producción y el consumo en realidad

no desaparecen, sino que generalmente se eliminan mediante su vertido en el entorno, principalmente a los cursos de agua y a la atmósfera, ya que se asume implícitamente que el aire y el agua son bienes libres. Quizás en épocas muy primitivas de la historia humana estos vertidos carecieran de importancia, pero en las actuales sociedades desarrolladas recursos como el aire y el agua son bienes de propiedad común y tienen un valor creciente. La eliminación de los residuos transfiriéndolos al medio ambiente causa claros daños, en forma, por ejemplo, de contaminación del suelo y del agua y perjuicios a la salud humana, con los costes consiguientes, en términos, por ejemplo, de desembolsos para la depuración de las aguas residuales o de costes sanitarios. Estas externalidades tecnológicas no pueden ser eficientemente controladas mediante acuerdos transaccionales entre agentes individuales.

Del razonamiento anterior, Ayres y Kneese (1969) deducen que la polución medioambiental y las medidas para su control deben contemplarse como un problema de balance o equilibrio de materiales que se plantea a escala del conjunto de la economía. Constituyen *inputs* del sistema los combustibles, los alimentos y las materias primas que se introducen en él para convertirse en bienes finales y, parcialmente, en residuos. Pero los bienes finales también acaban por convertirse en residuos, excepto los que se acumulan en forma de *stocks*, como plantas industriales, equipos productivos, bienes de consumo duraderos, etc. Una importante consecuencia es que para una población, un volumen de producción y unos servicios de transporte dados, los distintos niveles que es posible alcanzar en materia de reciclaje de residuos y de reducción del contenido en primeras materias en la producción de bienes y servicios tienen, asimismo, distintas consecuencias sobre la sostenibilidad de la actividad económica. El papel de los gobiernos en términos de regulación ambiental y de creación de las infraestructuras apropiadas para la gestión de residuos, así como mediante políticas públicas que fomenten modos de transporte que reduzcan las emisiones a la atmósfera es muy relevante. No es posible, en cambio, confiar en que resulte suficiente la internalización mediante impuestos, o mediante la imposición de determinadas restricciones, de los costes derivados de algunas ex-

ternalidades negativas a través de su efecto sobre las decisiones individuales de personas o empresas.

En síntesis, puede afirmarse que, respetando la ley de la conservación de la materia, los *inputs* materiales que entran en el sistema económico deben ser equivalentes a los *outputs* que salen de él más los cambios en los *stocks* materiales del sistema. Estos *stocks* o *estructuras físicas de la sociedad* están constituidos por seres vivos, como el ganado, y también por las poblaciones humanas, así como por edificios, infraestructuras físicas de todo tipo, bienes de consumo duradero y equipos productivos, como máquinas y elementos de transporte. Para hablar de entradas y salidas a una economía nacional, es necesario definir previamente dos tipos de fronteras: la que separa el sistema económico del medio natural del que se extraen los materiales de todo tipo de los que se va a hacer uso (energía, biomasa, minerales, etc.) y a donde van a parar los residuos, y la que separa la economía nacional de otras economías, que permite definir las exportaciones e importaciones. Por lo general, las fronteras definidas para el AFM suelen ser consistentes con las que definen los sistemas de contabilidad nacional, ya que se busca la compatibilidad entre los registros contables en forma física y en forma monetaria por razones prácticas, buscando que los análisis que se lleven a cabo sean relevantes a efectos de toma de decisiones políticas (Krausmann *et al.* 2017).

La utilidad del AFM no deriva tan solo de sus múltiples aplicaciones en relación, por ejemplo, con el estudio del nivel de productividad —generación de valor añadido en relación con el uso de materiales— que una sociedad puede obtener de sus recursos naturales, o al cálculo de la intensidad en distintos tipos de materiales de su desarrollo industrial, o a su dependencia del exterior en energía, alimentos o minerales. Es también importante para captar la limitación que implica centrar excesivamente la atención en la eficiencia en el consumo de energía o materias primas de procesos de producción concretos de bienes y servicios. Frecuentemente, los avances tecnológicos permiten reducir la intensidad en recursos naturales de ciertos procesos de producción, dando lugar a ahorros importantes que permiten un abaratamiento del producto o servicio obtenido de cara al consumidor. Ahora bien, esa reducción de precio puede dar lugar a un aumento del consu-

mo de tal magnitud que neutralice total o parcialmente el ahorro inicial en recursos primarios. Es el caso de aquellos desarrollos tecnológicos que mejoran la eficiencia energética de los motores de aviación, abaratando las tarifas aéreas y dan lugar a un volumen mucho mayor de viajes aéreos, con el efecto consiguiente sobre las emisiones a la atmósfera. Se trata del conocido efecto rebote, que explica que las mejoras que el progreso tecnológico ha inducido en cuanto a la eficiencia energética y también en cuanto a la eficiencia en el uso de otros recursos no se haya traducido en una reducción de las presiones globales, un problema del que cada vez son más conscientes las autoridades públicas aunque no se haya avanzado mucho en plantear respuestas efectivas desde ese ámbito (Font, Kemp y Van der Voet 2016).

Es preciso, por tanto, adquirir una visión que vaya más allá de los efectos microeconómicos del cambio tecnológico para que sea posible considerar asimismo el volumen absoluto de recursos naturales que una sociedad determinada está gestionando. La referencia no puede ser el comportamiento de empresas determinadas en respuesta a los incentivos de precios y a las innovaciones, sino que existe también una responsabilidad de quienes deben decidir desde la esfera pública, que debe apoyarse en información obtenida a una escala más global. En este terreno el AFM puede hacer una contribución sustancial.

Eurostat publicó a principios de siglo la primera guía metodológica para la construcción de un procedimiento de AFM (Schütz y Steurer 2001), y en 2011 la información necesaria pasó a exigirse de forma regular a los países miembros de la Unión Europea, publicándose posteriormente nuevas guías actualizadas por Eurostat (2013, 2018). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos ha publicado también sus propias guías al respecto (OCDE 2008a, 2008b), y la investigación centrada en el AFM ha entrado asimismo en el programa para el medio ambiente de las Naciones Unidas, partir de los informes de su International Resource Panel (Schandl *et al.* 2016). El AFM se ha diseñado buscando su consistencia con el marco más amplio de referencia proporcionado por el sistema de cuentas económicas y ambientales de las Naciones Unidas (Naciones Unidas *et al.* 2014) que establece las definiciones, clasificaciones y reglas que permiten

producir, a nivel internacional, estadísticas comparables sobre el medio ambiente y su relación con la economía.

2.2. El flujo de materiales entre el medio ambiente y el sistema económico

2.2.1. Definición de la frontera entre *medio ambiente y economía*

El término *materiales* se usa en el contexto del AFM para designar un conjunto de elementos muy diversos que pueden ser usados por la economía nacional y que tienen la característica común de ser extraídos del medio natural. Se trata de minerales, energía, biomasa, arena y grava para construcción, etc. Los flujos que interesan son los que tienen lugar entre el medio natural y el sistema económico, mientras los que transcurren completamente en el interior de ambos subsistemas normalmente no se toman en consideración. Tampoco se tienen en cuenta los flujos que tienen lugar entre el medio ambiente de un país concreto y el medio ambiente del resto del mundo.

Los flujos de entrada de agua a granel no se contabilizan ya que representan volúmenes de tan gran envergadura que pesarían excesivamente en el total de los flujos, distorsionando la imagen de su composición. Estos flujos de agua no contabilizados corresponden principalmente a su extracción de los ríos y de los acuíferos subterráneos, las precipitaciones de agua recogidas en depósitos para diversos usos, las descargas de aguas residuales a los ríos y la evaporación a la atmósfera. También los flujos de aire quedan excluidos de las cuentas. En este caso, se trata generalmente de aquellos que están relacionados con los procesos de combustión de carbón, petróleo y otros combustibles fósiles en actividades de producción y consumo. El aire empleado en la economía nacional en la forma señalada no se contabiliza, pero sí las emisiones de gases a la atmósfera, exceptuando el vapor de agua, que resulta de los procesos de combustión. Para lograr cerrar el balance entre entradas y salidas de materiales al sistema económico procedentes del entorno natural, se recogen *pro memoria* algunos flujos específicos de gases como partidas equilibradoras.

El planteamiento original en el AFM ha sido registrar los flujos de materiales en el punto en que atraviesan los límites entre el medio natural y la economía nacional, siguiendo, en líneas generales, la perspectiva de la contabilidad nacional a la hora de definir lo que constituye el perímetro del sistema económico. Sin embargo, ha sido necesario desviarse, por razones prácticas, de las convenciones de los sistemas de cuentas nacionales en dos casos particulares. El primero se refiere a la extracción de recursos en relación con la producción de recursos biológicos cultivados, como las plantas agrícolas y los bosques. El segundo tiene que ver con la forma en que deben tratarse los residuos que van a parar a vertederos controlados.

En relación con el primero de estos dos casos, la contabilidad nacional considera los recursos biológicos cultivados durante un período de tiempo como un proceso de producción que tiene lugar en el interior del sistema económico y que hace uso de un conjunto de *inputs* y da lugar a un conjunto de *outputs*. Si esta concepción se aplicara en el contexto del AFM, significaría que la extracción de recursos consistiría en los nutrientes, el dióxido de carbono y el agua que las plantas y los árboles necesitan para crecer y desarrollarse. La guía metodológica del AFM emplea, sin embargo, una alternativa que facilita la obtención de información: el denominado *enfoque de la cosecha*. Consiste en asumir que las plantas y los bosques cultivados forman parte del medio natural, por lo que la extracción de recursos se define en el momento de la cosecha (p. ej., frutos recolectados, madera obtenida del bosque). Las diferencias entre ambas alternativas no son grandes en lo que respecta a las plantas, ya que el producto recolectado viene a ser igual en volumen a los *inputs* naturales que se han requerido para su obtención. En el caso de los bosques sí que pueden darse diferencias notables entre la madera que se ha talado en un año y el crecimiento del volumen de biomasa vegetal que ha crecido en el bosque durante dicho año, el primer aspecto refleja una presión ambiental derivada de la explotación humana de los recursos del bosque, mientras que el segundo aspecto tiene consecuencias ambientales positivas (p. ej., producción de oxígeno, absorción de dióxido de carbono). Para poder cubrir esta diferencia se incorpora un ítem a modo de memorándum

que la recoge en los cuestionarios empleados en la recogida de datos para el AFM.

Respecto al segundo caso, los vertederos controlados se consideran activos físicos que el sistema económico ha producido, y son parte, por tanto, de la economía nacional. En consecuencia, los flujos de residuos que llegan a esos vertederos se considera que forman parte del sistema económico y se les excluye de los flujos de materiales que salen de la economía y van a parar al medio ambiente. También son recogidos a efectos de registro en una partida específica del cuestionario antes mencionado. En cuanto a los vertidos incontrolados, su carácter ilegal en la mayoría de los países europeos hace que no se incluyan en los análisis, al darlos por inexistentes.

2.2.2. Definición de la frontera a efectos de la incorporación al AFM de las importaciones y las exportaciones

El AFM sigue el principio, propio de la contabilidad nacional, de que los bienes adquiridos por las unidades residentes en un país —familias, empresas, administraciones— en otros países se consideran importaciones, mientras que los bienes vendidos a unidades no residentes en el territorio nacional se consideran exportaciones. El criterio es, por tanto, el de clasificar los flujos en función del cambio de propiedad entre residentes y no residentes de los bienes implicados. En cuanto a los residuos que entran o que salen de la economía nacional para recibir algún tratamiento ulterior, se clasifican como flujos físicos de importación o exportación según cual sea su origen y destino.

En el caso de los bienes que se envían al extranjero para ser procesados o reparados, no hay un cambio de propiedad, por lo que las cuentas nacionales no recogen esos movimientos como operaciones de comercio exterior. Sin embargo, el AFM sí trata estos flujos como si estuvieran reflejando operaciones de importación y exportación. Los bienes vendidos a residentes extranjeros en el país se tratan como exportaciones, y los bienes adquiridos en el extranjero por residentes del país que elabora el AFM son tratados como importaciones.

2.3. Conceptos básicos

Los conceptos que permiten articular el análisis del flujo de materiales se describen en las diversas guías metodológicas a las que anteriormente se ha hecho referencia. Aquí seguiremos principalmente la edición para 2018 del manual elaborado por Eurostat (2018), por coherencia con la fuente principal de nuestra información estadística, que es también esta agencia estadística de la Unión Europea. Complementaremos las definiciones de los diversos indicadores con la perspectiva aportada por la OCDE (2008a, 2008b).

La idea central del AFM, consistente con su pretensión de reflejar el metabolismo socioeconómico de una determinada entidad territorial —generalmente un país—, es estudiar cómo un conjunto de recursos materiales se extrae de la naturaleza en forma de *inputs* para la economía, se transforma en *productos* y es finalmente transferido de nuevo al medio natural como una serie de *outputs* en forma de residuos y emisiones. De acuerdo con el principio teórico de la conservación de la materia, que establece que la masa y la energía ni se crean ni se destruyen, se establece la siguiente identidad:

$$\begin{aligned} &\text{Extracción de recursos naturales} + \text{Importaciones} = \\ &\text{Adición neta al stock de activos manufacturados} + \text{Output residual} \\ &+ \text{Exportaciones} \end{aligned}$$

En teoría, no solo los bienes tangibles, sino el también incremento de la población humana y del ganado representa variaciones en el *stock* de materiales que se acumulan en el interior del sistema económico. En la práctica, la atención se centra en activos físicos como los inmuebles, bienes de equipo, infraestructuras físicas y bienes de consumo duradero.

2.3.1. Conceptos vinculados a los flujos de materiales que representan *inputs* y consumo

El AFM pretende reflejar el impacto sobre el medio ambiente de la extracción de recursos naturales. Por ello se establece una primera distinción entre aquellos recursos extraídos que se con-

CUADRO 2.1: Cuenta resumen de flujos de materiales en la economía

RECURSOS	EMPLEOS
Extracción nacional Biomasa Minerales metálicos Minerales no metálicos Combustibles fósiles Importaciones	Emisiones y residuos Emisiones a la atmósfera Residuos en vertederos Vertidos a las aguas Disipación de productos y pérdidas Disipación de productos Pérdidas disipadas de materiales
Input directo de materiales	Output nacional procesado a la naturaleza
Extracción nacional no usada	Eliminación de extracción nacional no usada
Input total de materiales	Exportaciones
Flujos indirectos asociados a las importaciones	Output total de materiales
Necesidad total de materiales	Acumulación neta de stocks
	Flujos indirectos asociados a las exportaciones

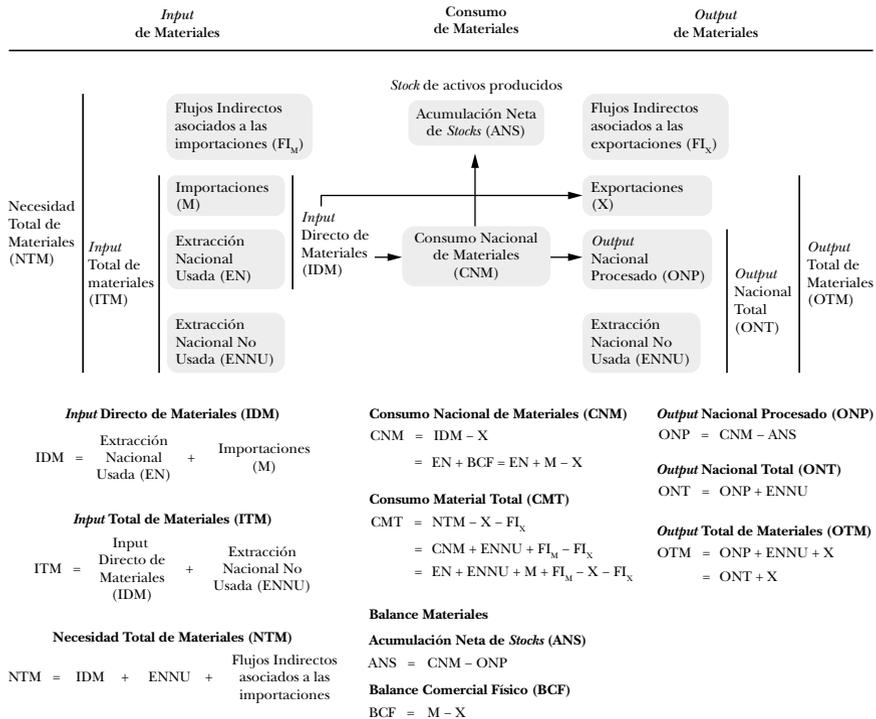
Fuente: INE (2012).

sagran a un uso determinado, y aquellos otros que son también extraídos pero que no van a ser usados posteriormente, como, por ejemplo, la tierra y las rocas que se excavan para establecer una cantera de materiales de construcción y que se dejan de lado ya que no van a ser utilizados. También entran en esta categoría los restos de madera no aprovechables en una explotación forestal, las capturas de peces que son desechadas en una pesquería, o la paja sobrante en una cosecha agrícola. El criterio adoptado en el AFM es que solo se contabilizan las extracciones de materiales que están destinados a ser usados para la producción o el consumo, es decir, que van a ser utilizados. Las extracciones no destinadas al uso se conocían también como *flujos ocultos* en las primeras guías metodológicas elaboradas por Eurostat. Procederemos a continuación a definir los conceptos asociados a la extracción y uso de materiales (cuadro 2.1).

Extracción nacional (domestic extraction)

La extracción nacional (o doméstica) de materiales (ENM) recoge los flujos de materiales que tienen su origen en el medio

ESQUEMA 2.1: Principales magnitudes del AFM y sus relaciones



Fuente: OCDE (2008a, 2008b).

natural y que entran físicamente a la economía para recibir un determinado procesamiento o para ser consumidos directamente, siendo objeto por tanto de un *uso* concreto. Se convierten o se incorporan a productos de un modo u otro, y suelen poseer un valor económico. Las grandes categorías de materiales que son objeto de extracción son las siguientes: biomasa, minerales metálicos y no metálicos, y materiales usados para producir energía, como el carbón, el petróleo y el gas natural (recursos energéticos fósiles).

La biomasa incluye la producción vegetal que es consumida directamente por la población humana o el ganado, o sometida a una transformación posterior. También incluye la caza y la pesca, así como la producción obtenida de la explotación forestal. No incluye, en cambio, los animales vivos ni sus productos derivados,

como la carne, los huevos o la leche, ya que todo ello se consideran productos secundarios.

En la extracción de minerales pueden distinguirse tres aspectos o elementos: los materiales que es necesario remover para obtener la parte aprovechable que contiene el mineral, el material que, por contener el mineral, se considera usable, y el contenido en metal. Es el segundo elemento el que se tiene en cuenta a efectos de contabilización, aunque pueda registrarse también *pro memoria* el tercero de ellos. Si solo se dispone de información en relación con el metal que constituye el producto final de la minería, cosa bastante habitual, entonces se procede a estimar el correspondiente peso del mineral en bruto que lo contenía al ser extraído en la explotación minera.

Importaciones (Imports)

El bloque de importaciones (M) registra los flujos de comercio exterior, en términos físicos, en que se produce un cambio de propiedad en el bien, que pasa de pertenecer a un residente en el extranjero a un residente en el país que elabora las cuentas de flujos de materiales. Dado que se trata de un registro en términos físicos, surge el problema de que una gran parte de los bienes acabados o intermedios que se importan están compuestos de muy distintos tipos de materiales. La respuesta que se ha dado a este problema es asignar a cada uno de los códigos de la nomenclatura utilizada en las estadísticas de comercio exterior un solo código de acuerdo con la clasificación de materiales utilizada en AFM. Para ello se asigna el código del *material dominante*, que es aquel que tiene una mayor participación en términos de peso en toneladas en la composición material del correspondiente grupo de productos de las estadísticas de comercio internacional.

Las importaciones, y también las exportaciones, se clasifican en tres grandes categorías. La primera es la de las materias primas, que incluye los productos de actividades primarias, como la agricultura, la pesca, la silvicultura y la minería. Hay que tener presente que aquí sí que se registra el ganado vivo y los productos de origen ganadero. La segunda categoría se refiere a productos intermedios, y la tercera, a los productos acabados, que son

aquellos que ya no requieren un procesamiento o transformación ulterior. Los productos en tránsito no se contabilizan.

Las importaciones registran el peso del producto que cruza en sentido de entrada la frontera del país, pero ese peso no representa el peso total de la extracción de materiales que tuvo que llevarse a cabo en el extranjero para elaborar dicho producto, y lo habitual es que dicho peso total sea claramente superior al del producto importado. Se dejan fuera de contabilización, por tanto, los *flujos indirectos* asociados al producto de importación, que han tenido un impacto sobre el medio natural de donde proceden. Esto crea, a la vez, una asimetría con la forma en que se ha obtenido la extracción nacional, ya que en este concepto se incluye el peso de los materiales destinados al uso que se han obtenido directamente del medio natural doméstico, mientras que en las M solo se tiene en cuenta el peso del producto. De este modo, un país podría reducir aparentemente, aunque no fuera así en la realidad, su impacto global sobre el medio ambiente sustituyendo una parte de su EN por importaciones. Por esta razón, se ha propuesto que las importaciones, y también las exportaciones, se expresen en una forma directamente comparable con la EN, calculando el equivalente en material bruto (*materias primas equivalentes* según la terminología empleada por el Instituto Nacional de Estadística) de los productos que son objeto de exportación e importación. Para este tipo de información no existe en estos momentos obligación legal de proceder a su compilación por parte de los Estados miembros de la Unión Europea, aunque Eurostat lleva a cabo estimaciones para la Unión Europea en su conjunto y algunos países individuales,² entre los que no se encuentra España.

Input *directo de materiales* (direct material input)

El *input* directo de materiales (IDM) contabiliza la suma de todos los materiales, tanto sólidos como líquidos y gaseosos, que entran en la economía para ser utilizados en la producción o para ser destinados al consumo final. Se obtiene como suma de la ex-

² Alemania, Austria, Francia, Letonia, Lituania, Malta, Países Bajos y Portugal.

tracción nacional (EN) y de las Importaciones (M) y debe tenerse en cuenta que una parte de esta nueva magnitud (IDM) se destina a la exportación. Cuando el IDM se calcula para el conjunto de la Unión Europea, entonces solo se tienen en cuenta las importaciones que proceden del resto del mundo, pero no las que forman parte del comercio entre los Estados miembros.

Consumo nacional de materiales (domestic material consumption)

El consumo nacional de materiales (CNM) mide el total de materiales que se usan directamente en una economía nacional, es decir, los utilizados por las unidades residentes. Se obtiene restando las exportaciones (X) del *input* directo de materiales (IDM) y su destino es doble. De una parte, recoge los materiales que se van a incorporar al *stock* material de la economía, al que ya antes se ha hecho referencia, y de otra, recoge también aquellos materiales de los que el sistema económico se va a deshacer devolviéndolos al medio natural. Este segundo componente, al que posteriormente se hará referencia, es el denominado *output* nacional procesado a la naturaleza (ONP).

2.3.2. Conceptos vinculados a los flujos de materiales que representan *outputs* del sistema económico

Output nacional procesado (domestic processed output)

El *output* nacional procesado (ONP) mide el peso total de los materiales que se han extraído del medio natural en el territorio nacional, o que se han importado, y que, después de haberse utilizado, regresan al medio. Esta magnitud recoge, por tanto, un conjunto de flujos que ocurren en distintos momentos de la cadena producción-consumo, tales como el procesamiento de las primeras materias, la fabricación, el uso de los productos y su desecho. En ella quedan incluidas las emisiones a la atmósfera, las aguas residuales y los materiales que se dispersan después de su uso en el entorno natural. Por convención, no se incluye el vapor de agua que resulta de los procesos de combustión ni de la evaporación, ni tampoco los gases que se derivan de la respiración humana o del ganado. Conviene recordar que el ONP solo recoge los flu-

jos desde la economía al medio ambiente, y dado que, según las normas de la contabilidad nacional, los vertederos controlados se consideran un activo fijo producido y, en consecuencia, parte del sistema económico, los vertidos a dichos vertederos no se incluyen en la magnitud a la que nos venimos refiriendo. En cuanto a los vertidos ilegales, Eurostat los recoge en sus estadísticas, pero únicamente en el caso de dos países de la Unión Europea, Irlanda y Rumanía, mientras que presentan un valor nulo en el resto. Por lo que se refiere a las aguas residuales que son tratadas en plantas depuradoras, forman parte de los flujos contemplados en ONP los vertidos posteriores al tratamiento.

Además de las emisiones a la atmósfera y los vertidos a medios acuáticos, existen otras categorías en el ONP. Una de ellas es la de *disipación de productos*. Se trata de un conjunto de materias que se dispersan de forma deliberada en el medio ambiente. Entre ellas se incluyen los fertilizantes minerales, los fertilizantes orgánicos, el compost, los lodos de depuradora usados como abono en la agricultura, los pesticidas, las semillas, la sal y otros materiales que se dispersan en las carreteras para prevenir la formación de hielo, los disolventes, los pavimentos asfálticos, los gases emanados de la aplicación de pinturas industriales, y algunos otros. Hay que señalar que tanto los fertilizantes orgánicos como el compost y los lodos de depuradora deben ser contabilizados por su peso en materia seca.

Otra categoría de materiales que forma parte del ONP está formada por las denominadas *pérdidas disipadas de materiales*. Se trata de la dispersión no intencionada de determinados productos o residuos en el medio ambiente, como consecuencia de la abrasión, corrosión y erosión de determinados elementos móviles o fijos, o bien como consecuencia de vertidos o accidentes registrados en el transporte de bienes. Entre estas pérdidas se encuentran las partículas que resultan de la abrasión de los neumáticos de los vehículos o de la fricción de los frenos, la corrosión de edificios y carreteras, los vertidos de productos químicos por accidentes en el transporte y las fugas en las conducciones de gas natural.

Exportaciones (Exports)

Las exportaciones (X) recogen los flujos físicos, medidos en toneladas de peso, de productos que salen de la economía nacional con destino al extranjero modificándose su propiedad, desde un residente nacional a un residente extranjero. Al igual que ocurre con las importaciones, no se tienen en cuenta los flujos indirectos de materiales asociados a los productos que se exportan. Su clasificación sigue los mismos criterios que en el caso de los productos de importación.

Partidas equilibradoras (balancing items)

La función de las partidas equilibradoras (PE) es lograr completar el balance entre los flujos de *inputs*, variación de *stocks* y flujos de *outputs*.

En el lado de los *inputs* se trata de recoger los flujos de aire y agua que están incluidos en el *output* nacional procesado o en las Exportaciones pero que no han sido contabilizados en la extracción nacional o las Importaciones. Los principales procesos que originan esos flujos equilibradores tienen que ver con el oxígeno absorbido por los seres humanos y por el ganado en la respiración, el oxígeno usado en la combustión, el nitrógeno retirado de la atmósfera en la producción de amoníaco a través de los procesos de Haber-Bosch, y el agua empleada para la producción nacional de bebidas destinadas a la exportación.

En el lado de los *outputs*, los principales flujos que actúan como partidas equilibradoras tienen que ver con la combustión de materias energéticas y con la respiración de los seres humanos y del ganado. Por ello, se trata principalmente del vapor de agua que se emite como resultado de la combustión, y de los gases —dióxido de carbono y vapor de agua— que se expulsan en la respiración. También resultan estos gases de la respiración de las bacterias que actúan en el tratamiento biológico de los residuos sólidos y líquidos.

Acumulación neta de stocks (net additions to stock)

La acumulación neta de *stocks* (ANS) es la magnitud que refleja el crecimiento de la economía en términos físicos, es decir, la expansión neta que tiene lugar en el conjunto de materiales que se incorporan a los edificios, infraestructuras y bienes dura-

deros. Puede calcularse como el saldo entre *inputs* y *outputs*, y en términos de las magnitudes que antes se han considerado sería el resultado de restar al *input* directo de materiales las Exportaciones y el *output* nacional procesado, o bien podría expresarse alternativamente como la diferencia entre el consumo nacional de materiales y el *output* nacional procesado. La cuenta resumen que aparece en el cuadro 2.1 procede del Instituto Nacional de Estadística (2012) y refleja en mayor detalle el proceso de obtención de la ANS.

Los conceptos que se han definido en las páginas anteriores podrían completarse si se llevara a cabo una estimación del valor de las importaciones y de las exportaciones en términos de sus equivalentes en materiales brutos, como ya antes se ha indicado. A esta operación podría añadirse la inclusión de los materiales no usados que acompañan a la extracción nacional, y así se abriría paso a nuevas magnitudes que reflejarían la adición de estos flujos. De este modo, a partir del *input* directo de materiales y de la extracción nacional no usada (ENNU), y, por tanto, no incluida en EN, se construiría el concepto de *input* total de materiales (ITM), y añadiendo a este último los flujos indirectos de materiales vinculados a los productos incluidos en las importaciones se obtendría la necesidad total de materiales (NTM), que mediría la dimensión global de la base material de la economía. Del mismo modo, si a NTM se le restara el flujo de exportación (X) y los flujos indirectos asociados a las exportaciones, se podría obtener otra magnitud agregada, el consumo material total (CMT). En el lado de los *outputs*, la incorporación de la extracción nacional no usada a las exportaciones y al *output* nacional procesado permitiría calcular el *output* nacional total (ONT). El conjunto de los flujos de materiales con las correspondientes definiciones de las diversas magnitudes a que dan lugar aparece reflejado en el esquema 2.1, que procede de la guía metodológica de la OCDE (2008a, 2008b).

2.4. Fortalezas y límites de los indicadores basados en los conceptos anteriores

La OCDE ha recogido en su guía metodológica para el análisis del flujo de materiales (OCDE 2008a, 2008b) reflexiones relevantes en relación con la utilidad, pero también con relación a las limitaciones prácticas, de los conceptos que se acaban de manejar.

Una fortaleza importante del AFM es su capacidad para transmitir información agregada que permite describir la dimensión global de las necesidades en términos de materiales que necesita una economía nacional, a la vez que identifica las bases biofísicas del bienestar en términos económicos alcanzado por un país. En ese mismo sentido, es capaz de facilitar información relevante respecto a la relación entre indicadores económicos e indicadores del uso de materiales, lo que permite una aproximación cuantitativa al concepto de *productividad en términos de materiales* de una economía. Es también un instrumento útil para informar acerca del grado en que un país puede ir logrando alcanzar algunos objetivos globales en política de protección al medio ambiente.

Desde un punto de vista metodológico, cabe destacar como aspecto positivo que el AFM es un sistema de cuentas organizado racionalmente, con claras relaciones entre los diferentes indicadores y con una sólida base que reside en el principio teórico de la conservación de la materia. A ello se añade la ventaja de contar con un sistema sencillo de agregación de datos que reposa sobre una métrica común, basada en el peso en toneladas o bien en unidades de volumen que pueden convertirse en unidades de masa. De este modo, resulta posible analizar los intercambios en términos de masa de materiales que tienen lugar entre el sistema económico en sentido estricto y su entorno natural, permitiendo así describir lo que algunos autores han denominado el metabolismo socioeconómico de las sociedades actuales.

Junto a las fortalezas señaladas, existen también algunas limitaciones. La primera de ellas es que, al tratarse de indicadores muy agregados, los elementos componentes de cada uno de ellos pueden variar sustancialmente, aunque el valor agregado apenas se modifique. Además, cuando uno de esos componentes resulta determinante por su peso en el agregado, entonces sus cambios

con el paso del tiempo pueden enmascarar los que están teniendo lugar en el resto de elementos componentes, dificultando la interpretación de las modificaciones en el indicador. Es lo que en ocasiones ocurre con los minerales usados en la construcción, como la piedra, la arena y las gravas, por su elevada importancia relativa en el conjunto de los materiales usados. La agregación de las extracciones de recursos naturales muy diversos —biomasa, minerales metálicos, productos energéticos, etc.— puede hacer olvidar su distinto carácter, ya que algunos tienen usos estrictamente consuntivos, y otros pueden ser reutilizados, siendo además distinto el impacto ambiental de su extracción y su uso. Resulta demasiado simplificador pretender que cambios en indicadores que solo recogen una característica —el peso— de los materiales sean capaces de explicar de un modo directo los impactos en las condiciones medioambientales de un país. Esos impactos dependen también de otras características físicas y químicas de los materiales, y de la forma en que su obtención y utilización se gestiona a lo largo de su ciclo de vida. Es por tanto apropiado señalar que los indicadores de las presiones medioambientales que pueden obtenerse a partir del AFM deben entenderse como aproximaciones que permiten hacer un seguimiento de impactos medioambientales potenciales. No deben, en cambio, tomarse como si existiera una relación de causa-efecto entre la evolución de esos indicadores y los impactos medioambientales.

Otra limitación se pone de manifiesto cuando no es posible reunir información relevante para captar los flujos indirectos relacionados con el comercio exterior o con los materiales extraídos pero no usados. El resultado es que se produce un tratamiento incoherente de la información ya que, de un lado, esta comprende materias primas extraídas del medio natural nacional, cuando la fabricación de los productos se apoya en los recursos naturales obtenidos dentro del país, y, de otro, una combinación de materias primas y productos manufacturados cuando se trata de las importaciones y de las exportaciones. De este modo, puede ocurrir que los indicadores muestren una aparente reducción del consumo de materiales que obedezca simplemente a una sustitución por importaciones de la fabricación en el interior del país de productos acabados. Otra consecuencia es el posible enmascaramiento

de la presión ambiental efectiva ejercida por el sistema económico de un país al desplazarse los impactos ambientales a terceros países a través de los flujos del comercio exterior (Kovanda y Weinzettel 2013; Piñero *et al.* 2015). Por ello, resulta preferible, cuando la disponibilidad de información lo permite, construir indicadores que midan las necesidades totales de materiales (NTM) o el consumo material total (CMT), calculando previamente los equivalentes en términos de materias primas de las importaciones y exportaciones. Esta problemática ha sido contemplada con mayor detalle en el apartado 2.3 de este capítulo.

El grado de consistencia entre los indicadores agregados del AFM y las magnitudes económicas que se obtienen a partir de las cuentas nacionales depende del tipo concreto de indicador que se esté manejando. Así, indicadores como el consumo nacional de materiales y el consumo material total resultan bastante apropiados para ponerlos en relación con el PIB y calcular medidas de productividad referidas a los materiales. Los indicadores de *input*, como el *input* directo de materiales o el *input* total de materiales, no son tan apropiados para calcular medidas de productividad. Dado que estas dos últimas magnitudes incluyen flujos de importación pero no de exportación, resulta conveniente tenerlo en cuenta y añadir las importaciones al producto interior bruto (PIB) en el numerador de los cocientes que intentan medir la productividad cuando en el denominador aparece el IDM o el ITM (OCDE 2008a). Por último, conviene tener en cuenta que no siempre existe un claro paralelismo entre transacciones monetarias en la economía y flujos físicos en el AFM. Así, por ejemplo, la formación de capital incluye componentes no físicos, como el *software*, de modo que cambios en la composición de la formación bruta de capital tendrán consecuencias sobre la intensidad en términos físicos de la inversión que lleven a cabo las empresas. Otra diferencia digna de consideración es que, en las cuentas nacionales, las compras de bienes de consumo duradero por parte de los hogares no forman parte de la formación bruta de capital de la economía, sino que se tratan como parte del consumo final, mientras que en el AFM contribuyen a incrementar el *stock* de materiales en uso, al igual que los edificios o los equipos productivos de las empresas.

Algunos de los indicadores más frecuentemente utilizados en el marco del análisis del flujo de materiales no son aditivos por países. Es el caso, por ejemplo, del *input* total de materiales, que incluye importaciones pero no exportaciones, o del *output* total de materiales, en que ocurre lo contrario. Agregando por países, se estaría incurriendo en una doble contabilización, por lo que, cuando estos indicadores se calculan para un área geográfica como la Unión Europea, es necesario previamente depurarlos de los flujos intra-europeos de comercio exterior.

Finalmente, es necesario recordar que la definición de la frontera entre el sistema económico y el medio natural que establece el AFM por razones de índole práctica resulta en sí problemática, ya que tiende a considerar algunas de las interacciones que tienen lugar entre elementos del proceso económico y el medio natural como si transcurrieran íntegramente en el interior del medio natural. Un caso relevante es el que afecta al impacto que ejercen las actividades humanas sobre las masas de agua continentales, que es ignorado excepto en lo referente a la merma en la calidad del agua derivada de su contaminación por emisiones y vertido de residuos. Al considerar tanto los cultivos como las masas de agua que alimentan el regadío como parte del mismo sistema natural, el AFM no tiene en cuenta el hecho de que los grandes volúmenes de agua empleados por la agricultura de regadío dejan, en su mayoría, de estar disponibles para la producción de servicios por parte de los ecosistemas naturales. En consecuencia, no son solamente las alteraciones cualitativas en las masas de agua provocadas por la acción del ser humano, sino también las de tipo cuantitativo, las que debieran ser tenidas en cuenta para valorar de un modo más completo la interacción entre la naturaleza y el sistema económico.³

³ Agradecemos a uno de los evaluadores anónimos de esta obra el que nos llama la atención sobre este punto.

3. La cuantificación de los flujos de materiales en España

3.1. La perspectiva desde el lado de los *inputs*

3.1.1 Análisis agregado

El análisis cuantitativo de los flujos de materiales vinculados al funcionamiento de la economía española debe comenzar por el uso global de esos materiales que año tras año se lleva a cabo en España en función de las necesidades generadas por las actividades de producción, distribución, consumo y comercio exterior. En este sentido, es obligado destacar que nuestro trabajo se ha basado en la importante labor de clarificación metodológica respecto al análisis del flujo de materiales (AFM) desarrollada por la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y el Instituto Nacional de Estadística (INE). De las publicaciones de ambas instituciones proceden los datos relativos al AFM que hemos manejado en la elaboración de esta obra, y que nos han permitido, entre otras cosas, comparar en este capítulo la situación española con la de otros países europeos en lo referente a la extracción, consumo y comercio exterior de materiales, y poner en relación el consumo de materiales que lleva a cabo la economía española con una magnitud económica tan relevante como el producto interior bruto (PIB) (capítulo 4).

En el análisis del flujo de materiales resulta deseable operar, en primer lugar, desde la óptica de los recursos. Desde esta perspectiva, el primer concepto del que conviene hacer uso es el de *input* directo de materiales (IDM), que agrega los recursos obte-

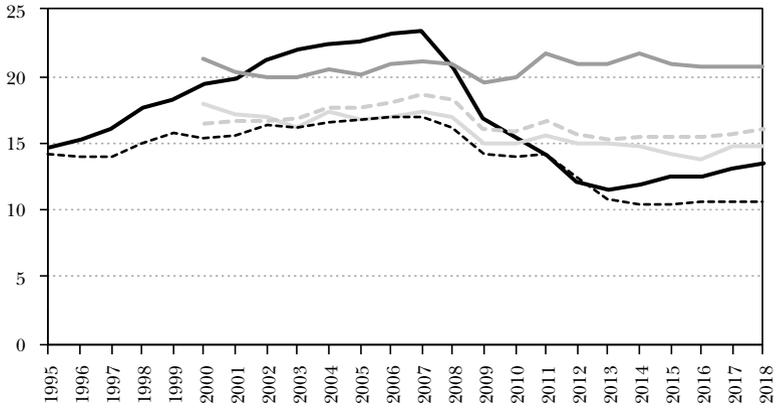
nidos a partir de la extracción nacional de materiales (EN) y los procedentes de las importaciones. Por otra parte, si del *input* directo de materiales se deduce el flujo de materiales destinados a la exportación, resulta la magnitud denominada consumo nacional de materiales (CNM). Relegaremos la discusión de los flujos de importaciones y exportaciones a un apartado específico posterior dentro de este capítulo y centraremos aquí la atención en el IDM, el CNM, y el componente principal de ambas magnitudes que es la EN o extracción doméstica.

El gráfico 3.1 muestra cómo ha ido variando en el transcurso del tiempo el IDM en diversos países europeos, y también para la EU-27 en su conjunto. La influencia del ciclo económico es claramente perceptible, ya que, en general, el volumen de recursos demandado por el sistema socioeconómico de todos estos países crece en los años previos a la crisis económico-financiera, cuyo inicio suele situarse convencionalmente en 2008, mientras que declina y tiende a estabilizarse posteriormente. De este modo, en la mayoría de los casos, las toneladas per cápita que entran como *inputs* en el sistema económico son, por lo general, inferiores en 2018 respecto a las de diez años antes. Una excepción es Alemania, país en el que no se aprecian cambios significativos. Es preciso, sin embargo, hacer notar que la evolución de estas cantidades presenta peculiaridades destacadas en el caso de España, debido a la intensidad de las fluctuaciones que experimenta su IDM per cápita, con niveles de *input* ampliamente superiores a los del resto de países en los primeros años de este siglo y netamente inferiores a los del resto de países, con excepción de Italia, a partir de 2011. El total de toneladas correspondientes al *input* directo de materiales pasó en España de 584 millones en 1995 a 1049 millones en 2007, para retroceder posteriormente a 541 millones en 2013, año en el que se inicia la recuperación económica tras la crisis, y finalmente para alcanzar 629 millones en 2018.

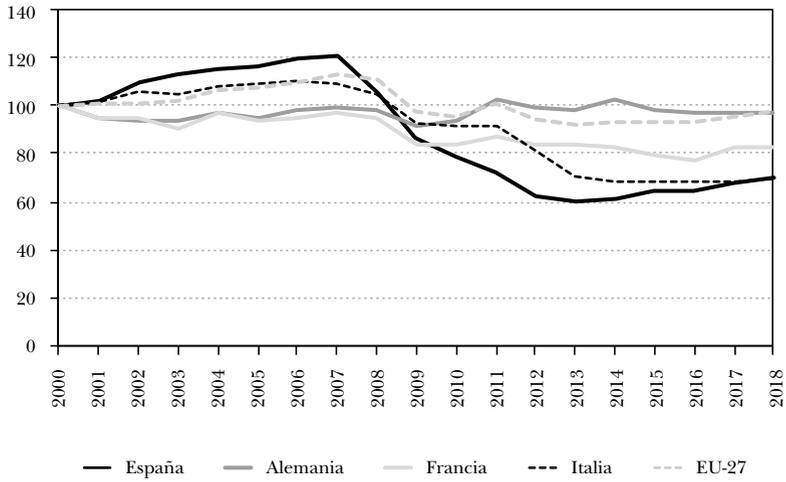
Una parte, la más cuantiosa, del *input* directo de materiales se destina a consumo nacional, y el resto se exporta. Aunque el peso del CNM como proporción del IDM es siempre mayoritario, se observa cierta tendencia a la ganancia de peso relativo de la parte destinada a la exportación, que si bien solo representaba el 12% en 1995, había pasado al 28% en 2013 y al 33% en 2018.

GRÁFICO 3.1: *Input* directo de materiales. Comparación internacional, 1995-2018

a) Toneladas per cápita



b) Toneladas per cápita
(2000 = 100)



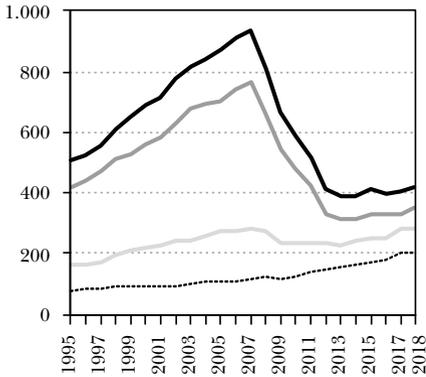
Fuente: Eurostat (2021a, 2021d), INE (2020) y elaboración propia.

Como puede observarse en el gráfico 3.2, el consumo nacional de materiales se expandió fuertemente entre 1995 y 2007, llegando a duplicarse en la práctica, al acercarse en este último año a los 1000 millones de toneladas. Posteriormente se produjo una fuerte reducción, coincidiendo con la gran caída de la actividad económica que acompañó a la crisis económico-financiera, y registrando a partir de 2013 una moderada recuperación, a favor del cambio en sentido alcista de la coyuntura económica. Esta misma tendencia se hace también patente con los datos expresados en toneladas per cápita, aunque con una intensidad algo menor en la etapa anterior a la crisis, dado el importante crecimiento demográfico, debido a la inmigración, que tuvo lugar en dichos años.

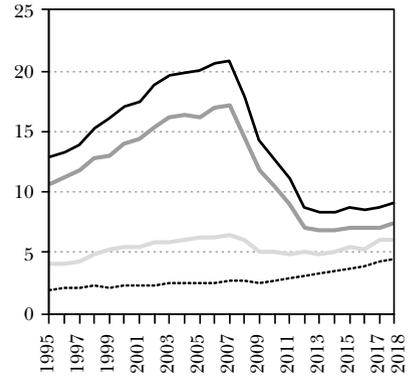
El consumo nacional de materiales representa la cantidad total utilizada en el interior de la economía nacional, pero sus fuentes de origen son diversas. De un lado se encuentra la extracción doméstica, es decir, la que procede del medio natural interior. Su comportamiento es paralelo al del consumo nacional o consumo doméstico, del que constituye el componente más voluminoso. De otro lado figuran las importaciones. La tendencia alcista de estas últimas se modera también con la llegada de la crisis en 2008, pero no experimenta la intensa reducción que padece la extracción doméstica, y recupera con mayor prontitud la tendencia al alza. En cuanto a las exportaciones, mantienen de forma ininterrumpida una tendencia ascendente. La distinta evolución de cada una de estas magnitudes puede observarse con mayor nitidez cuando las series se expresan en forma de números índice (con base 100 en 1995, paneles *b* y *d* del gráfico 3.2). Se observa así la estabilización de la extracción doméstica en los últimos años en niveles inferiores a los del principio del período, y lo mismo ocurre con el consumo nacional de materiales. En cambio, es fácil observar el crecimiento de los flujos vinculados al comercio exterior. Ya se ha indicado que una proporción en ascenso de los recursos totales —extracción doméstica más importaciones— es destinada a la exportación. En paralelo, también las importaciones ven crecer su peso como fuente de abastecimiento del consumo interno de materiales. Su peso relativo en proporción del IDM pasa del 28% en 1995 al 42% en 2013 y al 44% en 2018. Tanto en este caso como en el de las exportaciones, este aumento del peso relativo

GRÁFICO 3.2: Consumo nacional de materiales y sus componentes (extracción doméstica, importaciones y exportaciones de materiales). España, 1995-2018

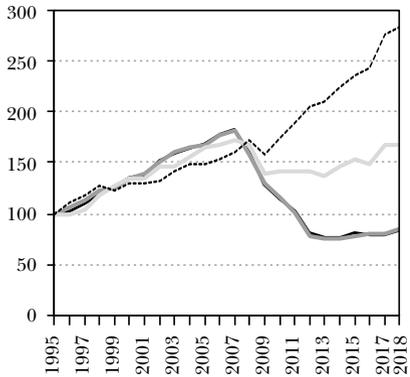
a) Millones de toneladas



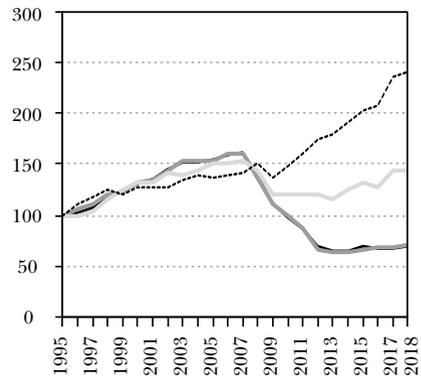
b) Toneladas
(1995 = 100)



c) Toneladas per cápita



d) Toneladas per cápita
(1995 = 100)



— Consumo nacional de materiales — Extracción doméstica
— Importaciones - - - Exportaciones

Fuente: Eurostat (2021a, 2021d), INE (2020) y elaboración propia.

se produce a partir del desencadenamiento de la crisis económica, es decir, con posterioridad a 2007. De nuevo, la información aportada cuando los valores se expresan en términos per cápita resulta muy similar.

La evolución de la extracción doméstica, el componente fundamental del consumo doméstico de materiales, muestra algunas diferencias sustanciales en España en relación con las otras tres grandes economías de la zona del euro —Alemania, Francia e Italia—, y también en relación con la EU-14 (la antigua EU-15 menos el Reino Unido). La principal es que los cambios de tendencia son mucho más bruscos en el caso español (gráfico 3.3), lo que refleja la mayor intensidad de las fases alcista y recesiva de la coyuntura económica en España a lo largo de los años analizados en comparación a la de los demás países de Europa Occidental. España comparte, sin embargo, con los países mencionados, el hecho de que a lo largo de los últimos años los niveles de extracción en toneladas per cápita se han situado por debajo de los que prevalecían en 2008.

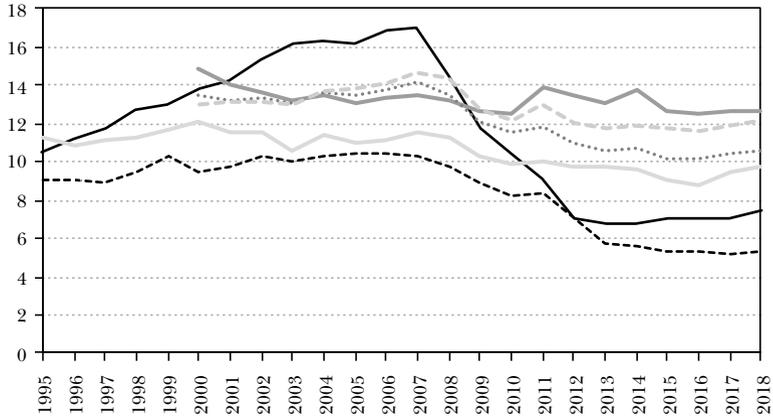
La extracción doméstica (EN), valorada en toneladas, comprende materiales que pueden agruparse en cuatro grandes categorías, desglosables a su vez: biomasa, minerales metálicos, minerales no metálicos y combustibles fósiles. De los 419 millones de toneladas que representaba en 1995 la extracción doméstica de materiales en España, 276 millones correspondían a los minerales no metálicos, 30 a los combustibles fósiles, 10 a minerales metálicos y 103 a la biomasa. En 2007, en vísperas de la profunda recesión económica que marcaría los años siguientes, la extracción había ascendido a 764 millones, para caer posteriormente, en 2018, a menos de la mitad, a 350 millones de toneladas. Los cambios en términos absolutos de esta última magnitud han ido acompañados de importantes modificaciones en su composición (cuadro 3.1).

3.1.2. Análisis de la extracción doméstica por componentes

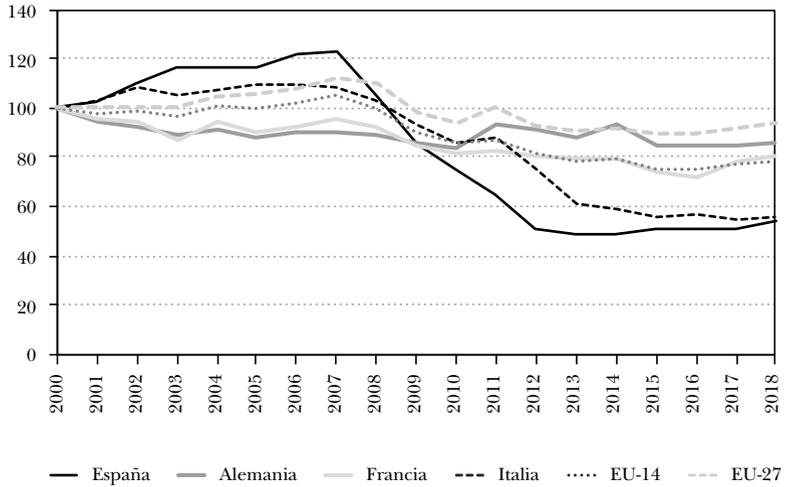
El principal determinante de las fuertes oscilaciones experimentadas por el agregado EN corresponde a los minerales no metálicos, que llegaron a representar en 2007 el 80% del total. Las toneladas extraídas de este grupo de materiales pasaron de 276 millones en

GRÁFICO 3.3: Extracción doméstica (utilizada). Comparación internacional, 1995-2018

a) Toneladas per cápita



b) Toneladas per cápita
(2000 = 100)



Fuente: Eurostat (2021a, 2021d), INE (2020) y elaboración propia.

CUADRO 3.1: Composición de la extracción doméstica según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

a) Miles de toneladas

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	418.742	562.421	763.551	315.912	350.023
1. Biomasa	102.619	136.481	131.018	132.663	137.113
1.1. Cultivos primarios	48.172	71.723	68.211	72.765	75.731
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	41.601	53.849	52.370	48.624	49.625
1.3. Madera	11.615	9.784	9.560	10.065	10.586
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	1.232	1.125	876	1.209	1.170
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	-	-	-	-	-
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	-	-	-	-	-
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	10.498	10.750	1.874	6.041	19.256
2.1. Minerales de hierro	2.029	75	-	-	-
2.2. Minerales metálicos no férreos	8.469	10.674	1.874	6.041	19.256
2.3. Productos principalmente a partir de metales	-	-	-	-	-
3. Minerales no metálicos	276.098	391.305	613.185	172.306	190.987
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	34.175	48.126	75.855	23.752	26.699
3.2. Creta y dolomía	5.396	9.642	22.669	5.552	8.101
3.3. Pizarra	2.326	2.271	1.691	969	1.208
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	7.437	6.096	4.802	3.764	4.779
3.5. Sal	3.685	3.870	4.144	4.976	4.044
3.6. Piedra caliza y yeso	142.716	203.988	305.578	81.802	89.888
3.7. Arcillas y caolín	16.883	24.069	34.216	9.520	11.251
3.8. Arenas y grava	57.257	86.321	150.543	36.096	39.488
3.9. Otros minerales	6.223	6.922	13.687	5.874	5.529
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	-	-	-	-	-
4. Combustibles fósiles	29.527	23.886	17.474	4.902	2.667
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	28.524	23.509	17.296	4.483	2.500
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	1.004	377	178	419	167
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	-	-	-	-	-
5. Otros productos	-	-	-	-	-
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	-	-	-	-

CUADRO 3.1 (cont.): Composición de la extracción doméstica según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

b) Porcentaje sobre el total

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1. Biomasa	24,51	24,27	17,16	41,99	39,17
1.1. Cultivos primarios	11,50	12,75	8,93	23,03	21,64
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	9,93	9,57	6,86	15,39	14,18
1.3. Madera	2,77	1,74	1,25	3,19	3,02
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	0,29	0,20	0,11	0,38	0,33
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	-	-	-	-	-
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	-	-	-	-	-
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	2,51	1,91	0,25	1,91	5,50
2.1. Minerales de hierro	0,48	0,01	-	-	-
2.2. Minerales metálicos no férricos	2,02	1,90	0,25	1,91	5,50
2.3. Productos principalmente a partir de metales	-	-	-	-	-
3. Minerales no metálicos	65,94	69,58	80,31	54,54	54,56
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	8,16	8,56	9,93	7,52	7,63
3.2. Creta y dolomía	1,29	1,71	2,97	1,76	2,31
3.3. Pizarra	0,56	0,40	0,22	0,31	0,35
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	1,78	1,08	0,63	1,19	1,37
3.5. Sal	0,88	0,69	0,54	1,58	1,16
3.6. Piedra caliza y yeso	34,08	36,27	40,02	25,89	25,68
3.7. Arcillas y caolín	4,03	4,28	4,48	3,01	3,21
3.8. Arenas y grava	13,67	15,35	19,72	11,43	11,28
3.9. Otros minerales	1,49	1,23	1,79	1,86	1,58
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	-	-	-	-	-
4. Combustibles fósiles	7,05	4,25	2,29	1,55	0,76
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	6,81	4,18	2,27	1,42	0,71
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	0,24	0,07	0,02	0,13	0,05
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	-	-	-	-	-
5. Otros productos	-	-	-	-	-
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	-	-	-	-

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

1995, a 613 en 2007, y después bajaron a 191 en 2018, y sus elementos de mayor peso cuantitativo fueron la piedra caliza y el yeso, las arenas y gravas, y las piedras de construcción u ornamentales, es decir, bienes intermedios ampliamente usados por la industria de la construcción. Es el auge de esta industria en los años precrisis lo que explica en gran medida la evolución no solo de los minerales no metálicos, sino del conjunto de la extracción doméstica, dado el peso de este componente.

Los cambios en la extracción de combustibles fósiles todavía han sido de mayor intensidad, aunque su volumen es mucho menor que el del grupo que se acaba de mencionar. La decadencia de la extracción de carbón en España, que disminuyó de 28.500 toneladas en 1995 a 2500 en 2018 —incluyendo otros recursos energéticos sólidos—, explica una tendencia que ha implicado que el conjunto del grupo de combustibles fósiles haya pasado de representar el 7% del total en 1995 a solo el 0,8% en 2018. Esta tendencia reciente prolongaba la ya experimentada desde mediados del siglo xx, en que la extracción nacional de carbón iba perdiendo terreno como fuente de energía en el consumo de las familias y en la mayor parte de la industria, así como en el transporte ferroviario y marítimo, a favor de la electricidad y de los gases licuados, y su uso se veía limitado al abastecimiento de las centrales térmicas. El cierre progresivo de estas centrales altamente contaminantes, a lo largo de los últimos años, ha acelerado la caída de la extracción de carbón.

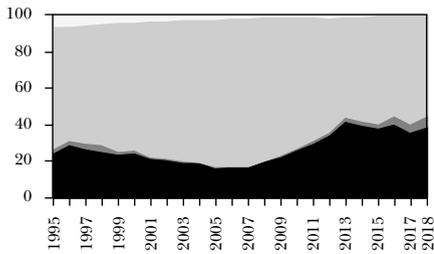
La biomasa es el otro gran exponente de la extracción de materiales. Su volumen global ha mantenido cierta estabilidad, lo que condujo a que perdiera peso a favor de los minerales no metálicos entre 1995 y 2007 y lo recuperara con creces posteriormente. Los 137 millones de toneladas extraídas en 2018 representaban casi el 40% de la extracción doméstica total en dicho año, superando ampliamente el 25% del año 1995. Sus principales componentes son los cultivos primarios, los cultivos forrajeros y la biomasa pastada, y la madera. Los dos primeros crecieron de un modo muy significativo entre 1995 y 2000, y posteriormente han mantenido cierta estabilidad en sus volúmenes de extracción, lo que significa que su peso en la masa global de materiales extraídos es en la actualidad netamente superior al que tenían en 1995. Los cultivos primarios,

que incluyen todo tipo de cultivos arables y árboles frutales, han pasado de representar 48 millones de toneladas en 1995 a 76 millones en 2018, mientras que los residuos de cultivos destinados a un uso posterior, los cultivos forrajeros y la biomasa pastada han pasado en el mismo período de 42 a casi 50 millones de toneladas. Dado que una parte creciente de la producción agrícola que aparece agregada en los denominados *cultivos primarios* corresponde a cereales en grano destinados a la alimentación del ganado, cabe deducir que en la expansión global de la biomasa extraída que ha tenido lugar entre 1995 y 2018, pasando de 103 a 137 millones de toneladas, han jugado un papel importante los cambios que han ocurrido en la dieta de la población española y en la composición de las exportaciones agroalimentarias. Estos cambios han favorecido la producción de carne y de otros productos ganaderos, con las consiguientes alteraciones en la distribución de las superficies cultivadas.

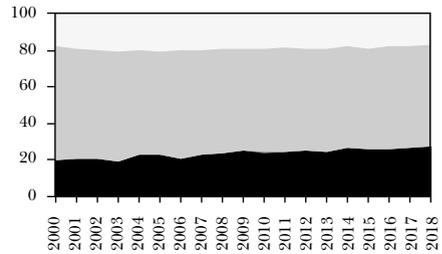
El gráfico 3.4 permite una comparación internacional de los cambios experimentados por la composición de la extracción doméstica entre 1995 y 2018. En general, la extracción de biomasa representa una fracción creciente del total, en forma más acusada en Francia y en España, lo que resulta coherente con el papel de ambos países como grandes exportadores de alimentos. Paralelamente, puede también compararse (gráfico 3.5) el peso en toneladas per cápita de la extracción doméstica de materiales en los años 2000, 2007 y 2018. El hecho de que la extracción en España sea bastante más elevada en 2007 que en el resto de países contemplados obedece casi exclusivamente al fuerte peso en España de la utilización de los minerales no metálicos. Su retroceso, tras el estallido de la burbuja de precios de los activos inmobiliarios a raíz de la crisis, explica que en 2018 la extracción per cápita en España tienda en cambio a situarse en niveles comparativamente bajos. En términos de evolución temporal, se obtiene la misma conclusión cuando se efectúa una comparación internacional para 1995-2018 de las toneladas extraídas per cápita distinguiendo entre los cuatro grandes grupos de materiales.

GRÁFICO 3.4: Composición de la extracción doméstica. Comparación internacional, 1995-2018
(porcentaje sobre el total materiales)

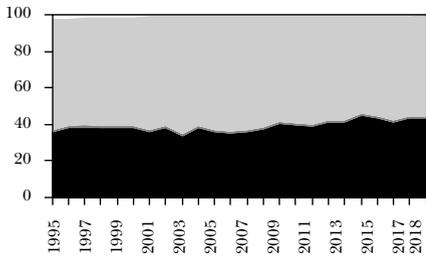
a) España



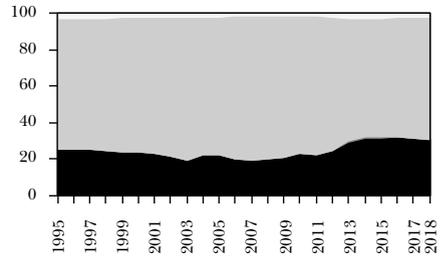
b) Alemania



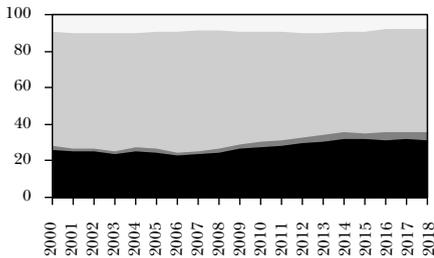
c) Francia



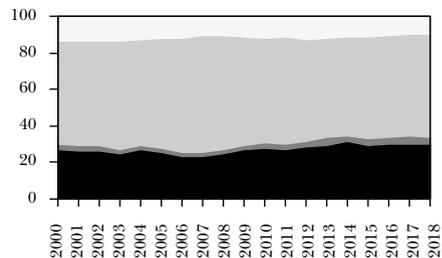
d) Italia



e) EU-14



f) EU-27

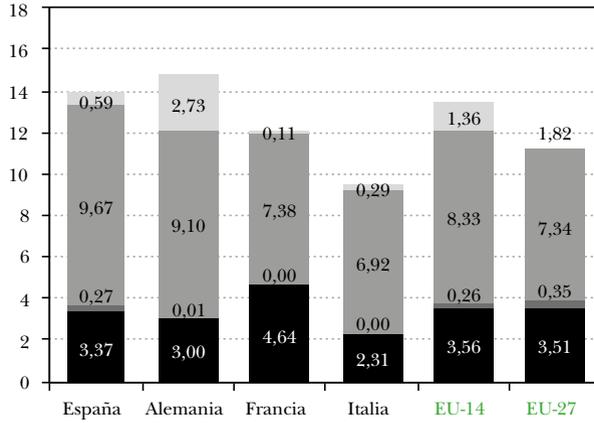


■ Biomasa
■ Minerales no metálicos
■ Minerales metálicos
■ Combustibles fósiles

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

GRÁFICO 3.5: Composición de la extracción doméstica. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2018
(toneladas per cápita)

a) 2000



b) 2007

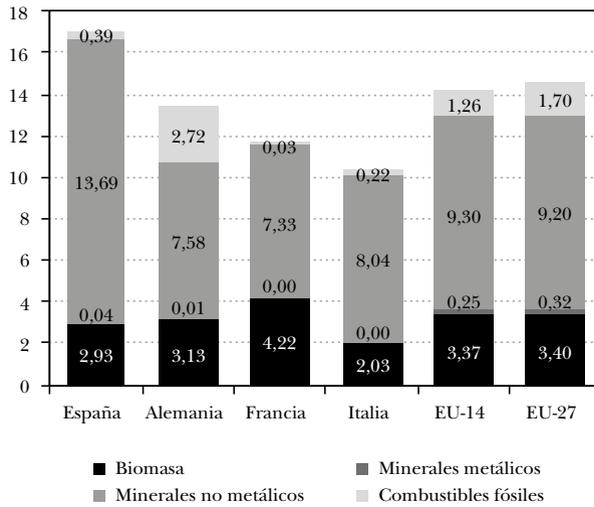
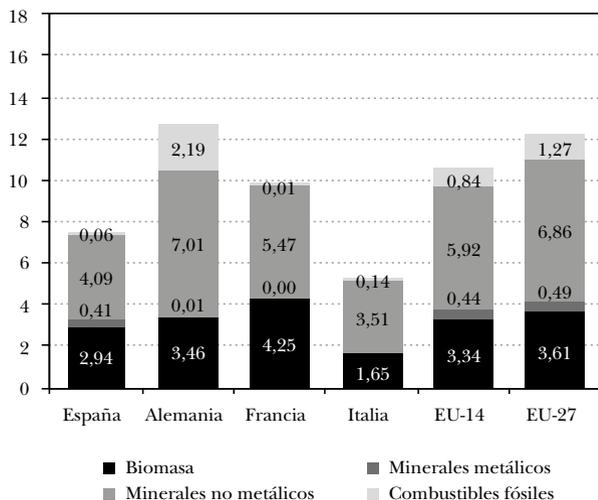


GRÁFICO 3.5 (cont.): Composición de la extracción doméstica. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2018
(toneladas per cápita)

c) 2018



Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

3.2. Los flujos de materiales y el comercio exterior

Es ahora el momento de prestar una atención más detallada a la evolución de los flujos de materiales vinculados al comercio con otros países. Centrando, en primer lugar, la atención en el comportamiento de importaciones y exportaciones entre 1995 y 2018, se observa que ambos flujos siguen una clara tendencia al alza, que permite que en ambos casos se sobrepasen ampliamente en 2018 las cantidades iniciales. Esta dinámica es mucho más intensa en el caso de las exportaciones (gráfico 3.6). De otro lado, las toneladas importadas siempre superan a las exportadas, pero mientras la brecha se amplía entre 1995 y 2007, acorde con las fuertes necesidades de importación derivadas del auge económico en esos años, la evolución es muy distinta a partir de 2007, ya que la distancia entre ambas magnitudes se reduce fuertemente. Más allá del efecto inmediato de la contracción de la actividad en los años que siguieron al desencadenamiento de la crisis económica, este hecho puede también reflejar un cambio es-

CUADRO 3.2: Tasa de variación de las exportaciones per cápita. Comparación internacional, 2000-2018
(porcentaje)

	2000-2008	2008-2012	2012-2018	2000-2018
España	2,07	3,77	5,58	3,61
Alemania	3,63	-0,76	1,57	1,96
Francia	-0,86	-0,20	-0,25	-0,51
Italia	2,46	-0,75	0,11	0,95
EU-27	3,18	3,47	1,58	2,71

Fuente: Eurostat (2021a, 2021d), INE (2020) y elaboración propia.

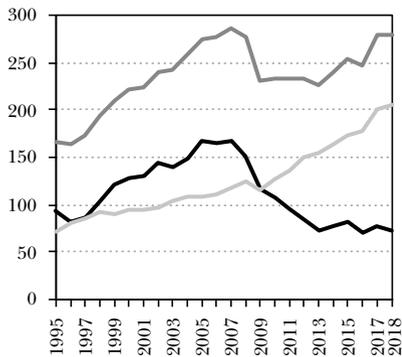
tructural en términos del déficit comercial de la economía española, como han advertido algunos estudios.

El gráfico 3.7 permite una comparación con países de nuestro entorno. Se constata así que el comportamiento de las importaciones españolas, en toneladas per cápita, no difiere sustancialmente en su evolución del de los demás países, con excepción de Alemania, que se sitúa claramente por encima. La elevada capacidad exportadora de este país, principal potencia comercial de la Unión Europea, le lleva a participar activamente en importantes cadenas de valor internacionales, que aportan materias primas e *inputs* intermedios que se incorporan a sus exportaciones. En cambio, las exportaciones españolas, en toneladas per cápita, aceleran su expansión en la última década, y a partir de 2012 se ven solo superadas en volumen por las alemanas, y por ningún país en cuanto a su ritmo de crecimiento (cuadro 3.2). El balance comercial (importaciones menos exportaciones) se mantiene en valores positivos a lo largo del período para las grandes economías de la zona del euro y también para la EU-27, pero, a partir de 2011, el saldo positivo más reducido en términos de toneladas per cápita es el español.⁴

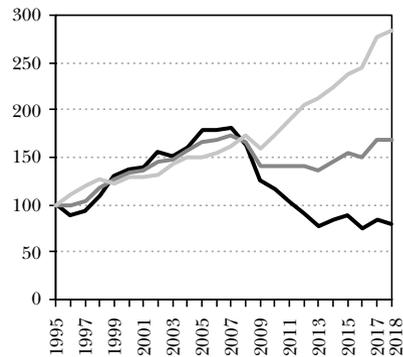
⁴ Es preciso recordar que este balance se expresa aquí en cantidades físicas, y no en términos de valor, y como diferencia entre las importaciones y las exportaciones, y no a la inversa. Dadas las diferencias entre los países citados en cuanto a la composición de sus exportaciones e importaciones, así como su diferente sofisticación tecnológica, calidad y precio, la comparación por países en términos del análisis del flujo de materiales no tiene por qué coincidir con las que convencionalmente puedan establecerse en valores monetarios a partir de la Balanza Comercial.

GRÁFICO 3.6: Balance comercial físico: importaciones y exportaciones de materiales. España, 1995-2018

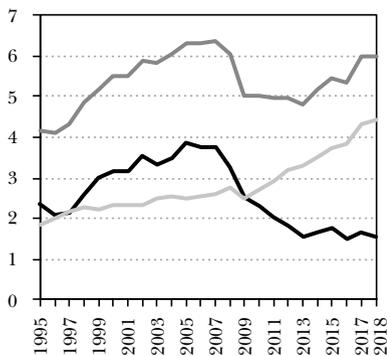
a) Millones de toneladas



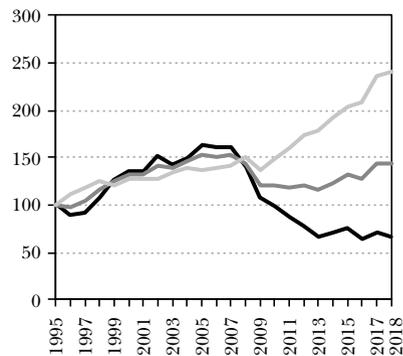
b) Toneladas
(1995 = 100)



c) Toneladas per cápita



d) Toneladas per cápita
(1995 = 100)



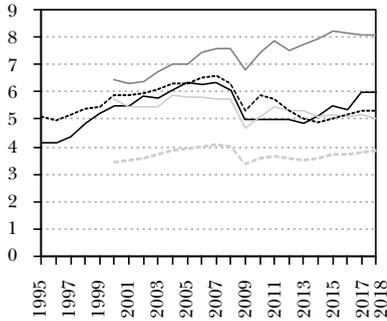
— Balance comercial físico — Importaciones — Exportaciones

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

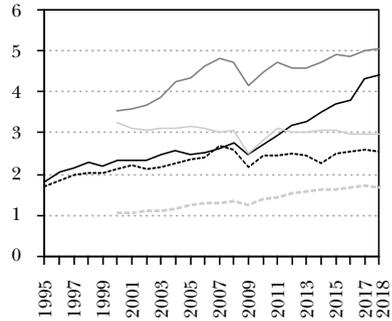
El cuadro 3.3 muestra la composición de las importaciones españolas de materiales en miles de toneladas. Destacan, por su importancia cuantitativa, las de combustibles fósiles, que reflejan la fuerte dependencia energética del exterior por parte de la economía española, expresada principalmente en importaciones de petróleo y de gas natural, y que por sí solas pasan de 70 millones de toneladas en 1995 a casi 112 en 2018. Entre 1995 y 2018, este

GRÁFICO 3.7: Importaciones y exportaciones de materiales. Comparación internacional, 1995-2018**a) Importaciones**

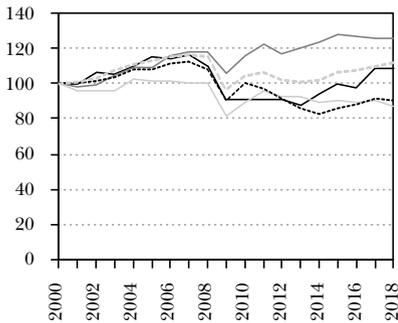
(toneladas per cápita)

**b) Exportaciones**

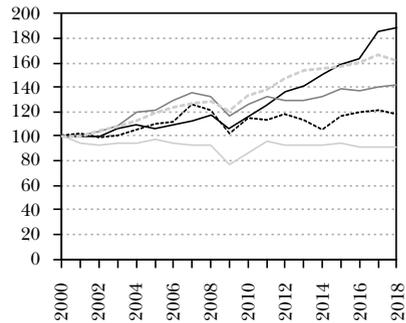
(toneladas per cápita)

**c) Importaciones**

(toneladas per cápita, 2000=100)

**d) Exportaciones**

(toneladas per cápita, 2000=100)



— España — Alemania — Francia --- Italia --- EU-27

Fuente: Eurostat (2021a, 2021d), INE (2020) y elaboración propia.

grupo de productos ha superado siempre el 50% del total de importaciones de materiales, llegando a alcanzar el 56% en 2013. El segundo grupo de productos en términos de peso de las mercancías importadas es el agrupado bajo el epígrafe de biomasa, que pasa de 32 a 56 millones de toneladas. El grueso corresponde a la amplia gama de productos incluidos en la categoría de cultivos primarios, con 30 millones de toneladas en 2018. Figuran aquí los grandes volúmenes de importación de cereales y semillas oleaginosas utilizados para la elaboración de piensos, una parte de los

CUADRO 3.3: Composición de las importaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

a) Miles de toneladas

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	165.313	221.960	285.171	225.501	279.054
1. Biomasa	32.476	37.871	49.209	41.994	56.335
1.1. Cultivos primarios	17.652	16.913	24.112	20.933	30.001
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	193	308	28	21	42
1.3. Madera	3.610	6.662	7.481	3.831	3.295
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	942	1.269	1.614	1.422	1.910
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	1.443	1.883	2.495	2.341	2.456
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	8.636	10.836	13.479	13.446	18.631
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	27.184	37.999	47.422	36.417	49.723
2.1. Minerales de hierro	18.846	24.366	31.704	20.225	24.142
2.2. Minerales metálicos no férreos	4.578	6.523	8.714	8.321	10.538
2.3. Productos principalmente a partir de metales	3.760	7.110	7.004	7.871	15.043
3. Minerales no metálicos	11.161	17.233	28.472	9.497	17.018
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	602	936	1.654	464	644
3.2. Creta y dolomía	24	13	18	23	60
3.3. Pizarra	0	3	31	4	8
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	4.395	5.310	3.749	3.385	5.226
3.5. Sal	21	47	38	46	140
3.6. Piedra caliza y yeso	30	66	68	9	18
3.7. Arcillas y caolín	740	1.223	2.380	1.470	3.385
3.8. Arenas y grava	704	1.428	1.656	660	690
3.9. Otros minerales	882	1.852	2.568	1.578	3.528
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	3.763	6.355	16.311	1.858	3.320
4. Combustibles fósiles	90.130	121.630	149.853	127.291	140.638
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	14.089	21.917	24.700	13.806	16.152
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	70.067	91.975	115.348	104.479	111.786
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	5.974	7.738	9.806	9.005	12.700
5. Otros productos	4.362	7.227	10.202	10.257	15.329
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	0	12	44	11

CUADRO 3.3 (cont.): Composición de las importaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

b) Porcentaje sobre el total

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1. Biomasa	19,64	17,06	17,26	18,62	20,19
1.1. Cultivos primarios	10,68	7,62	8,46	9,28	10,75
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	0,12	0,14	0,01	0,01	0,01
1.3. Madera	2,18	3,00	2,62	1,70	1,18
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	0,57	0,57	0,57	0,63	0,68
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	0,87	0,85	0,87	1,04	0,88
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	5,22	4,88	4,73	5,96	6,68
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	16,44	17,12	16,63	16,15	17,82
2.1. Minerales de hierro	11,40	10,98	11,12	8,97	8,65
2.2. Minerales metálicos no férreos	2,77	2,94	3,06	3,69	3,78
2.3. Productos principalmente a partir de metales	2,27	3,20	2,46	3,49	5,39
3. Minerales no metálicos	6,75	7,76	9,98	4,21	6,10
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	0,36	0,42	0,58	0,21	0,23
3.2. Creta y dolomía	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
3.3. Pizarra	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	2,66	2,39	1,31	1,50	1,87
3.5. Sal	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05
3.6. Piedra caliza y yeso	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01
3.7. Arcillas y caolín	0,45	0,55	0,83	0,65	1,21
3.8. Arenas y grava	0,43	0,64	0,58	0,29	0,25
3.9. Otros minerales	0,53	0,83	0,90	0,70	1,26
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	2,28	2,86	5,72	0,82	1,19
4. Combustibles fósiles	54,52	54,80	52,55	56,45	50,40
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	8,52	9,87	8,66	6,12	5,79
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	42,38	41,44	40,45	46,33	40,06
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	3,61	3,49	3,44	3,99	4,55
5. Otros productos	2,64	3,26	3,58	4,55	5,49
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	0,00	0,00	0,02	0,00

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

cuáles abastecen una cabaña ganadera de porcino en expansión y con fuerte orientación exportadora. Los minerales metálicos representan el tercer grupo en orden de importancia por el peso de sus importaciones, entre un 16% y un 18% en los años de referencia, y dentro del mismo destacan las entradas de mineral de hierro.

El grupo de los minerales no metálicos ha venido representando entre un 4% en 2013 y casi un 10% en 2007 del total de importaciones, y su componente más destacado son los minerales empleados para elaborar fertilizantes y otros productos químicos. En cambio, el grueso de los minerales no metálicos destinados a la construcción no procede de las importaciones sino que se obtiene de la extracción interna, dado lo elevado de los costes de transporte de este tipo de materiales en relación con su valor unitario.

Las exportaciones de materiales han venido experimentando un notable incremento a lo largo del último cuarto de siglo. En 1995 ascendían a 72 millones de toneladas, lo que representaba una tasa de cobertura del 44% de las importaciones. En 2007 ascendían ya a 117 millones de toneladas, con una tasa de cobertura que había descendido al 41%, en un año en que se registraba un pico cíclico de actividad económica en España, ampliamente apoyado en un auge del sector inmobiliario. En cambio, en 2018, después de varios años de recuperación económica tras la crisis, con el consiguiente incremento de las importaciones, las exportaciones de materiales alcanzaban los 206 millones de toneladas, cubriendo el 74% de las importaciones. La parte más cuantiosa de estas exportaciones es la aportada por el grupo de combustibles fósiles y por la biomasa (cuadro 3.4).

Las exportaciones de combustibles fósiles han pasado en España de 15 millones de toneladas en 1995 a casi 27 millones en 2007 y 57 millones en 2018. A pesar de la fortísima dependencia de las importaciones de crudos de petróleo y gas natural, ya que la extracción interna de estos recursos es prácticamente testimonial, la eficiencia de las refinerías instaladas en España permite la exportación de un volumen importante de productos petrolíferos. De este modo, viene registrándose de forma continuada un superávit comercial en los productos derivados del petróleo, que corresponde principalmente a las gasolinas y gasóleos. Se producen también exportaciones de gas natural, destinadas principalmente

a Portugal, pero representan una pequeña fracción respecto al elevado volumen de las importaciones.

El segundo gran componente de los flujos de exportación de materiales corresponde a productos relacionados con la biomasa, que también han conocido globalmente una gran expansión, pasando de 16 millones de toneladas exportadas en 1995 a 30 millones en 2007 y 52 millones en 2018. El componente principal son los productos incluidos en la categoría de cultivos primarios, para los que las toneladas exportadas se han duplicado prácticamente entre 1995 y 2018, sin lograr, sin embargo, superar el peso de las importaciones de este tipo de bienes. La tasa de cobertura en esta categoría ha aumentado, desde el 63% al 70% entre ambos años. Conviene tener en cuenta que, en términos de peso, los cereales constituyen el principal componente de las importaciones agroalimentarias españolas, ya que en 2018 representaron casi 17 millones de toneladas sobre un total de 44 millones de toneladas importadas. En cambio, las frutas, legumbres y hortalizas fueron, en términos de peso, con 13,6 millones de toneladas, las principales partidas de la exportación española, seguidas de la carne y los despojos comestibles. El distinto valor unitario de unos y otros productos contribuye a explicar que el déficit en términos de toneladas de peso sea compatible con el importante superávit comercial en valor monetario que registra la balanza comercial agroalimentaria española, en la que las exportaciones alcanzaron en 2018 una tasa de cobertura del 131% sobre las importaciones, según datos oficiales para ese año del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR 2020).

Puede decirse, en resumen, que tanto importaciones como exportaciones han visto crecer su peso sobre el *input* directo de materiales que recibe la economía española, y que, además, las importaciones cubren ya la mayor parte del consumo nacional de materiales. El cuadro 3.5 ofrece datos que permiten constatar esta evolución. También en la Unión Europea se ha observado una tendencia a un peso creciente de las importaciones sobre el *input* directo de materiales, pero con proporciones netamente inferiores a las españolas. El gráfico 3.8 permite comparar la evolución a lo largo del período 1995-2018 del peso de las importaciones de materiales sobre el IDM en varios países europeos, entre ellos, España.

CUADRO 3.4: Composición de las exportaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

a) Miles de toneladas

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	72.615	94.451	116.994	153.390	206.102
1. Biomasa	16.302	22.232	29.756	39.031	52.137
1.1. Cultivos primarios	11.110	13.791	16.535	17.343	21.077
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	61	212	640	1.074	2.556
1.3. Madera	1.080	1.403	2.031	3.931	4.062
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	460	793	930	932	1.256
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	782	1.652	2.405	3.029	4.303
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	2.809	4.381	7.216	12.720	18.883
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	13.662	16.648	22.060	25.618	35.332
2.1. Minerales de hierro	7.440	7.648	9.857	11.291	11.613
2.2. Minerales metálicos no férricos	1.477	1.789	2.360	3.307	4.885
2.3. Productos principalmente a partir de metales	4.745	7.211	9.843	11.020	18.834
3. Minerales no metálicos	20.059	22.693	24.326	31.212	43.292
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	1.473	1.982	2.644	2.751	2.858
3.2. Creta y dolomía	195	313	302	220	649
3.3. Pizarra	10	15	26	15	17
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	1.821	1.208	1.394	2.877	4.413
3.5. Sal	730	860	489	1.441	1.662
3.6. Piedra caliza y yeso	2.865	3.995	3.875	3.793	7.559
3.7. Arcillas y caolín	3.387	5.730	6.739	7.107	9.429
3.8. Arenas y grava	1.124	2.153	2.831	1.049	1.638
3.9. Otros minerales	2.155	2.485	2.089	2.361	2.685
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	6.300	3.951	3.936	9.598	12.381
4. Combustibles fósiles	15.489	22.865	26.834	46.161	57.421
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	9	30	1.058	725	351
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	12.151	17.075	17.817	38.435	47.521
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	3.329	5.759	7.959	7.000	9.549
5. Otros productos	7.103	10.013	14.012	11.366	17.919
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	-	7	3	2

CUADRO 3.4 (cont.): Composición de las exportaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

b) Porcentaje sobre el total

	1995	2000	2007	2013	2018
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1. Biomasa	22,45	23,54	25,43	25,45	25,30
1.1. Cultivos primarios	15,30	14,60	14,13	11,31	10,23
1.2. Residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada	0,08	0,22	0,55	0,70	1,24
1.3. Madera	1,49	1,49	1,74	2,56	1,97
1.4. Captura de peces, plantas/animales acuáticos, caza y recolección	0,63	0,84	0,79	0,61	0,61
1.5. Animales vivos (excepto los que figuran en 1.4) y productos animales	1,08	1,75	2,06	1,97	2,09
1.6. Productos principalmente a partir de biomasa	3,87	4,64	6,17	8,29	9,16
2. Minerales metálicos (mineral en bruto)	18,81	17,63	18,86	16,70	17,14
2.1. Minerales de hierro	10,25	8,10	8,42	7,36	5,63
2.2. Minerales metálicos no férreos	2,03	1,89	2,02	2,16	2,37
2.3. Productos principalmente a partir de metales	6,53	7,63	8,41	7,18	9,14
3. Minerales no metálicos	27,62	24,03	20,79	20,35	21,00
3.1. Piedras de construcción u ornamentales (excl. pizarra)	2,03	2,10	2,26	1,79	1,39
3.2. Creta y dolomía	0,27	0,33	0,26	0,14	0,32
3.3. Pizarra	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
3.4. Minerales para fertilizantes y químicos	2,51	1,28	1,19	1,88	2,14
3.5. Sal	1,01	0,91	0,42	0,94	0,81
3.6. Piedra caliza y yeso	3,95	4,23	3,31	2,47	3,67
3.7. Arcillas y caolín	4,66	6,07	5,76	4,63	4,57
3.8. Arenas y grava	1,55	2,28	2,42	0,68	0,79
3.9. Otros minerales	2,97	2,63	1,79	1,54	1,30
3.10. Productos principalmente a partir de minerales no metálicos	8,68	4,18	3,36	6,26	6,01
4. Combustibles fósiles	21,33	24,21	22,94	30,09	27,86
4.1. Carbón y otros recursos energéticos sólidos	0,01	0,03	0,90	0,47	0,17
4.2. Recursos energéticos líquidos y gaseosos	16,73	18,08	15,23	25,06	23,06
4.3. Productos principalmente a partir de productos energéticos fósiles	4,58	6,10	6,80	4,56	4,63
5. Otros productos	9,78	10,60	11,98	7,41	8,69
6. Residuos para su tratamiento y eliminación final	-	-	0,01	0,00	0,00

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

CUADRO 3.5: Resumen de indicadores de flujos de materiales. Comparaciones internacionales, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018

a) España. Niveles

Flujo	Unidad	1995	2000	2007	2013	2018
<i>Input</i> directo de materiales (IDM)	Miles de toneladas	584.055	784.380	1.048.722	541.412	629.077
Extracción doméstica	Miles de toneladas	418.742	562.421	763.551	315.912	350.023
Importaciones	Miles de toneladas	165.313	221.960	285.171	225.501	279.054
Exportaciones	Miles de toneladas	72.615	94.451	116.994	153.390	206.102
Balance comercial físico (M-X)	Miles de toneladas	92.698	127.509	168.177	72.110	72.952
Consumo nacional de materiales (CNM)	Miles de toneladas	511.440	689.929	931.728	388.022	422.975
<i>Output</i> nacional procesado	Miles de toneladas	-	368.711	431.045	320.301	330.072

b) España. Porcentajes sobre IDM y CNM

Flujo	Unidad	1995	2000	2007	2013	2018
<i>Input</i> directo de materiales (IDM)	% sobre IDM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Extracción doméstica	% sobre IDM	71,70	71,70	72,81	58,35	55,64
Importaciones	% sobre IDM	28,30	28,30	27,19	41,65	44,36
Exportaciones	% sobre IDM	12,43	12,04	11,16	28,33	32,76
Consumo nacional de materiales (CNM)	% sobre IDM	87,57	87,96	88,84	71,67	67,24
Consumo nacional de materiales (CNM)	% sobre CNM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Output</i> nacional procesado	% sobre CNM	-	53,44	46,26	82,55	78,04
Balance comercial físico (M-X)	% sobre CNM	18,12	18,48	18,05	18,58	17,25
Importaciones	% sobre CNM	32,32	32,17	30,61	58,12	65,97

**CUADRO 3.5 (cont.): Resumen de indicadores de flujos de materiales.
Comparaciones internacionales, 1995, 2000, 2007, 2013 y
2018**

c) EU-27. Niveles

Flujo	Unidad	1995	2000	2007	2013	2018
<i>Input</i> directo de materiales (IDM)	Miles de toneladas	-	7.063.116	8.160.809	6.733.988	7.189.045
Extracción doméstica	Miles de toneladas	-	5.579.435	6.391.418	5.183.311	5.455.414
Importaciones	Miles de toneladas	-	1.483.680	1.769.391	1.550.677	1.733.631
Exportaciones	Miles de toneladas	-	442.420	569.602	700.236	744.979
Balance comercial físico (M-X)	Miles de toneladas	-	1.041.260	1.199.789	850.441	988.652
Consumo nacional de materiales (CNM)	Miles de toneladas	-	6.620.695	7.591.207	6.033.752	6.444.066
<i>Output</i> nacional procesado	Miles de toneladas	-	4.398.265	4.630.386	4.150.386	4.128.669

d) EU-27. Porcentajes sobre IDM y CNM

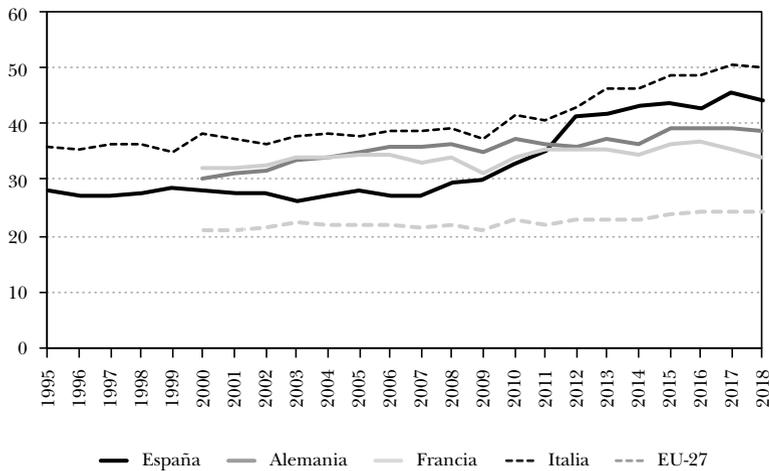
Flujo	Unidad	1995	2000	2007	2013	2018
<i>Input</i> directo de materiales (IDM)	% sobre IDM	-	100,00	100,00	100,00	100,00
Extracción doméstica	% sobre IDM	-	78,99	78,32	76,97	75,89
Importaciones	% sobre IDM	-	21,01	21,68	23,03	24,11
Exportaciones	% sobre IDM	-	6,26	6,98	10,40	10,36
Consumo nacional de materiales (CNM)	% sobre IDM	-	93,74	93,02	89,60	89,64
Consumo nacional de materiales (CNM)	% sobre CNM	-	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Output</i> nacional procesado	% sobre CNM	-	66,43	61,00	68,79	64,07
Balance comercial físico (M-X)	% sobre CNM	-	15,73	15,80	14,09	15,34
Importaciones	% sobre CNM	-	22,41	23,31	25,70	26,90

Nota: El último año para el *output* nacional procesado es 2016.

Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

GRÁFICO 3.8: Evolución del peso de las importaciones de materiales sobre el *input* directo de materiales. Comparación internacional, 1995-2018

(porcentaje)



Fuente: Eurostat (2021a), INE (2020) y elaboración propia.

3.3. La perspectiva desde el lado de los *outputs*

Los recursos extraídos del medio natural nacional, sumados a los que proceden de la importación, se distribuyen entre distintos destinos. El principal de ellos es el de ser empleados para contribuir al incremento en términos netos del *stock* global de recursos del país, lo que representa el crecimiento en términos físicos de la economía. Aquí quedaría incluida la alimentación de la población humana y del ganado vivo, y el aumento de los *stocks* de bienes duraderos de consumo, así como del *stock* de bienes de capital, que a su vez podía desglosarse en capital inmobiliario destinado a usos residenciales y de otro tipo y capital de carácter productivo como la maquinaria, medios de transporte, infraestructuras, y plantaciones de cultivos permanentes. Las cuentas de flujos de materiales solo hacen referencia, sin embargo, a los *stocks* de bienes físicos formados por los bienes de consumo duradero y los activos de capital. El cuadro 3.6 da una idea de la expansión física alcanzada por la economía española en algunas de sus dimensiones

CUADRO 3.6: Síntesis de indicadores de dimensión. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018
(1995=100)

	1995	2000	2007	2013	2018
Población	100,00	102,10	112,98	117,88	117,71
Empleo	100,00	120,55	152,78	128,46	142,99
Stock real de capital público	100,00	114,00	148,43	164,83	155,74
Stock real de capital privado residencial	100,00	126,14	174,32	193,12	206,06
Stock real de capital productivo privado	100,00	125,90	174,11	196,69	209,36
Cabaña ganadera vacuna	100,00	112,77	119,47	105,26	118,12
Cabaña ganadera porcina	100,00	121,95	143,49	140,37	169,60
Superficie de olivar	100,00	108,19	111,08	112,74	115,98
Superficie de árboles frutales	100,00	103,38	94,68	94,35	104,29
Superficie de viñedo	100,00	99,86	94,52	79,10	78,43

Nota: Para stock real de capital público, stock real de capital privado residencial, stock real de capital productivo privado y superficie de árboles frutales el último año disponible es 2017.

Fuente: Eurostat (2021d), Fundación BBVA e Ivie (2020), MAPA (Anuario de Estadística) y elaboración propia.

fundamentales entre 1995 y 2018. Para ello, hemos ido más allá de lo que en sentido estricto forma parte de los *stocks* habitualmente considerados en el AFM, ya que, por ejemplo, el volumen de empleo o las superficies cultivadas —como superficies de árboles frutales, entre otros— no son objeto de consideración dentro de dichos *stocks* siguiendo la metodología estándar del AFM. Al respecto conviene recordar que los flujos de extracción de recursos naturales necesarios para el desarrollo de los cultivos agrícolas se consideran en el AFM como transacciones internas al sistema natural, por lo que los cultivos en sí mismos no se sitúan en el interior del sistema económico, al contrario de lo que ocurre en el marco de la contabilidad nacional. Nos ha parecido, sin embargo, que era interesante ofrecer una imagen relativamente amplia del aumento de la dimensión física de la economía española en el último cuarto de siglo, aunque ello implicara desbordar puntualmente los límites del AFM. Puede observarse que es el indicador correspondiente al *stock* de capital privado definido en términos reales el que registra una mayor expansión, más que duplicando en 2018 los niveles alcanzados en 1995.

Un segundo destino es la exportación, a la que ya se ha hecho referencia en el apartado anterior. Finalmente un tercer destino, de profundas implicaciones desde el punto de vista ambiental, es el formado por el *output* nacional procesado (ONP), que recoge todos aquellos materiales que son devueltos al medio natural en diversas formas: como emisiones líquidas y gaseosas a la atmósfera, al suelo o a las aguas, en forma de residuos depositados en los vertederos, como materiales disipados en el medio en forma voluntaria —fertilizantes, etc.—, y, también, como materiales disipados en forma involuntaria, tales como los residuos producidos por la abrasión de los neumáticos y de los frenos de los vehículos a motor. Será el ONP lo que centrará los comentarios de este apartado.

Cabe señalar, en primer lugar, que el perfil de evolución temporal del ONP es similar al que se observa para otras grandes magnitudes del flujo de materiales en España: expansión en el período precrisis, retroceso durante los años de la crisis y recuperación posterior. De este modo, se pasa de 369 millones de toneladas en 2000 a 431 millones en 2007, un incremento del 17% en siete años, para bajar posteriormente a 320 millones en 2013 y situarse en 330 millones en 2016 (cuadro 3.7). Valorar si esto es mucho o poco requiere expresar los datos en términos per cápita para poder compararlos con los de otros países de nuestro entorno (gráficos 3.9 y 3.10). De este modo, se comprueba que las toneladas por habitante que retornan al medio natural en España se sitúan en la franja baja en una comparación con los países de la EU-14, siendo similares a las de Francia e Italia, y netamente inferiores a las de Alemania. También en este caso, como en otras magnitudes del AFM antes comentadas, el perfil de la evolución temporal muestra una oscilación más pronunciada en el caso de España, con un alza más intensa en el período precrisis y un descenso más pronunciado después, que en otros países de nuestro entorno.

La evolución del ONP está marcada por el enorme peso de su componente más destacado en términos cuantitativos, que son las emisiones atmosféricas, y, dentro de ellas, por las emisiones de dióxido de carbono, que representan por sí solas el 91% del total del ONP. Frente a este componente, las cantidades correspondientes a otras categorías quedan disminuidas, aunque sus

impactos ambientales sean relevantes, por lo que la presentación en forma agregada de las emisiones atmosféricas no es adecuada para captar plenamente sus efectos sobre el medio ambiente. Así, por ejemplo, para masas equivalentes, el potencial de contribución al calentamiento global del dióxido de carbono es netamente inferior al de algunos otros gases de efecto invernadero, como el metano o los óxidos nitrosos, especialmente cuando se calcula para períodos de permanencia en la atmósfera inferiores a los 200 años. En concreto, y en un horizonte temporal de 20 años, el potencial de calentamiento global del metano (CH_4) es equivalente a 72 veces el del CO_2 y el del óxido nitroso (N_2O) a 289 veces (IPCC 2007). Sin embargo, estos últimos gases aparecen en la atmósfera en concentraciones mucho menores que las del dióxido de carbono, por lo que la atención se ha centrado principalmente en el riesgo que entraña el crecimiento de las emisiones antrópicas de este gas. Otra limitación importante es que no se ofrece información a nivel nacional en las cuentas de Eurostat en cuanto a los residuos depositados en los vertederos, aunque sí figuran aparte como partida *promemoria*. Los vertidos a las aguas representan alrededor del 0,25% del ONP, la disipación de productos, entre un 5 y un 7% según los años, y las pérdidas disipadas de materiales apenas alcanzan el 0,01% del total.

En relación con la disipación de los productos, es necesario señalar que en bastantes casos no debe asimilarse a un impacto ambiental directo. Cuando se trata, por ejemplo, de fertilizantes, los impactos ambientales nocivos solo tienen lugar cuando las dosis aplicadas desbordan la capacidad de absorción de los cultivos y acaban contaminando las masas de agua o dando lugar a emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de abonos nitrogenados. De nuevo, se constata aquí que la consideración de los recursos biológicos cultivados —explotaciones agrícolas o forestales— como elementos al margen del sistema económico da lugar a dificultades interpretativas. Si el AFM integrara los sistemas de cultivo en el sistema económico, los flujos entre el medio natural y el económico reflejarían de una forma más adecuada los impactos ambientales finales derivados de la disipación de productos.

CUADRO 3.7: Composición del *output* nacional procesado según tipo de emisiones y residuos. España, 2000, 2007, 2013 y 2016

a) Miles de toneladas

	2000	2007	2013	2016
TOTAL	368.710,5	431.044,5	320.301,1	330.072,3
1. Emisiones a la atmósfera	343.659,1	405.407,0	297.237,5	305.992,1
1.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	336.652,4	398.919,7	292.535,9	301.244,5
1.2. Metano (CH ₄)	1.520,8	1.652,3	1.537,5	1.578,9
1.3. Óxido de dinitrógeno (N ₂ O)	23,4	19,9	15,8	16,7
1.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)	1.390,4	1.426,3	853,8	835,3
1.5. Hidrofluorocarbonos (HFC)	0	0	0	0
1.6. Perfluorocarbonos (PFC)	0	0	0	0
1.7. Hexafluoruro de azufre	0	0	0	0
1.8. Monóxido de carbono (CO)	2.063,1	1.624,6	1.328,0	1.319,4
1.9. Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	407,4	367,6	333,2	342,8
1.10. Dióxido de azufre (SO ₂)	1.136,5	906,8	236,6	233,5
1.11. Amoníaco (NH ₃)	234,5	268,4	228,6	254,2
1.12. Metales pesados	0,5	0,2	0,1	0,1
1.13. Compuestos orgánicos persistentes (POP)	2,4	0,4	0,3	0,3
1.14. Partículas (PM ₁₀ , polvo,...)	227,7	220,7	167,6	166,5
1.15. Otras emisiones al aire	0	0	0	0
2. Residuos en vertederos	0	0	0	0
3. Vertidos a las aguas	861,0	879,8	813,1	866,9
3.1. Nitrógeno (N)	27,4	27,4	50,5	51,2
3.2. Fósforo (P)	3,8	3,8	5,1	4,7
3.3. Metales pesados	0,1	0,1	0,2	0,2
3.4. Otras sustancias y materiales orgánicos	829,8	848,6	757,4	810,8
3.5. Vertidos de materiales al mar	0	0	0	0
4. Disipación de productos	24.164,0	24.724,2	22.224,1	23.184,6
4.1. Fertilizantes orgánicos (estiércol)	15.765,4	16.122,5	14.389,8	15.406,1
4.2. Fertilizante mineral	4.303,7	3.418,7	3.238,8	3.284,2
4.3. Lodos de aguas residuales	630,3	864,2	892,1	892,1
4.4. Compost	1.553,0	2.249,0	1.803,5	1.675,0
4.5. Pesticidas	73,1	73,1	71,5	76,9
4.6. Semillas	1.419,7	1.603,3	1.568,7	1.568,7
4.7. Sal y otros materiales esparcidos para deshelar carreteras	0	0	0	0
4.8. Disolventes y otros	418,8	393,3	259,8	281,6
5. Pérdidas disipadas de materiales	26,3	33,6	26,3	28,7
<i>Pro memoria:</i>				
Residuos en vertederos controlados	99.165,2	79.674,0	46.950,7	44.070,9

CUADRO 3.7 (cont.): Composición del *output* nacional procesado según tipo de emisiones y residuos. España, 2000, 2007, 2013 y 2016

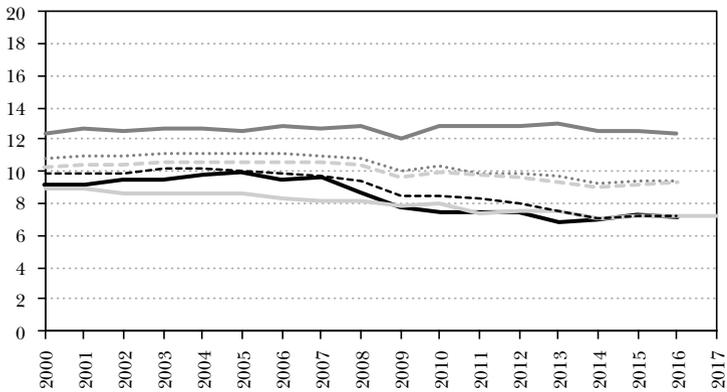
b) Porcentaje sobre el total

	2000	2007	2013	2016
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
1. Emisiones a la atmósfera	93,21	94,05	92,80	92,70
1.1. Dióxido de carbono (CO ₂)	91,31	92,55	91,33	91,27
1.2. Metano (CH ₄)	0,41	0,38	0,48	0,48
1.3. Óxido de dinitrógeno (N ₂ O)	0,01	0,00	0,00	0,01
1.4. Óxidos de nitrógeno (NOx)	0,38	0,33	0,27	0,25
1.5. Hidrofluorocarbonos (HFC)	0,00	0,00	0,00	0,00
1.6. Perfluorocarbonos (PFC)	0,00	0,00	0,00	0,00
1.7. Hexafluoruro de azufre	0,00	0,00	0,00	0,00
1.8. Monóxido de carbono (CO)	0,56	0,38	0,41	0,40
1.9. Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	0,11	0,09	0,10	0,10
1.10. Dióxido de azufre (SO ₂)	0,31	0,21	0,07	0,07
1.11. Amoníaco (NH ₃)	0,06	0,06	0,07	0,08
1.12. Metales pesados	0,00	0,00	0,00	0,00
1.13. Compuestos orgánicos persistentes (POP)	0,00	0,00	0,00	0,00
1.14. Partículas (PM ₁₀ , polvo, ...)	0,06	0,05	0,05	0,05
1.15. Otras emisiones al aire	0,00	0,00	0,00	0,00
2. Residuos en vertederos	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Vertidos a las aguas	0,23	0,20	0,25	0,26
3.1. Nitrógeno (N)	0,01	0,01	0,02	0,02
3.2. Fósforo (P)	0,00	0,00	0,00	0,00
3.3. Metales pesados	0,00	0,00	0,00	0,00
3.4. Otras sustancias y materiales orgánicos	0,23	0,20	0,24	0,25
3.5. Vertidos de materiales al mar	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Disipación de productos	6,55	5,74	6,94	7,02
4.1. Fertilizantes orgánicos (estiércol)	4,28	3,74	4,49	4,67
4.2. Fertilizante mineral	1,17	0,79	1,01	0,99
4.3. Lodos de aguas residuales	0,17	0,20	0,28	0,27
4.4. Compost	0,42	0,52	0,56	0,51
4.5. Pesticidas	0,02	0,02	0,02	0,02
4.6. Semillas	0,39	0,37	0,49	0,48
4.7. Sal y otros materiales esparcidos para deshelar carreteras	0,00	0,00	0,00	0,00
4.8. Disolventes y otros	0,11	0,09	0,08	0,09
5. Pérdidas disipadas de materiales	0,01	0,01	0,01	0,01

Fuente: Eurostat (2021a) y elaboración propia.

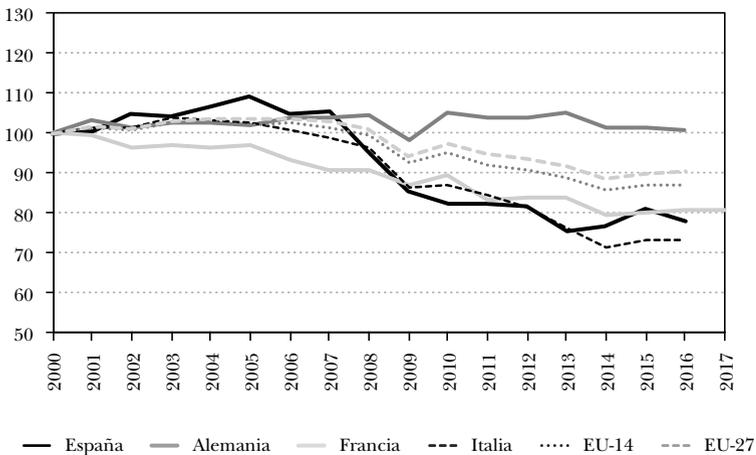
GRÁFICO 3.9: Output nacional procesado. Comparación internacional, 2000-2017

a) Toneladas per cápita



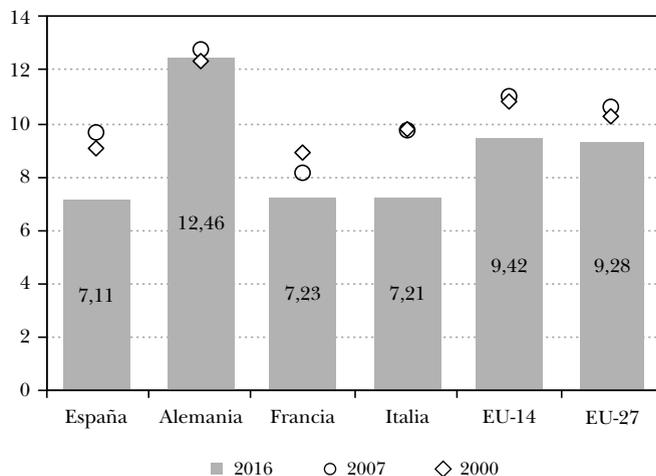
b) Toneladas per cápita

(2000 = 100)



Fuente: Eurostat (2021a, 2021d) y elaboración propia.

GRÁFICO 3.10: *Output nacional procesado. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2016*
(toneladas per cápita)



Fuente: Eurostat (2021a, 2021d) y elaboración propia.

Centrando ahora la atención en las emisiones a la atmósfera, las cifras muestran una elevación, seguida de descenso y estabilización posterior, con cierta tendencia al alza, del dióxido de carbono, e indican, asimismo, una sustancial estabilidad de las emisiones de gas metano, y una disminución significativa de las emisiones de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y dióxido de azufre. Las emisiones de óxido de dinitrógeno (óxido nítrico), partículas, metales pesados y diversos compuestos orgánicos, también vienen reduciéndose con distintos grados de intensidad, y las de amoníaco presentan oscilaciones sin mostrar una tendencia definida en el período de referencia.

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en España estimadas para el año 2018 fueron de 334 millones de toneladas de CO₂ equivalente, lo que representa un incremento del 15,5% respecto al año base 1990 y una reducción del 24,6% respecto al año 2005. En 2018 el sector con mayor nivel de emisiones fue el transporte (27,0%), seguido de las actividades industriales (19,9%), la generación de electricidad (17,8%) y la agricultura

(11,9%). Por gases, el dióxido de carbono supuso un 80,7% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, seguido del metano, con casi el 12%, y del óxido nitroso, que representa el 5,5% (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO] 2020a).

Tanto el dióxido de carbono, como el metano y el óxido nitroso son GEI y, por tanto, contribuyen al calentamiento global. La presencia en la atmósfera de dióxido de carbono, que es el GEI más importante en volumen, se incrementa como resultado del uso de combustibles fósiles en las actividades de transporte, y en la producción de energía eléctrica, o directamente por el empleo de este tipo de combustibles en la calefacción de edificios. También resulta de la producción de cal para la fabricación de cemento y de la ejecución de algunos otros procesos industriales. Además de ello, la deforestación libera CO_2 y reduce su absorción por parte de la vegetación. Los óxidos de nitrógeno se producen principalmente en relación con la combustión de combustibles fósiles y de la biomasa, aunque también contribuyen fenómenos naturales, como los rayos y la transformación química del óxido nítrico existente en la atmósfera. Las emisiones de óxidos de nitrógeno tienen que ver a escala local con el tráfico urbano, y también con la agricultura, por la volatilización del nitrógeno que se aplica como abono en los campos de cultivo. Las emisiones de gas metano se vinculan habitualmente a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica que está presente en los vertederos de residuos, y también se relacionan con la fermentación entérica asociada a los procesos digestivos de los animales rumiantes, y a determinadas formas de gestión de los estiércoles del ganado. Puede, asimismo, emitirse metano como consecuencia de fugas en la red de transporte de gas natural, y en las zonas húmedas donde se cultiva arroz. También forman parte de los gases de efecto invernadero las emisiones de carburos hidrofluorados que se emplean en los equipos de aire acondicionado y refrigeración, y en los aerosoles y extintores de incendios, así como las emisiones de carburos perfluorados, debidas básicamente a la producción de aluminio, pero no se dispone de información respecto a estos últimos tipos de emisiones en los datos referentes al flujo de materiales que aquí se manejan.

Además de los gases citados, hay otros que contribuyen también al efecto invernadero, pero a los que no se otorga la misma importancia, bien porque la contribución humana a su liberación a la atmósfera es relativamente menor, o bien porque el período de su permanencia en la atmósfera es mucho más reducido que en el caso de los gases anteriores, por lo que su emisión ejerce una menor influencia a largo plazo sobre el clima. Un ejemplo de ellos es el vapor de agua, sobre cuya presencia atmosférica las actividades humanas tienen escasa influencia, aunque las emisiones de metano contribuyen a generarlo.

La importancia de la reducción de emisiones de todos estos gases tiene que ver con su contribución al calentamiento global, de la que se han hecho eco los sucesivos informes del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), un organismo de las Naciones Unidas que analiza periódicamente la relación entre las emisiones antropogénicas de GEI y las modificaciones del clima. En un reciente informe (IPCC 2018) el panel estimaba que las actividades humanas han causado aproximadamente la elevación en 1,0 °C de calentamiento global en relación con los niveles prevalecientes en la época preindustrial, dentro de un rango de variación situado entre 0,8 °C y 1,2 °C, señalando a la vez que es muy probable que dicha elevación alcance 1,5 °C entre 2030 y 2052 si el calentamiento continúa a la tasa actual. Los modelos climáticos proyectan diferencias importantes en las características del clima entre la situación actual y la representada por un calentamiento de 1,5 °C, y entre esta última situación y la representada por un calentamiento de 2,0 °C, tanto en términos de incremento de temperaturas en tierra y en los océanos, como en la aparición de fuertes precipitaciones en algunas regiones y sequías en otras.

Las emisiones de GEI no son las únicas relevantes desde el punto de vista ambiental. La contaminación del aire que afecta a la salud está muy relacionada, además de con ciertos procesos industriales, con las emisiones provocadas por vehículos de transporte que consumen combustibles fósiles. Es necesario señalar que, por la distribución de la población en el territorio peninsular, y por la posición geográfica periférica de España respecto a otros países de Europa, la economía española es fuertemente

intensiva en transporte, y, además, el modo predominante es el transporte por carretera. Esto significa que el peso del sector transporte en el consumo de energía de origen fósil y en las emisiones atmosféricas tiende a ser relativamente mayor que en otros países europeos.

Los vehículos emiten por los tubos de escape partículas de carbono elemental o sus compuestos, metales pesados y azufre, así como sustancias cancerígenas, como los derivados del benceno. Además, la abrasión de los neumáticos genera partículas carbonosas y el desgaste de los frenos, residuos de metales pesados. También se producen partículas en suspensión a partir del rozamiento que sufre el asfalto, y por la dispersión en el aire del polvo en las carreteras tras el paso de los vehículos.

Las Normas Euro aprobadas por la Unión Europea han limitado fuertemente las emisiones de gases de escape procedentes de los automóviles que circulan en Europa, y se ha logrado que desde el año 2000 las emisiones de dióxido de nitrógeno de los vehículos de gasolina experimenten una importante reducción, una evolución que, en cambio, no ha sido igualmente favorable en los vehículos diésel, que son más contaminantes y que, además, han ampliado su presencia en el parque de vehículos.

La aparición de normas técnicas tendentes a reducir la contaminación provocada por el transporte por carretera, la electrificación cada vez más avanzada de la red ferroviaria, y los avances tecnológicos en los vehículos han permitido una evolución positiva en cuanto a un conjunto de emisiones del sector del transporte que contaminan la atmósfera y dañan la salud humana. La tendencia registrada entre 1990 y 2006, según la estrategia española de movilidad sostenible, aprobada en 2009 por el Consejo de Ministros, fue de reducción de las emisiones de plomo (-26%) y de compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (-7%), del monóxido de carbono (-6%), de óxidos de azufre (-4%) y de óxidos de nitrógeno (-0,6%). La reducción podría haber sido mayor si los avances tecnológicos conducentes a la reducción de emisiones no hubieran sido en parte neutralizados por el aumento del parque de vehículos y del volumen de tráfico, y por el uso de vehículos más potentes y equipados con motores diésel. Posteriormente, se ha constatado una reducción del 40% en las

emisiones de partículas entre 2007 y 2016, lo que refleja la disminución en el consumo de gasóleo por el ferrocarril, así como la evolución de las normativas y las tecnologías de filtro de partículas en vehículos diésel (Observatorio del Transporte y la Logística en España [OTLE] 2019).

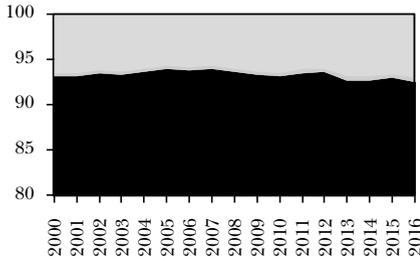
La contaminación procedente de la navegación marítima internacional es un tema serio en España, debido a que el transporte marítimo es una vía muy significativa de importación de mercancías, y también por la importancia creciente que está tomando el turismo de cruceros, principalmente en la costa mediterránea, que opera con grandes buques y genera un gran volumen de emisiones y residuos de todo tipo. Los buques emiten partículas y sustancias acidificantes como dióxido de azufre y óxidos nitrosos. A la emisión de estas sustancias acidificantes también contribuye el tráfico aéreo, cuya aportación a la polución atmosférica, aun siendo todavía reducida en términos absolutos, está creciendo con rapidez.

Puede decirse, en síntesis, que la economía española no ha logrado todavía reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en relación con los niveles correspondientes al período 1990-95, aunque sí respecto al pico alcanzado en el período precrisis. Afortunadamente, la recuperación económica iniciada a finales de 2013 no ha conducido a una recuperación de unos volúmenes de emisión tan elevados como los registrados a principios de siglo. El sector del transporte representa una contribución a esas emisiones y a otras directamente relacionadas con daños a la salud humana que es superior a la que caracteriza a otros países europeos. Cabe detectar una tendencia claramente positiva en cuanto a la reducción de las emisiones por unidad transportada, como consecuencia de la aplicación de nuevas normas que deben cumplir los vehículos, y como resultado también de mejoras tecnológicas en cuanto a los combustibles, motores y tubos de escape, pero esa tendencia se ha visto en parte compensada por una gran expansión de la movilidad.

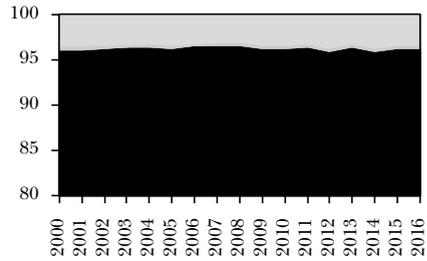
La composición del ONP muestra que la participación de las emisiones atmosféricas en el total es similar a la de otros países europeos, aunque siempre inferior a la que se registra en Alemania, pero que, en cambio, la de la categoría de *disipación y pérdidas* tiende a ser superior (gráfico 3.11). En términos per cápita, las

GRÁFICO 3.11: Composición del *output* nacional procesado. Comparación internacional, 2000-2016
(porcentaje sobre el total)

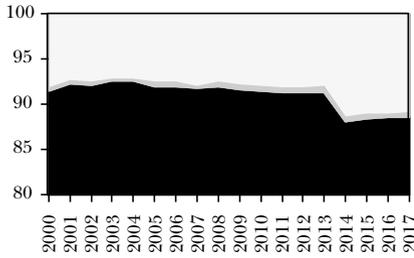
a) España



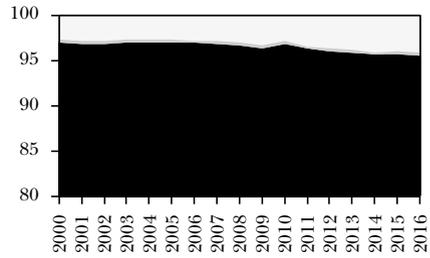
b) Alemania



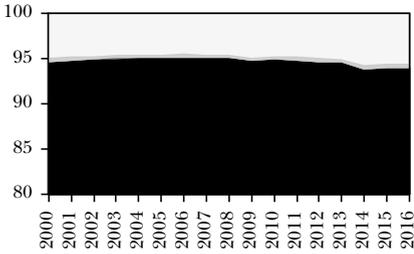
c) Francia



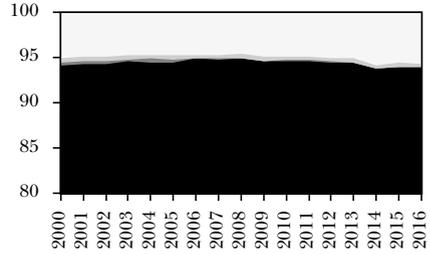
d) Italia



e) EU-14



f) EU-27



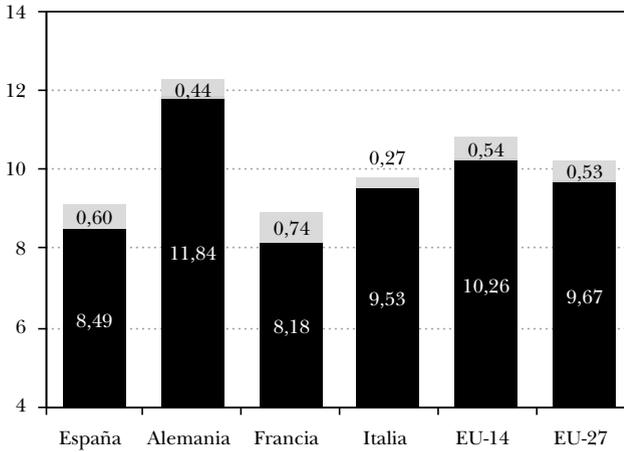
■ Emissiones a la atmósfera ■ Residuos en vertederos
■ Vertidos a las aguas □ Disipación y pérdidas

Fuente: Eurostat (2021a, 2021d) y elaboración propia.

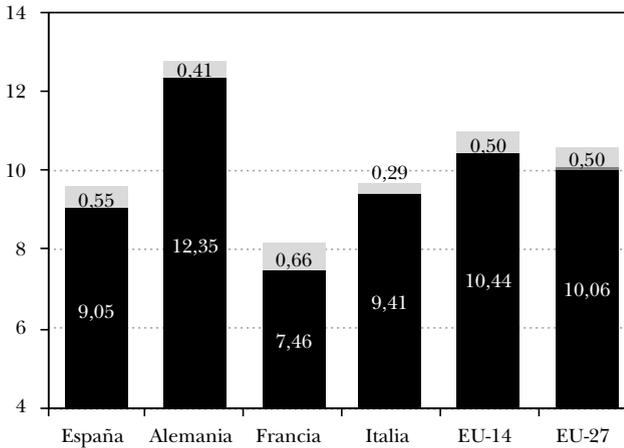
emisiones atmosféricas de España se han ido reduciendo desde 1995 y, en la actualidad, son similares a las de Francia o Italia, y están por debajo de las de los dos agregados de la UE considerados. Las diferencias con Alemania son aún mayores, pues las emisiones de este país casi duplican las españolas. En cuanto a la segunda categoría en importancia, *disipación y pérdidas*, España se sitúa en línea con la media de la EU-14 y EU-17 y también por debajo de Alemania (gráfico 3.12). En cuanto a los residuos en vertederos oficiales, es preciso recordar que no se considera un flujo desde el sistema económico a la naturaleza, sino una actividad interna al propio sistema económico. Aunque ese flujo no se integra, por tanto, en las cuentas oficiales de flujos de materiales que ofrece Eurostat, esta oficina estadística sí que ofrece información al respecto con carácter complementario. De acuerdo con ella, se observa que España dirigía a los vertederos hasta 2008 un volumen de residuos medido en toneladas per cápita que era netamente superior al de Alemania, Francia e Italia (gráfico 3.13). En el año 2000 se vertían en España aproximadamente 2,5 toneladas por habitante, frente a 1,5 toneladas para la EU-14. Dado que los residuos destinados a vertederos representan un nivel muy bajo en la jerarquía de políticas orientadas a gestionar los flujos de recursos materiales entre la economía y el medio natural, la posición española en aquellos momentos presentaba importantes carencias en este aspecto. Posteriormente, la evolución ha sido más positiva, con tendencia a la baja y estabilización posterior, de tal modo que en 2016 los datos españoles eran similares a la media de la EU-14, aunque seguían siendo peores que los de Alemania, Francia e Italia. Todavía en la actualidad, se estima que más del 50% de los residuos urbanos en España —53% en 2017— van a parar a vertederos. Las alternativas que permitirían reducir esos vertidos, y que se utilizan más ampliamente en otros países europeos, implican el reciclaje, la reutilización de materia orgánica en forma de compost y la denominada *valorización energética* que consiste en la incineración de residuos para la obtención de energía utilizada para fines industriales o domésticos. En España tan solo el 13% de los residuos se emplean para obtener energía, y un 33% se destinan a reutilización en forma de compost y reciclaje (Ministerio para la Transición Ecológica 2019). Hacer un uso tan intenso de los

GRÁFICO 3.12: Composición del *output* nacional procesado. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2016
(toneladas per cápita)

a) 2000



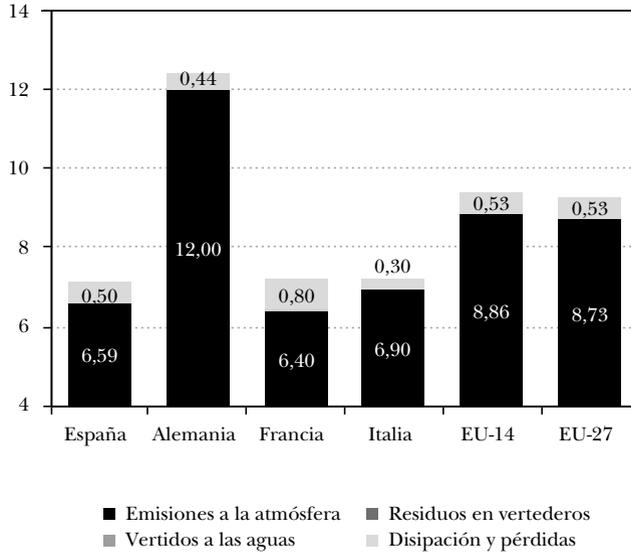
b) 2007



Emissiones a la atmósfera
 Residuos en vertederos
 Vertidos a las aguas
 Disipación y pérdidas

**GRÁFICO 3.12 (cont.): Composición del *output* nacional procesado.
Comparación internacional, 2000, 2007 y 2016
(toneladas per cápita)**

c) 2016



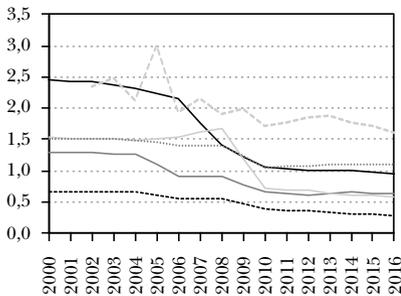
Fuente: Eurostat (2021a, 2021d) y elaboración propia.

vertederos entraña riesgos ambientales importantes, como la posible contaminación del suelo por lixiviación, los malos olores y la degradación del paisaje, un mayor riesgo de incendios, aparición de problemas sanitarios, y emisión de gases, como el metano, que se producen a partir de la descomposición de la materia orgánica, lo que puede ocasionar también la inestabilidad del suelo donde se asientan los vertidos.

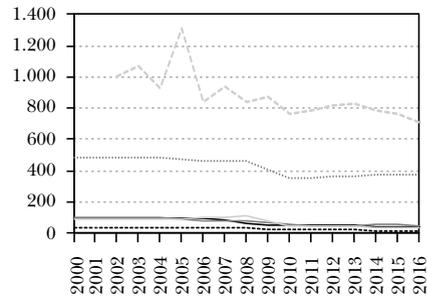
Los vertidos a las aguas se han mantenido en valores estables entre 2000 y 2016, en torno a 0,8 millones de toneladas anuales. Destacan los vertidos de *otras sustancias* y *materiales orgánicos*, que en peso representan la casi totalidad de los vertidos. Estas materias orgánicas absorben el oxígeno disuelto en el agua, mermando su calidad y afectando negativamente a la vida acuática. Los vertidos de nitrógeno y fósforo, aunque cuantitativamente son menos importantes, tienen un efecto ambiental muy negativo, ya que son

GRÁFICO 3.13: Residuos en vertederos controlados. Comparación internacional, 2000-2016

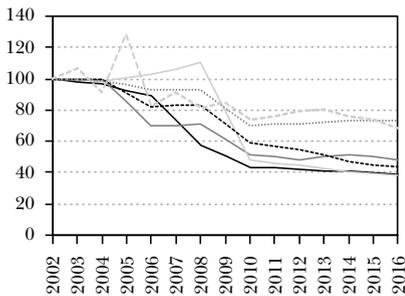
a) Toneladas per cápita



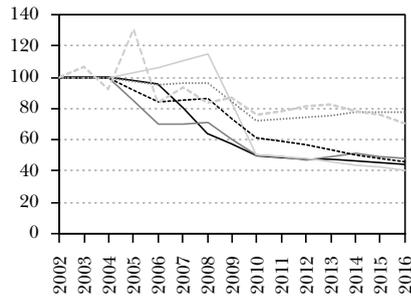
b) Millones de toneladas



c) Toneladas per cápita (2002 = 100)



d) Toneladas (2002 = 100)



— España — Alemania — Francia --- Italia EU-14 --- EU-27

Fuente: Eurostat (2021a, 2021d) y elaboración propia.

causa de la eutrofización de las masas de agua, que representa un enriquecimiento excesivo en nutrientes de las mismas que provoca una proliferación de biomasa vegetal en la superficie. Con ello, aumenta la turbidez del agua y se frena la llegada de la luz solar a capas inferiores, con lo que mueren las plantas del fondo a las que ahora no llega la luz solar, reduciéndose el oxígeno disuelto en el agua, lo que dificulta la vida en ese medio y daña fuertemente la biodiversidad. Estos vertidos pueden proceder de fuentes diversas, y una de las más destacadas es la fertilización excesiva de

terrenos agrícolas aledaños o una depuración insuficiente de las aguas residuales urbanas.

Las principales partidas que forman parte de la categoría de *disipación de productos al medio natural* son los fertilizantes. Los de tipo orgánico representaban tanto en el año 2000 como en 2016 volúmenes situados entre los 15 y los 16 millones de toneladas, para un volumen total de disipación de productos que ha pasado de 24 millones de toneladas en el año 2000 a 23 millones en 2016. Vienen a continuación los fertilizantes minerales, que han experimentado cierta reducción en su uso, al pasar de 4,3 a 3,3 millones de toneladas entre ambos años. El compost les sigue en orden de importancia. Por su parte las semillas vienen representando alrededor de 1,5 millones de toneladas cada año.

España fue en 2017 uno de los países de la Unión Europea que llevaron a cabo un mayor consumo de fertilizantes nitrogenados, solo por detrás de Francia, Alemania y Polonia. También fue en ese mismo año el segundo país en consumo de fertilizantes fosfatados, solo superado por Italia. El consumo de fertilizantes por hectárea marca una tendencia en ascenso, reflejando el carácter progresivamente más intensivo de la agricultura española, al que tampoco es ajena la expansión de la superficie cultivable en regadío que ha tenido lugar a lo largo de los últimos diez años. La importancia relativa del mercado interno español es también muy grande en cuanto al consumo de productos fitosanitarios, donde ocupa el primer lugar de la Unión Europea, si bien viene experimentando cierta tendencia decreciente (Ministerio para la Transición Ecológica 2019).

Por último, las pérdidas disipadas de materiales, no intencionales, tienen una importancia reducida en términos cuantitativos, y suponen la liberación a la atmósfera y al suelo de residuos y partículas relacionados con la abrasión de neumáticos y frenos y con la erosión de superficies construidas.

4. Flujos de materiales y agregados económicos: la productividad de los recursos naturales

4.1. La desvinculación entre el crecimiento económico y el uso de los recursos naturales

4.1.1. La eficiencia en el uso de los recursos naturales

El análisis del flujo de materiales (AFM) constituye un instrumento importante para estudiar la relación existente entre el crecimiento de determinados agregados económicos y el uso de recursos procedentes del medio natural. Se trata, en definitiva, de analizar el grado en que un país o un conjunto de países están logrando ser eficientes en el uso de esos recursos, consiguiendo los objetivos de crecimiento pretendidos con la mínima perturbación ambiental posible.

Las razones que justifican que la eficiencia en el uso de los recursos naturales sea un objetivo relevante para las sociedades actuales son diversas. En primer lugar, se trata de garantizar que las generaciones futuras tengan asegurada la disponibilidad de dichos recursos, siendo así que, a escala del conjunto del planeta, serán más numerosas que las actuales, al menos en los horizontes actualmente previsibles. Seguramente la población futura contará también con un mayor poder adquisitivo, lo que estimulará adicionalmente la demanda y el consumo global de alimentos, metales, energía, y otros bienes extraíbles del medio natural. En segundo lugar, conseguir reducir, o al menos ralentizar, la demanda de recursos naturales puede contribuir a disminuir la volatilidad de

sus precios, fuertemente dependiente de la disponibilidad de una oferta limitada de materias primas que muestra un elevado grado de concentración geográfica. Además, a lo largo de las dos últimas décadas, parece haberse revertido la tendencia a la disminución de los precios reales de las materias primas que caracterizó el siglo pasado, por lo que el logro de una mayor eficiencia en el uso de los recursos debería aumentar la seguridad en el abastecimiento de los países importadores y reducir el impacto negativo sobre sus economías de un rápido encarecimiento de este tipo de bienes.

Una tercera razón importante para preocuparse por la eficiencia en la gestión de los recursos naturales es la de limitar el impacto negativo sobre el medio ambiente de la extracción masiva y utilización de dichos recursos. Entre esos impactos negativos se cuentan los causados por la rápida expansión de la extracción de biomasa, como la deforestación masiva, la desaparición de áreas de alto valor natural, con la consiguiente pérdida de biodiversidad, y la degradación del suelo y la contaminación de acuíferos provocada por un incremento en la intensidad de las prácticas agrarias. A ello se unen los efectos de las actividades mineras, y del procesamiento de los minerales extraídos en forma de vertidos tóxicos, así como la acumulación de residuos derivados de bienes de consumo final elaborados con metales. Por su parte, la extracción de minerales no metálicos para su empleo en la industria de la construcción conlleva otro tipo de daños, más indirectos, ya que contribuye a incrementar el consumo de energía para su transporte y transformación, e incide en el sellado de amplias zonas de la superficie terrestre, al crecer las coberturas artificiales del suelo para uso residencial y para instalaciones comerciales e industriales o para infraestructuras de transporte terrestre. Por último, el uso de combustibles fósiles para producir energía genera importantes emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye al calentamiento global del planeta.

Es evidente que las presiones ambientales que resultan de la extracción y uso de materiales son muy heterogéneas, y vienen influidas por el tipo concreto de material de que se trate, por la localización geográfica concreta de sus áreas de extracción y utilización, y por las alternativas tecnológicas disponibles en cada caso. Por esa razón, los indicadores muy agregados que surgen del

análisis del flujo de materiales no pueden captar con precisión las repercusiones sobre el entorno natural de una variación en la masa global de materiales extraídos o usados como *inputs* de las actividades económicas, o los efectos de un cambio de composición en los flujos globales. A pesar de ello, constituyen una aproximación útil para entender las grandes presiones ambientales que se derivan de las actividades humanas.

Después de hacer referencia a argumentos que justifican la necesidad de minimizar los impactos ambientales negativos derivados de la extracción y utilización de los recursos naturales, conviene también destacar que mejorar la eficiencia en el uso de dichos recursos tiene consecuencias positivas relevantes. Entre ellas se cuenta la posibilidad de impulsar innovaciones tecnológicas que, al reducir el uso de recursos naturales por unidad de producto final, contribuyan al ahorro de costes en la producción y, de esta forma, suministren un impulso al crecimiento económico a través de su efecto sobre los precios de mercado. A ello se une el efecto beneficioso derivado de una mejora en las expectativas que guían la inversión productiva como consecuencia de una menor incertidumbre en cuanto a la disponibilidad futura de materias primas imprescindibles y de una menor volatilidad en los precios de estas materias primas. Las políticas públicas pueden contribuir a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y contribuir al crecimiento económico, como ocurre, por ejemplo, cuando se incrementa la fiscalidad de aquellos materiales y combustibles que causan mayores daños ambientales y, a cambio, se reduce la presión fiscal sobre las rentas del trabajo, impulsando el empleo y la expansión de la producción.

4.1.2. ¿Es posible el *desacoplamiento*?

El conjunto de argumentos brevemente reseñados en los párrafos anteriores ha otorgado una gran relevancia al concepto de *desacoplamiento* (*decoupling*), es decir, a la desvinculación entre la evolución de magnitudes económicas asociadas a la producción y a los ingresos de la población, y la de las cantidades de recursos naturales que es necesario manejar para obtener esos *outputs* del sistema económico.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) parece haber sido la entidad internacional que por primera vez hizo uso del concepto de desacoplamiento (OCDE 2001), al presentar su Estrategia para el medio ambiente para la primera década del siglo actual. En ella, se planteaba la necesidad de desvincular las presiones medioambientales respecto del crecimiento económico mediante la adopción de medidas tendentes a estimular un uso más eficiente de los recursos. Se consideraba que el logro de este objetivo era factible para los países de la OCDE si se conseguía aumentar la productividad de los recursos a nivel de cada rama de la producción y, a la vez, tenían lugar cambios en la estructura sectorial de las economías desarrolladas tendentes a otorgar un mayor peso a los servicios y a las actividades basadas en el conocimiento. El fomento de tecnologías favorables al medio ambiente y la sustitución de los flujos de materiales más peligrosos y dañinos por otros más inocuos completaban esta orientación estratégica. Previamente, el Consejo Mundial para el Desarrollo Sostenible ya había acuñado el término de ecoeficiencia con un contenido bastante similar, es decir, centrándolo en la búsqueda de una minimización de los impactos ambientales negativos de una producción económicamente competitiva (Schmidheiny 1992).

Por su parte, la Unión Europea (UE), a través de la Estrategia de Lisboa para el Crecimiento y el Empleo (Comisión de las Comunidades Europeas 2005b) y de la Comunicación de la Comisión Europea (Comisión de las Comunidades Europeas 2005a) referente a una *estrategia temática para el uso sostenible de los recursos naturales*, ha adoptado como objetivo el logro de un manejo sostenible de los recursos naturales y la reducción de los impactos ambientales negativos generados por su uso. En consonancia con este objetivo, se ha reconocido la necesidad de un desacoplamiento entre el uso de los recursos, y su consiguiente impacto ambiental, y el crecimiento económico. De hecho, el VIII Programa de Acción en Materia de medio ambiente de la Unión Europea hasta 2030 incluye entre sus prioridades la definición de indicadores y objetivos de eficiencia en el uso de los recursos. Concretamente, en el marco de su Tercera Prioridad, se pretende desacoplar el uso de recursos y de energía, y sus efectos ambientales, respecto al

crecimiento económico, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y lograr una reducción en términos absolutos del volumen global de recursos naturales utilizado (Comisión Europea 2020d, 2021).

La actual política europea de crecimiento sostenible tiene como punto de referencia el Pacto Verde Europeo (PVE) (Comisión Europea 2019a), que a su vez es parte integrante de una línea de actuación de la Comisión Europea dirigida a aplicar la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. El PVE se concibe como una estrategia de crecimiento orientada a conseguir una economía eficiente en el uso de sus recursos y en la que, a partir de 2050, no debería haber emisiones netas de gases de efecto invernadero. Se aspira a lograr una disociación entre crecimiento económico y uso de los recursos naturales, y para ello se plantean diversas directrices (Comisión Europea 2019a) y se menciona como un principio básico la voluntad de promover la protección del capital natural. Es importante mencionar que en el importante paquete financiero de fondos Next Generation EU, preparado por las instituciones europeas para facilitar la recuperación económica tras los demolidores efectos de la pandemia causada por la covid-19, se menciona el objetivo de la transición ecológica de las economías europeas, estrechamente vinculado al PVE, como uno de los criterios que se van a emplear para evaluar los denominados Planes Nacionales de Recuperación y Resiliencia, que guiarán el acceso a esos fondos europeos por parte de los Estados miembros.

El Pacto verde incluye la preservación y el restablecimiento de la biodiversidad, reconociendo el papel fundamental de los ecosistemas en la aportación de servicios esenciales, tales como alimentos, agua dulce, aire puro y cobijo. La Comisión aspira también a que se eleve la parte de los recursos asignados a la Política Agraria Común (PAC) que contribuye a luchar contra el cambio climático, proteger el medio ambiente y preservar la biodiversidad, a la vez que se reduce el uso de plaguicidas y abonos químicos en la agricultura y de antibióticos en la ganadería.

Merece una mención especial lo que el documento de la Comisión relativo al Pacto verde denomina «movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular», ya que se considera

fundamental para obtener una economía climáticamente neutra. La actual industria europea lleva a cabo una excesiva extracción de recursos desde el medio natural y sus procesos siguen teniendo un perfil excesivamente lineal, siguiendo un esquema de funcionamiento que va desde la extracción y comercialización de materiales a su transformación en bienes de consumo o de inversión, y finalmente su eliminación como residuos o emisiones, y solamente el 12% de los materiales utilizados por la industria es objeto actualmente de reciclaje. Se pretende, por tanto, animar a las empresas a que elaboren productos duraderos y reutilizables, que puedan ser reparados para alargar su vida útil, y también a que ofrezcan información fiable a los consumidores respecto a su compromiso real con la protección del medio ambiente y la economía circular.

En síntesis, las propuestas de desacoplamiento del crecimiento económico respecto al uso de recursos naturales pueden entenderse como una aspiración a la mejora en la productividad de esos recursos, y el desacoplamiento respecto a los impactos ambientales como un incremento de la ecoeficiencia. Cabe, por tanto, distinguir dos conceptos complementarios de desacoplamiento, el que se refiere a la gestión de los recursos y el que se refiere a los impactos ambientales (Fischer-Kowalski *et al.* 2011).

El *desacoplamiento respecto a los recursos* significa que se reduce el uso de materias primas por unidad de actividad económica, dando lugar a la denominada *desmaterialización*. Esta se basa en usar una menor cantidad de materiales, así como de energía, agua y suelo, para un determinado nivel de *output* económico, consiguiendo, de este modo, una mayor eficiencia en el uso de los recursos. La forma de medir este tipo de desacoplamiento es, generalmente, a través de un coeficiente de productividad calculado en forma de un cociente donde el numerador corresponde a un agregado económico, como el producto interior bruto (PIB), y el denominador, a un indicador agregado de uso de los recursos, como puede ser alguna de las magnitudes definidas al respecto en el análisis del flujo de materiales. Un incremento en el valor numérico de ese cociente indicaría que se avanza en la dirección de una mejora de la productividad de los recursos y, por tanto, del desacoplamiento. Este tipo de enfoque del desacoplamiento resulta particularmente relevante cuando un recurso concreto se

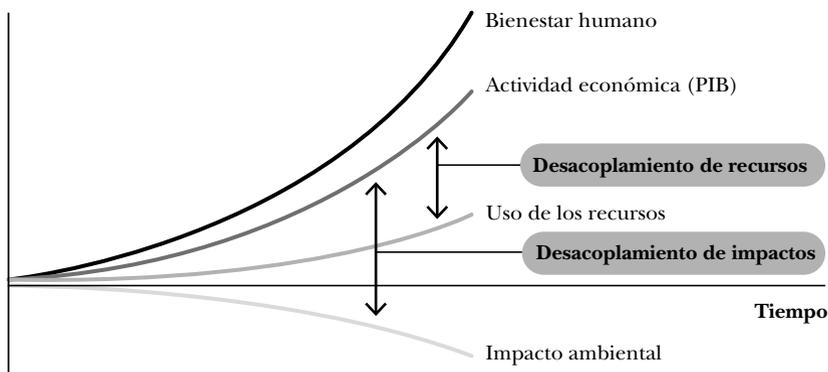
está convirtiendo en escaso —como el petróleo, el agua, la tierra fértil cultivable etc.— o cuando un recurso en particular entraña riesgos importantes para el medio ambiente o para la salud humana. Sería, por ejemplo, el caso del amianto por sus efectos sobre la salud de las personas, de los clorofluorocarburos por su impacto sobre la capa de ozono, y de los combustibles fósiles debido a las emisiones atmosféricas a que da lugar su combustión.

El *desacoplamiento respecto a los impactos ambientales* significa que se consigue incrementar el *output* económico sin que aumenten los impactos ambientales negativos que pueden ocasionarse a lo largo del ciclo de vida de los productos, desde la extracción de las materias primas hasta el desecho tras su uso del producto acabado. La medición de este concepto resulta complicada a nivel agregado, dada la gran variedad de impactos ambientales distintos que tienen lugar en el mundo real y la compleja interrelación que frecuentemente aparece entre ellos. La agregación de los impactos derivados de múltiples causas requiere, en primer lugar, una selección previa de aquellos que van a ser objeto de consideración, lo que viene dificultado porque su relevancia puede ser muy distinta según las zonas a escala local o regional. A continuación, resulta necesaria una ponderación de la importancia relativa de cada uno de ellos para construir un indicador global. Probablemente las emisiones de gases de efecto invernadero constituyen uno de los pocos casos en que el impacto ambiental se encuentra bien documentado y en que es relativamente sencilla la construcción de un indicador a escala global.

El empleo de un concepto de desacoplamiento vinculado a los impactos ambientales resulta especialmente relevante cuando el uso de un recurso determinado representa una amenaza inmediata para la salud humana o de los ecosistemas, como es el caso de las emisiones tóxicas o de los efectos negativos sobre la fertilidad del suelo de algunos vertidos. Las innovaciones tecnológicas pueden jugar un papel muy importante a la hora de reducir o prevenir los daños que en este sentido se pueden producir.

El gráfico 4.1 expresa la relación hipotética existente entre la evolución de indicadores relativos al bienestar humano, la actividad económica medida por el PIB, el uso de recursos y los impactos ambientales.

GRÁFICO 4.1: Representación estilizada del desacoplamiento respecto a los recursos y respecto a los impactos ambientales



Fuente: UNEP (Fischer-Kowalski *et al.* 2011).

Una segunda distinción conceptual puede establecerse entre una definición relativa y una definición absoluta del desacoplamiento. El *desacoplamiento relativo* de los recursos o de los impactos significa que el indicador económico relevante crece con mayor rapidez en el lapso de tiempo estudiado que el indicador relevante desde el punto de vista ambiental, es decir, que aunque exista una asociación positiva entre el comportamiento de ambos indicadores, la elasticidad en la respuesta del indicador ambiental o de uso de materias primas y energía respecto al económico es menor que la unidad. El *desacoplamiento absoluto* implica que, aunque esté mejorando el nivel de ingresos de la población, en otras palabras, aunque esté registrándose una evolución positiva de los agregados económicos, el uso de los recursos o sus impactos ambientales está disminuyendo. No es frecuente observar este segundo tipo de desacoplamiento, que implica reducciones absolutas en el uso de los recursos naturales. Además, resulta más difícil de conseguir el desacoplamiento absoluto respecto a los recursos que respecto a los impactos ambientales, ya que estos últimos pueden reducirse a partir de una gestión más correcta del recurso que los está generando con su extracción o con su utilización.

El concepto de desacoplamiento presenta el interés de permitir analizar la relación existente entre las mejoras en el nivel de producción o de ingresos de una sociedad y sus efectos sobre el medio natural, asumiendo que existe una relación entre el consumo de materiales y una serie de impactos sobre el medio ambiente. Sin embargo, no debe olvidarse que en una situación de desacoplamiento relativo, que es el más frecuente, las presiones sobre el medio ambiente siguen ascendiendo aunque puedan estar haciéndolo a un ritmo comparativamente menor que si no está teniendo lugar ningún tipo de desacoplamiento. Del mismo modo, una situación concreta en que se está produciendo un desacoplamiento absoluto o relativo no indica necesariamente que se esté avanzando hacia una mayor sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, ya que el desacoplamiento puede deberse a una recesión económica suficientemente severa como para reducir la demanda de materias primas o el consumo de energía. Es esto último precisamente lo que se ha observado a nivel internacional en fechas recientes, con la mejora de la calidad del aire en las ciudades y la reducción de la contaminación en los cursos de agua, a la vez que se registraba un incremento de la fauna silvestre, como consecuencia de la situación de confinamiento de una parte importante de la población por motivos relacionados con la pandemia sanitaria en la primera mitad de 2020.

Es necesario, además, tener presente que el concepto de desacoplamiento no está directamente relacionado con la capacidad del medio para absorber o resistir presiones de diverso tipo, ya que esto no depende solo del volumen de materiales que se esté utilizando, sino también de sus características específicas, que varían según el tipo concreto de material que se extrae del medio natural o que vuelve a él (p. ej. materiales tóxicos pero de masa relativamente reducida), y está también en función del lugar concreto donde se produce la extracción de materiales o la deposición de los residuos. Por otra parte, si se trata de recursos renovables, más que la evolución de su consumo en relación al PIB, resultaría ilustrativo conocer la intensidad de uso del recurso, es decir, la relación entre la tasa de recolección y la tasa de renovación. Por último, el comercio internacional de materiales y residuos puede favorecer que el cálculo de la huella ecológica derivada de la ex-

tracción de recursos o de la eliminación de residuos en el interior de un país subestime el impacto ambiental real de sus actividades económicas, en la medida en que otros países pasen a convertirse en punto de origen de importaciones de materias primas o materiales semielaborados, o bien lugar de destino de la exportación de residuos y desechos cuya gestión se intenta trasladar fuera del territorio nacional.

Las mejoras en eficiencia en lo concerniente al uso de materiales y energía suelen considerarse como un aspecto clave para conseguir su desacoplamiento respecto a la evolución del PIB. Subyace la idea de que la aplicación de innovaciones que reduzcan el uso de *inputs* por unidad de *output* contribuye de modo sustancial a ahorrar recursos naturales. Esta visión optimista se ha tenido que enfrentar a la posibilidad de que tenga lugar el denominado efecto rebote, también conocido como *la paradoja de Jevons*, en referencia a los escritos de este economista inglés del siglo XIX en su investigación sobre las reservas de carbón del Reino Unido. El efecto rebote viene a señalar que, bajo determinados supuestos de comportamiento de los consumidores, las ganancias en términos de ahorro de materias primas o energía derivadas de las mejoras de eficiencias asociadas al cambio tecnológico pueden ser menores en la práctica de lo que en principio pudiera esperarse si, por ejemplo, conducen a un abaratamiento de los bienes que incentiva su consumo. En términos cuantitativos, este efecto rebote se expresa como la proporción en términos de porcentaje entre el beneficio perdido y la ganancia esperada. Teóricamente, el rebote podría llegar a ser tan intenso que la mejora en eficiencia condujera a un aumento tan considerable en el uso del recurso que llegara a superar completamente los ahorros totales esperados, por lo que, en dicho caso, el efecto rebote superaría el cien por cien. En esas circunstancias, las expectativas de acercarse al desacoplamiento mediante la obtención de mejoras en la eficiencia *input/output* de los recursos naturales quedarían sustancialmente menguadas.

La mayor parte de los estudios empíricos relacionados con el efecto rebote han girado en torno a los efectos sobre el consumo de energía derivados de mejoras técnicas que han permitido un uso más eficiente de la misma, tratando, por ejemplo, de averi-

guar si un aumento del 30% en la eficiencia de la energía empleada para calentar los hogares conducirá a que estos reduzcan su consumo energético en un 30%. La teoría económica sugiere que no es probable que esto ocurra, por diversas razones (Sorrell y Dimitropoulos 2008). En primer lugar, y este es el efecto rebote más directo, debido a que la mejora en eficiencia de un determinado servicio basado en la energía disminuirá su precio y estimulará un aumento de su consumo. Una familia puede decidir mantener más tiempo la calefacción encendida o elevar la temperatura media que desea alcanzar en su hogar si obtiene un suministro más eficiente de electricidad o gas que rebaja el coste por unidad de su consumo. En segundo lugar, y de modo más indirecto, porque el menor precio de la energía dará lugar a cambios en la demanda de otros bienes, servicios o factores de producción cuya provisión requiere energía. La misma familia del ejemplo puede decidir dedicar el ahorro obtenido en la calefacción de su hogar a efectuar un viaje turístico en coche no previsto inicialmente. Finalmente, se producen también efectos globales, a escala del conjunto de la economía, desde el momento en que la reducción en el precio real de la energía contribuye a alterar el precio de venta de un amplio conjunto de *inputs* intermedios y bienes finales, dando lugar a ajustes en precios y cantidades a lo largo y a lo ancho del sistema económico, de modo que probablemente los bienes y servicios intensivos en energía ganarán peso a costa del resto. Entre estos efectos globales se encuentran los cambios en el estilo de vida, como, por ejemplo, la tendencia a que un abaratamiento en términos reales de la energía conduzca a patrones de poblamiento menos densos, con hábitats más dispersos y mayores distancias entre el lugar de residencia y el lugar de trabajo, y a un mayor uso del vehículo privado para desplazarse diariamente al trabajo o acudir a los centros comerciales.

El efecto rebote es una realidad, aunque difícil de medir, por lo que no existe un acuerdo general en cuanto a la importancia efectiva que puede atribuírsele. Los efectos de tipo directo son los que han concentrado los esfuerzos de búsqueda de evidencia empírica. Algunos estudios han apuntado que el valor cuantitativo del efecto directo para el uso del transporte en automóvil privado y la calefacción o refrigeración del hogar en los países de

la OCDE no superaría un 30% (Sorrell, Dimitropoulos y Sommerville 2009). Sin embargo, son diversos los enfoques metodológicos con que un número creciente de investigadores se ha aproximado a este tema, y todavía en la actualidad los resultados son dispares y no concluyentes, siendo los efectos a escala macroeconómica los más difíciles de precisar. Una de las razones de ello es que algunas de las nuevas tecnologías vinculadas a la mejora en la eficiencia energética pueden estar simultáneamente asociadas a un incremento en la eficiencia en el uso de otros factores de producción. En dichas circunstancias, las consiguientes mejoras en la productividad total de los factores impulsarán el crecimiento económico y la expansión de la producción, por lo que será improbable que conduzcan a un menor uso global de energía. Las características concretas del cambio tecnológico modificarán, por tanto, las conclusiones que sea posible alcanzar en lo que respecta al desacoplamiento del consumo de energía respecto al PIB, con las correspondientes consecuencias en términos de impactos ambientales.

4.1.3. La evidencia empírica internacional

Las dos últimas décadas han sido testigos de una serie de trabajos de investigación que han arrojado resultados interesantes en relación al metabolismo socioeconómico de las sociedades modernas, y a su huella sobre el consumo de materiales. El punto de partida suele ser el reconocimiento de que, a lo largo del siglo pasado, tuvo lugar un extraordinario crecimiento en la población mundial y en el tamaño de la economía global, cambios que fueron acompañados de grandes alteraciones en la relación entre la naturaleza y las actividades económicas y de una transformación masiva de los sistemas naturales. Esta transformación vino impulsada fundamentalmente por un enorme incremento en las cantidades de materiales y de energía empleados por los sistemas económicos nacionales y por cantidades igualmente enormes de residuos y emisiones generados por dichos sistemas. Puede hablarse, por tanto, en ese período no solo de un relevante incremento en el valor monetario del *output* de bienes y servicios producidos a escala planetaria, sino también de una gran transformación y aumento de dimensión de la base física de la economía mundial, con fortísimos incrementos de los *stocks* de capital pro-

ductivo y residencial, así como de las infraestructuras públicas. En el caso de la agricultura, tuvo lugar una importante expansión de la superficie cultivada, pero, sobre todo, una gran elevación de la intensidad de la producción agrícola por unidad de superficie, apoyada en la aplicación de nuevas tecnologías y en un notable incremento de la aplicación de productos químicos —fertilizantes, plaguicidas, etc.— dirigidos a incrementar los rendimientos de las tierras cultivadas.

Se ha estimado que, entre 1900 y 2005, la extracción global de materiales en el conjunto del planeta se multiplicó por un factor de 8, con la categoría de materiales de construcción registrando el máximo incremento al multiplicarse por un factor de 34. La extracción de combustibles fósiles y de minerales de uso industrial también creció muy fuertemente, mientras que la de biomasa experimentó el menor ritmo de incremento entre todas estas grandes categorías al multiplicarse solamente por 3,6 a lo largo del período. Esta distinta evolución hizo descender de forma continuada la proporción que representa la biomasa dentro del consumo nacional de materiales (CNM) a escala global, pasando de suponer las tres cuartas partes en 1900 a solo un tercio en 2005. El desplazamiento más intenso en el peso relativo de los materiales extraídos desde la biomasa a los minerales tuvo lugar en el período comprendido entre el fin de la Segunda Guerra Mundial y la década de los años setenta del siglo xx, momento, este último, en que los precios de la energía experimentaron fuertes alzas. La tasa de crecimiento anual del CNM osciló entre el 1% y el 4% en distintos momentos de ese período secular, y fueron raros los años con tasas negativas de variación, que coincidieron con recesiones económicas (Krausmann *et al.* 2009). Aunque en la primera mitad del siglo xx, el CNM creció solo ligeramente más rápido que la población, en el conjunto del período, su crecimiento fue mucho mayor, de tal modo que en 2005 el CNM per cápita doblaba el de 1900. Por el contrario, la proporción relativa entre el consumo nacional de materiales y el producto interior bruto declinó de forma continuada, por lo que la intensidad en el uso de materiales, que refleja dicha relación en forma de cociente, era en 2005 solamente un 40% de la correspondiente a 1900. Vale la pena tener presente que, si bien la extracción global de materiales se

multiplicó por 8, el PIB mundial lo hizo por un factor de 23 entre ambos años (Fischer-Kowalski *et al.* 2011).

El resultado global de las tendencias mencionadas ha sido que la expansión de lo que se ha denominado *metabolismo social global* ha incrementado notablemente la presión humana sobre los sistemas naturales. Así, la masa de materiales usados por unidad de área terrestre global ha pasado de 0,5 toneladas por hectárea en 1900 a más de 4,5 toneladas en 2005.

La investigación basada en el análisis del flujo de materiales ha destacado que existen importantes diferencias actualmente entre países en el CNM por habitante (Krausmann *et al.* 2008; Steinberger *et al.* 2013; Fischer-Kowalski *et al.* 2011). Los países industrializados presentan habitualmente niveles de uso de materiales y energía por habitante superiores entre cinco y diez veces a los que corresponden a los países en vías de desarrollo, al encontrarse unos y otros en diferentes fases del proceso de transición desde el sociometabolismo tradicional propio de sociedades agrarias al de sociedades industriales avanzadas. Dentro del grupo de países desarrollados y altamente industrializados, la *tasa metabólica*, es decir, las toneladas de materiales usados por habitante, puede ser el doble, o incluso algo más en aquellos que mantienen bajos niveles de densidad demográfica, como Australia, los Estados Unidos o Finlandia, respecto a aquellos otros, como los de Europa Occidental o Japón, en que esa densidad es mucho más elevada. Los segundos requieren menos recursos per cápita para mantener similares niveles de vida y de confort material, debido a que la minería, y también la producción de carne y otros productos ganaderos, tiende a concentrarse en áreas del mundo caracterizadas por la baja densidad de población, aunque el consumo pueda tener lugar en zonas más densamente pobladas, y debido, asimismo, a las menores necesidades de energía por habitante para transporte y calefacción en las áreas más densamente pobladas.

Por su parte, las bajas tasas metabólicas de los países en desarrollo reflejan niveles todavía insuficientes de satisfacción de sus necesidades básicas y de confort material. Dada su posición de partida, su dimensión demográfica y su previsible evolución económica hacia niveles crecientes de ingreso por habitante, las concomitantes presiones ambientales derivadas de la traslación a

estos países de un modelo de desarrollo históricamente similar al de los actuales países desarrollados pueden llegar a ser insostenibles. Ello obliga a explorar tecnologías y políticas públicas que hagan compatible su desarrollo económico con un grado importante de desacoplamiento respecto a los recursos naturales y también en relación con los impactos ambientales derivados de su extracción y utilización.

A escala del conjunto de la población mundial, la tasa metabólica ha pasado de 4,6 toneladas por habitante en 1900 a aproximadamente 8 o 9 toneladas a comienzos del siglo XXI, experimentando una estabilización en los países más desarrollados en las últimas décadas, al tiempo que continúa creciendo en los de menor nivel de desarrollo. Es preciso, sin embargo, tener en cuenta que los países más desarrollados poseen en la actualidad economías ampliamente dominadas por los sectores de servicios, y que han aumentado su dependencia de las importaciones de productos agrarios y de bienes manufacturados, que son más intensivos en recursos naturales que los servicios. Aunque los principales indicadores del AFM recogen la masa de productos importados, no incluyen habitualmente las materias primas y la energía que la producción de estas importaciones ha requerido —es decir, la extracción de recursos naturales *corriente arriba*— por lo que la estabilización o reducción del consumo de materiales por habitante en los países desarrollados es compatible con un desplazamiento parcial de la carga material y ambiental que antes soportaban en su propio territorio hacia países de menor nivel de desarrollo.

Un gran número de estudios ha tratado, a lo largo de las últimas décadas, de ofrecer resultados concretos, basados en la evidencia empírica, en relación con la existencia o no de desacoplamiento entre el crecimiento económico de un lado —medido a través de la evolución del producto interior bruto en términos reales—, y, de otro, la extracción y consumo de materiales, el uso de energía, y las emisiones de gases de efecto invernadero. Un artículo recientemente publicado (Haberl *et al.* 2020) ha pasado revista a 835 publicaciones científicas aparecidas entre 1972 y 2019 que versaban sobre este tema. Una parte de estas publicaciones usaban métodos relacionados con el análisis del flujo de mate-

riales (AFM), por lo que vale la pena destacar a continuación sus principales hallazgos.

La literatura especializada basada en el AFM ha encontrado, en primer lugar, una diferencia sustancial entre los enfoques basados en contabilizar la *producción* de materiales y los que toman como referencia el *consumo* de estos materiales. Entre los que adoptan la primera de estas dos perspectivas, los casos de desacoplamiento relativo son bastante frecuentes, aunque también se dan otros en los que se observa un crecimiento en el uso de recursos físicos más rápido que el del PIB. Este último tipo de situaciones suele corresponder a países que se encuentran en los primeros estadios de la transición desde el predominio de la agricultura en su economía a la industrialización, o bien a aquellos otros orientados a la exportación de materias primas en bruto o en sus primeras fases de transformación. Las experiencias de desacoplamiento en términos absolutos son raras, y, en general, coinciden con momentos en que se registran tasas muy bajas de incremento del PIB. Mientras los países desarrollados presentan una menor vinculación a largo plazo entre el uso de materiales y el crecimiento económico en comparación con los países de ingresos bajos, lo contrario ocurre en el corto plazo, donde son más rígidamente dependientes de las materias primas y la energía (Steinberger *et al.* 2013). Cuando la atención se centra en el consumo, y no en la producción, el desacoplamiento observado para algunos países contrasta con el hecho de que esos mismos países registren incrementos sustanciales en su huella ecológica, mediante impactos que trascienden sus fronteras en virtud del comercio internacional.

Un segundo resultado de interés apunta a que las trayectorias recientes en cuanto al uso de materiales y de energía no pueden interpretarse correctamente sin tener en cuenta acumulativamente los flujos que han tenido lugar en el pasado. Los países industrializados de Europa Occidental, así como los Estados Unidos de América, representan en la actualidad una proporción relativamente menor de la extracción global de recursos renovables y no renovables, frente a países emergentes que están expandiendo rápidamente su economía y generando una fuerte presión sobre los recursos naturales del planeta. Sin embargo, en una perspectiva de largo plazo, son los actuales países industrializados los que

concentraron históricamente el grueso de la extracción mundial de recursos en su propio territorio, a la vez que generaban el flujo mayoritario de importaciones de energía y materias primas. Así, en 2010, entre Europa Occidental y Norteamérica solo representaron conjuntamente el 16% de la extracción global de recursos, frente al 32% de China, aunque, al considerar la totalidad del período comprendido entre 1950 y 2010, las cifras prácticamente se invierten, con un 29% para las dos áreas desarrolladas mencionadas y un 17% para China. Además, a lo largo de esos 60 años, el 59% de los flujos de importación de este tipo de bienes tuvo como destino Europa Occidental y Norteamérica, que, en cambio, solo representaron el 44%, si se toma únicamente como referencia el año 2010.

Es sobre esta base de acumulación de recursos, algunos de ellos destinados al consumo corriente y otros incorporados a los *stocks* de capital de diverso tipo —infraestructuras, equipos productivos etc.— sobre la que se ha construido el elevado nivel de bienestar material del que ahora disfrutan los ciudadanos de los países más desarrollados. Reconocer este hecho es importante desde una perspectiva de equidad, ya que los países que ahora están alcanzando tasas elevadas de crecimiento económico, como China, India, Brasil, y otros países emergentes, se enfrentan a una escasez creciente de recursos no renovables y se ven obligados a reconocer que satisfacer sus necesidades en términos de flujos rápidamente crecientes de materiales y energía ocasiona presiones globales difícilmente soportables sobre el medio ambiente del planeta.

Es necesario, en cualquier caso, no perder de vista que, junto a los rasgos generales de comportamiento que van asociados al estadio de crecimiento económico alcanzado por los distintos países, existen aspectos idiosincráticos que tienen también poder explicativo, relacionados con la estructura productiva de cada uno de ellos, su grado de apertura al comercio internacional y las políticas públicas adoptadas en relación con la conservación de recursos naturales y la protección del medio ambiente. Además, estos factores juegan probablemente un papel mayor una vez superada cierta fase de desarrollo económico. Esto resulta relevante para entender la posición relativa de los países de la Unión Euro-

pea con relación al consumo nacional de materiales per cápita. El gráfico 4.2 indica que en el año 2000 existía una correlación positiva de cierta importancia y estadísticamente significativa entre el nivel de renta por habitante y el consumo nacional de materiales per cápita, de tal modo que los países más ricos de la EU-27 aparecían entre los de mayor consumo, y los más pobres, ubicados en la Europa del Este, entre los de menor consumo. Este tipo de relación se había difuminado en 2019, con fortísimas diferencias entre países con nivel de renta similar.

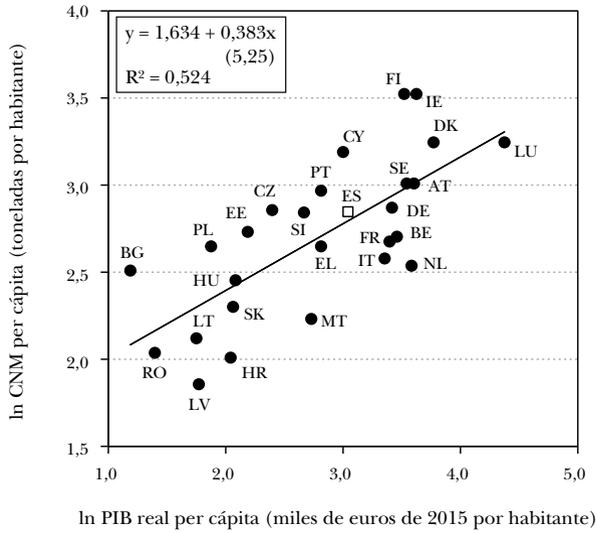
4.2. El perfil del metabolismo socioeconómico español en el contexto internacional

El metabolismo socioeconómico se refiere a la capacidad de reproducción y de evolución de las estructuras biofísicas de las sociedades humanas, y pone, por tanto, el énfasis en la dinámica de flujos físicos y de formación de *stocks* que vinculan las actividades humanas y los procesos económicos con el medio natural. No es extraño, por ello, que la formación de estadísticas relativas a los flujos de materiales, y la organización de cuentas referidas a estos flujos y basadas en conceptos bien definidos, haya dado un fuerte impulso a la investigación cuantitativa sobre el metabolismo social en términos físicos, en la mayor parte de los casos a escala nacional, pero también mediante reflexiones que han tratado de generalizar a una escala global las experiencias de países de distinto grado de desarrollo. De este modo, se ha podido argumentar que, a lo largo de la historia humana, se ha atravesado por distintos estadios correspondientes a tres principales regímenes sociometabólicos: cazadores-recolectores, regímenes basados en la agricultura primitiva o tradicional, y sociedades industriales. Cada vez que se ha producido una ruptura en el equilibrio entre el nivel técnico y los requerimientos biofísicos fundamentales de uno de estos regímenes, se han desbordado sus límites y se ha iniciado la transición hacia otro régimen distinto.

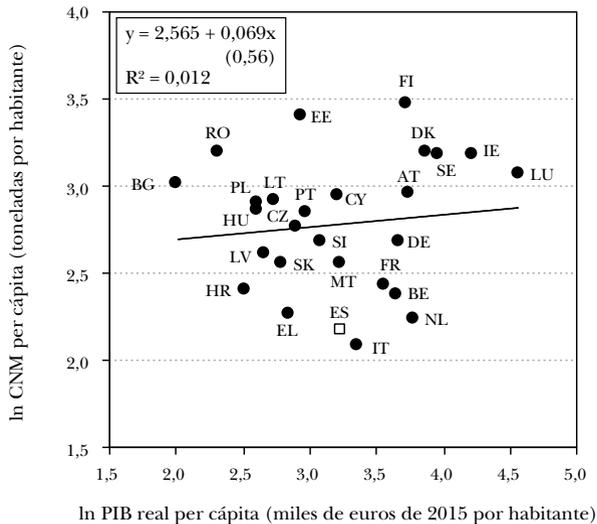
De este modo, se han descrito diversas trayectorias nacionales de transición desde las sociedades agrarias tradicionales a las industriales, con una serie de rasgos en común, entre los que

GRÁFICO 4.2: Consumo nacional de materiales per cápita y PIB real per cápita. Comparación internacional, 2000 y 2019

a) 2000



b) 2019



Nota: Entre paréntesis el estadístico t. BE: Bélgica, BG: Bulgaria, CZ: República Checa, DK: Dinamarca, DE: Alemania, EE: Estonia, IE: Irlanda, EL: Grecia, ES: España, FR: Francia, HR: Croacia, IT: Italia, CY: Chipre, LV: Letonia, LT: Lituania, LU: Luxemburgo, HU: Hungría, MT: Malta, NL: Países Bajos, AT: Austria, PL: Polonia, PT: Portugal, RO: Rumanía, SI: Eslovenia, SK: Eslovaquia, FI: Finlandia, SE: Suecia, UK: Reino Unido.

Fuente: Eurostat (2002, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d) y elaboración propia.

se cuenta una fuerte disminución en el peso de la parte correspondiente a la biomasa dentro del uso global de materiales y un aumento de la correspondiente a la energía derivada de los combustibles fósiles y a los materiales —minerales, principalmente— dedicados a la formación de infraestructuras de diverso tipo y *stocks* de capital productivo. La construcción y el mantenimiento en condiciones de funcionamiento de todo ese equipamiento, y las necesidades derivadas del suministro de servicios de vivienda y de una movilidad de la población cada vez mayor, ha requerido emplear ingentes cantidades de energía y de materiales, multiplicando el uso de materiales per cápita a lo largo de la transición mencionada. Este crecimiento en el uso de materiales se aceleró en el período que siguió inmediatamente a la Segunda Guerra Mundial, en que se desarrolló masivamente la electrificación, el uso del acero y de la energía basada en el petróleo, y una rápida expansión de la industria automovilística. Desde los orígenes de la revolución industrial en la Inglaterra del siglo XVIII, solo se había registrado un momento similar de cambio y aceleración en el uso de materiales a mediados del siglo XIX, con el uso del motor basado en el vapor, el carbón como principal fuente de energía, y el crecimiento de la industria textil.

El CNM se ralentizó considerablemente a partir de la década de los setenta del siglo pasado, en coincidencia con las crisis del petróleo que se registraron en esos años, y tendió a estabilizarse posteriormente. Es interesante destacar que esa estabilización tuvo un carácter bastante general entre los países industrializados. Las razones no están del todo claras, pero pudieron influir, además del alza repentina de los precios del petróleo, la transición hacia una estructura económica de estos países cada vez más basada en los servicios, y la internacionalización de sus economías, que desplazó el origen de buena parte de los materiales y fuentes de energía empleados hacia países de menor nivel de desarrollo (Wiedenhofer *et al.* 2013). Junto a ello, han podido también actuar otros elementos, como el progreso tecnológico, reduciendo la cantidad de materias primas necesarias para obtener un determinado volumen de bienes y servicios, los cambios en la composición de la demanda, con una presencia creciente de productos derivados de las nuevas tecnologías de la información y las comu-

nicaciones, la saturación de las inversiones en infraestructuras, y los nuevos estilos de vida que demandan mejores condiciones ambientales, si bien la dirección de algunas de estas líneas de fuerza no siempre apunta *per se* a un mayor ahorro de recursos (Steger y Bleischwitz 2011). De ese modo, la tasa media metabólica en los países industriales, medida en toneladas de CNM per cápita, pasó de 5 toneladas por año en 1945 a 8 en 1973, manteniéndose aproximadamente en ese nivel hasta finales del siglo xx. Sin embargo, en 2010 había pasado a 10 toneladas, reflejando el impulso derivado de la intensa industrialización de China y de otras economías emergentes (Krausmann *et al.* 2017).

El cuadro 4.1 describe en forma agregada el perfil metabólico de los regímenes agrario (tradicional) e industrial. De entre los parámetros que contiene, hay uno que requiere explicación, ya que no se ha contemplado aquí hasta el momento por no formar parte de los conceptos habitualmente manejados en el AFM: se trata del consumo nacional de Energía (CNE) por habitante. El consumo nacional de Energía incluye las fuentes de energía de extracción nacional más las importaciones menos las exportaciones de energía. Sin embargo, y a diferencia de otras formas de cómputo de los *inputs* energéticos, aquí se incluye la biomasa que es empleada para la alimentación humana y la del ganado, o como fuente de calor. Además, las importaciones y exportaciones no se refieren únicamente a los materiales energéticos (*energy carriers*) como el carbón, el petróleo o el gas natural, sino también a otros elementos más o menos transformados que son potencialmente fuentes de energía, como la madera o los alimentos (Haberl 2001). De esta forma, se obtiene una magnitud paralela en términos de energía a la que representa el CNM.

La información contenida en el cuadro 4.1 pone de relieve que la transición desde un régimen agrario del tipo habitual en Europa antes de la industrialización a un régimen plenamente industrial ha significado la multiplicación por un factor de entre 3 y 5 veces del consumo de energía per cápita, en forma muy similar a la expansión que ha registrado el consumo de materiales per cápita. Sin embargo, el peso de la biomasa como fuente de provisión de energía ha caído radicalmente en términos relativos, aunque no en términos absolutos, debido a la expansión de la población

CUADRO 4.1: Perfil metabólico global de los regímenes sociometabólico agrario e industrial. 2000

Parámetro	Unidad	Agrario ¹	Industrial ²	Factor	España
Consumo energético (CNE) per cápita	GJ/hab./año	40-70	150-400	3-5	193,00
Consumo de materiales (CNM) per cápita	t/hab./yr/año	3-6	15-25	3-5	16,02
Densidad de población	hab./km ² /año	<40	<400	3-10	79,98
Población agrícola	Porcentaje	>80%	<10%	0,1	5,89
Consumo energético por área	GJ/ha/año	<30	<600	10-30	152,23
Consumo de materiales (CNM) por área	t/ha/año	<2	<50	10-30	16,02
Biomasa (porcentaje de CNE)	Porcentaje	>95%	10%-30%	0,1-0,3	21,13

Nota: El conjunto de datos global se calculó para el año 2000 y cubre 175 países individuales que en conjunto comprenden más del 99% de la población y el territorio mundial. CNE: consumo nacional de Energía. CNM: consumo nacional de materiales.

Valores típicos del régimen sociometabólico agrario europeo avanzado. En sociedades agrarias basadas en producción hortícola intensiva en mano de obra con escasa importancia de la ganadería, la densidad de población puede ser significativamente mayor, mientras que el uso per cápita de materiales y energía es menor. En economías con altas densidades de población, los valores per cápita de CNM y CNE tienden a estar en el rango más bajo, mientras que los valores por área son altos. En países con baja densidad de población, los valores por área pueden ser muy bajos.

Fuente: Eurostat (2002, 2021b, 2021d), Dirección General de Política Energética y Mina (2002), MITECO (2020c), IGN (2021), Krausmann *et al.* (2008) y elaboración propia.

y del ganado doméstico. El gran crecimiento del uso de energía por unidad de superficie, que se ha multiplicado por un factor comprendido entre 10 y 30, refleja, en parte, la intensificación de la producción agraria y ganadera gracias a la aportación de *inputs* suministrados por las nuevas tecnologías bioquímicas que han aumentado enormemente la productividad de la tierra y de las razas ganaderas, permitiendo así densidades de población muy superiores a las de la época preindustrial. Sin embargo, ha sido mucho más importante en ese sentido el desarrollo de la industria y de los servicios, y en particular del sector del transporte, que, por ejemplo, en España, representa en la actualidad alrededor del 53% de la energía final consumida por el conjunto de sectores productivos. Se han añadido en el cuadro a los datos globales los de España para contextualizar la situación de nuestro país. Aún situándose plenamente en valores propios de las sociedades

industriales, los consumos de materiales per cápita, el consumo energético por hectárea y los niveles de densidad de la población que corresponden a España se sitúan en niveles relativamente bajos dentro del intervalo atribuido a las sociedades industriales. Una particularidad española digna de mención es que la especialización del sector servicios en España, y en concreto la importancia dentro del mismo de las actividades vinculadas al turismo, lo vincula en mayor medida que en otros países al consumo de recursos naturales, ya se trate de biomasa para la alimentación de los turistas o de materiales de construcción para la edificación de alojamientos y otras instalaciones de uso turístico.

No son muchos los países para los que se han podido reconstruir series muy largas que ofrezcan información respecto a los flujos de materiales. Para el caso español, se cuenta con un estudio con una perspectiva de muy largo plazo, ya que recorre el período 1860-2010, que ha mostrado importantes cambios en los principales indicadores de estos flujos, entre los que destaca el fuerte aumento global en el uso de recursos naturales (Infante *et al.* 2015). La extracción doméstica (EN) se multiplicó por un factor de 1,5 entre 1860 y 1950, pero luego aún se cuadruplicó entre 1950 y 2020, mostrando el fuerte incremento a mediados del siglo xx que antes se ha señalado también para otros países industriales, con la particularidad de que en España, un país que llegó relativamente tarde a la industrialización, la gran transformación en cuanto a la movilización de recursos tuvo lugar en la década de los sesenta del siglo xx.

El valor estimado para 1860 del consumo interno de materiales fue de 78 millones de toneladas, frente a 663 millones en 2000, lo que significó pasar en términos per cápita de 4,1 toneladas anuales a 15,2 toneladas, con 1950 como la divisoria temporal a partir de la cual tuvieron lugar los cambios más acusados. La elección del año 2000 como punto final de referencia es apropiada en este caso, puesto que en el año 2010 se produjo un retroceso notable del consumo respecto a los años inmediatamente anteriores debido a un factor ocasional como fue la incidencia de la crisis económica. La fortísima elevación en perspectiva histórica del consumo en España vino acompañada de un cambio también radical en su composición, ya que en 1860 el 98,1% del consumo era biomasa,

proporción que en 2010 había descendido al 16,2%. El país fue fundamentalmente un exportador neto de recursos hasta 1950, destacando en términos físicos la exportación de minerales metálicos, para convertirse posteriormente en importador neto, de tal modo que, desde 1960, se ha ido haciendo evidente una importante dependencia de los flujos de importación de materiales y energía para abastecer el consumo interno.

Otros aspectos interesantes se desprenden también de este estudio. Uno de ellos es el cambio registrado en la composición y destino de la extracción doméstica. Hasta las primeras décadas del siglo xx, la mayor parte de la extracción interna de materiales abióticos consistió en metales destinados principalmente a la exportación. Posteriormente, los combustibles fósiles tomaron el relevo, con un crecimiento continuado hasta alcanzar un pico en 1990, y finalmente han sido las canteras del país el lugar de origen de un ítem que ha llegado a cobrar extraordinaria importancia: los materiales de construcción, que han llegado a representar en los primeros años del siglo xxi las tres cuartas partes del total de la EN. Es cierto que España ha sido tradicionalmente un país exportador de productos agrícolas, pero su especialización en este sentido se ha centrado en frutas y hortalizas de alto valor comercial, y también con alto contenido en agua. Es lo que explica que desde 1880 el país haya sido, en términos netos, un importador de biomasa, ya que esta se mide como materia seca.

Un segundo cambio importante en el largo plazo ha sido la transición desde un consumo centrado fundamentalmente en la biomasa al predominio del consumo de productos abióticos, que tuvo lugar en los años sesenta del siglo pasado. Como Infante *et al.* (2015) han señalado, en 1930 la proporción que representaba el consumo de biomasa en el consumo total de materiales era equivalente en España a la del Japón o los Estados Unidos 60 años antes, mientras que hacia 1980 había pasado a ser muy similar a la de esos países. Finalmente, y de acuerdo con estos autores, no cabe observar la estabilización del consumo de materiales per cápita a partir de la década de los setenta del siglo xx que sí se ha comprobado para otros países, ya que la tendencia ascendente prosiguió en los años posteriores y solamente se vio interrumpida en 2008 como consecuencia de la recesión económica, que indu-

jo una drástica caída de dicho consumo. Es también lo que refleja el cuadro 4.2, con un crecimiento del CNM entre 1970 y 1995 del 74%, frente a un aumento de la población de tan solo el 18%. La ralentización del consumo llegó más tarde, y tuvo que ver con los efectos de la crisis económica y con la distinta composición por sectores productivos de la recuperación posterior, que han permitido que tanto la extracción como el consumo nacional de materiales sean en 2019 similares en peso a los registrados en 1980.

Una valoración general de los cambios en el metabolismo socioeconómico español a lo largo de la segunda mitad del siglo xx (Carpintero 2005) ha permitido concluir que, en esos años, la economía española dejó de apoyarse mayoritariamente en flujos de recursos renovables —biomasa agrícola y forestal— para potenciar la extracción de materias primas no renovables procedentes de la corteza terrestre, sin que la terciarización de la estructura económica indujera una *desmaterialización* de la economía. Los requerimientos totales de materiales —es decir, la suma de extracción doméstica e *inputs* importados, más los flujos ocultos o indirectos asociados— pasaron de 10 toneladas por habitante en 1955 a 37 toneladas en el año 2000. Un segundo aspecto destacable es que, en términos físicos, la economía española dejó en esos años de ser abastecedora en términos netos al resto del mundo para convertirse en importadora neta de materias primas.

El interés de las agencias estadísticas de los países europeos y, en especial, de Eurostat, como agencia especializada de la Unión Europea en elaborar información relativa a los flujos de materiales, ha permitido realizar una descripción gráfica de la relación

CUADRO 4.2: Resumen de indicadores. España, 1970, 1980, 1995 y 2019

Indicador	Unidad	1970	1980	1995	2019
Extracción nacional de materiales (EN)	Miles de toneladas	255.376	337.015	418.742	348.481
Consumo nacional de materiales (CNM)	Miles de toneladas	294.037	401.194	511.440	413.796
PIBpm real	Millones de euros de 2015	344.912	487.173	716.137	1.193.889
Población	Miles de personas	33.588	37.347	39.640	46.937

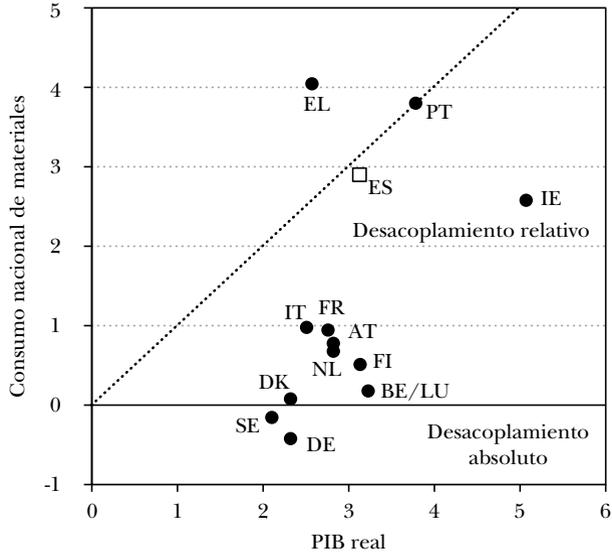
Fuente: Eurostat (2002, 2021a, 2021b, 2021c 2021d), Krausmann *et al.* (2005) y elaboración propia.

existente entre la evolución general de la economía, representada por la tasa de crecimiento del PIB, y el consumo nacional de materiales. Como ya se ha indicado anteriormente, se entiende que se produce un desacoplamiento absoluto entre el comportamiento de ambas magnitudes si el crecimiento de la primera se ve acompañado de una reducción, o como máximo de una estabilización, en la segunda, mientras que el desacoplamiento es solamente relativo si ambas magnitudes evolucionan al alza pero la primera lo hace con mayor rapidez que la segunda. El gráfico 4.3 ofrece una perspectiva que prácticamente abarca los últimos 50 años, divididos por el cambio de siglo en dos subperiodos. El desacoplamiento relativo es la regla general, tanto para España como para el resto de países de la EU-14, cuyos datos se reflejan en el gráfico. En los primeros 30 años, entre 1970 y 2000, solamente Suecia y Alemania presentan desacoplamiento absoluto, y los demás países —excepto Grecia—, desacoplamiento relativo. Es digno de mención el hecho de que sean los países de menor nivel de desarrollo en esos años —Grecia, España y Portugal—, los que más difícilmente logran disociar su crecimiento económico del uso de materiales.

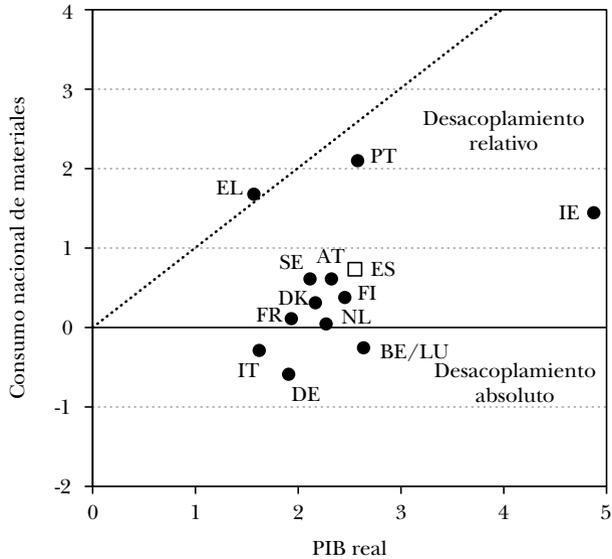
La relación que en el gráfico parece observarse entre el grado de desarrollo económico alcanzado por los distintos países y su tipo particular de vinculación entre el ritmo de crecimiento económico y el del CNM cobra sentido si se tienen en cuenta cuáles son algunos de los factores que influyen en lo que viene conociéndose como *desmaterialización* de la economía. Entre estos factores, se cuenta lo avanzada que se encuentre la transición de la producción y el consumo hacia lo que es propio de una estructura económica centrada en los servicios, el volumen de fondos que el país es capaz de dedicar a la protección del medio ambiente, la capacidad técnica para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos naturales, y el grado en que las actividades más intensivas en la extracción de esos recursos, que son también, probablemente, las más contaminantes, han sido desplazadas hacia otros países, de los que ahora se importan en forma semielaborada (Steinberger *et al.* 2013). Todos estos factores favorables a un desacoplamiento relativo parecen estar positivamente vinculados con el nivel de renta por habitante alcanzado por un país.

GRÁFICO 4.3: Consumo nacional de materiales y PIB real. Tasa de variación media anual. EU-14, 1970-2019
(porcentaje)

a) 1970-2000



b) 1970-2019



Nota: Véase el gráfico 4.2 para la abreviatura de los países.

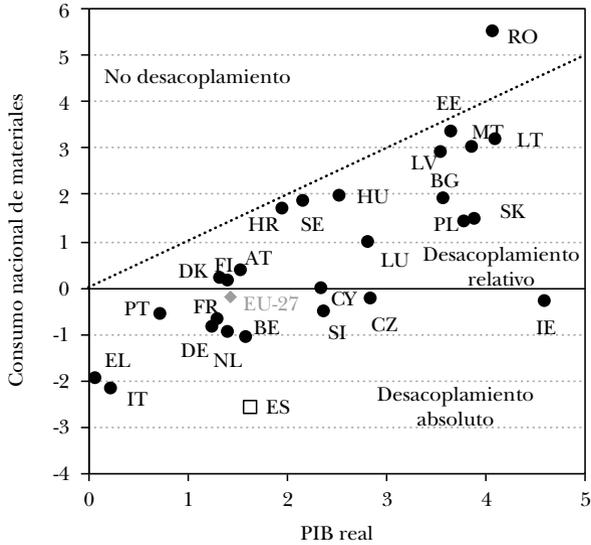
Fuente: Eurostat (2002, 2021a, 2021b, 2021c), Krausmann *et al.* (2005) y elaboración propia.

El análisis para el conjunto del período comprendido entre 1970 y 2019 es algo más complejo que el referido solamente a los primeros 30 años, ya que la trayectoria económica entre 2000 y 2019 ofrece un marcado contraste entre unos primeros años del siglo XXI, que son de expansión económica y, además, particularmente intensa en algunos países como España, la etapa de crisis económica iniciada hacia 2008, y la posterior fase de recuperación, a partir de 2013 y hasta 2019. El gráfico 4.4 permite tratar por separado cada una de estas fases, y ampliar el número de países europeos incluido en la comparación. Aparentemente, tomando la totalidad del período que va de 2000 a 2019, serían varios los países que mostrarían un desacoplamiento absoluto, y España, además, de forma muy destacada. Es preciso, sin embargo, observar que esta situación parece reflejar la intensidad de la caída de la actividad económica entre 2007 y 2013. De hecho, es en esos años donde se concentran los casos de desacoplamiento absoluto por parte de países que experimentan tasas negativas de crecimiento del PIB, o tasas positivas pero muy reducidas. De este modo, el desacoplamiento absoluto es intenso en países de la eurozona que atravesaron profundas dificultades económicas, como Grecia, España, Irlanda, Portugal, Chipre, Italia y Eslovenia, que incluso obligaron a varios de ellos a solicitar un rescate externo de sus economías. En el otro extremo, el país europeo de mayor dimensión que mejor sobrellevó la crisis internacional, Polonia, que creció a tasas medias cercanas al 3%, tan solo experimentó un desacoplamiento relativo.

Se observa algo muy distinto cuando se compara el comportamiento del CNM y del PIB en la etapa de crecimiento de los años 2000-2007. Aquí son escasos los países que se comportan de acuerdo con la norma del desacoplamiento absoluto, y bastantes, en cambio, los que solo desacoplan parcialmente su crecimiento económico del consumo de materiales, o que no lo hacen en absoluto. Este último es, precisamente, el caso de España, y, en general, el gráfico permite observar una asociación positiva bastante marcada entre las tasas a las que respectivamente se expanden el PIB y el CNM. Alemania es el único país de gran dimensión económica y demográfica que registra un desacoplamiento absoluto. La fase de recuperación económica, comprendida entre 2013 y

GRÁFICO 4.4: Consumo nacional de materiales y PIB real. Tasa de variación media anual. EU-27, 2000-2019
(porcentaje)

a) 2000-2019



b) 2000-2007

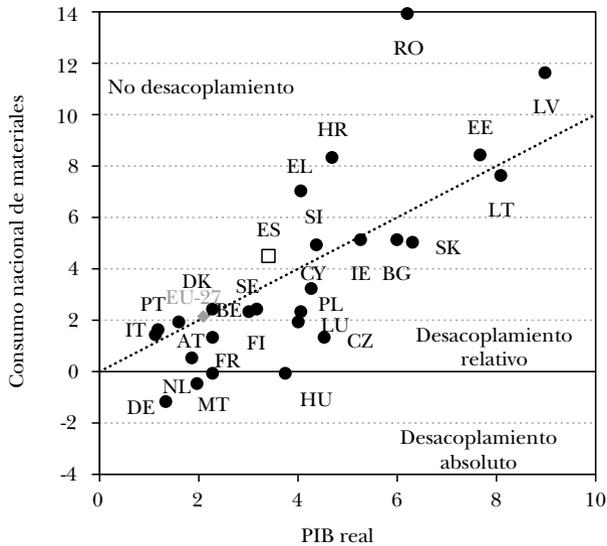
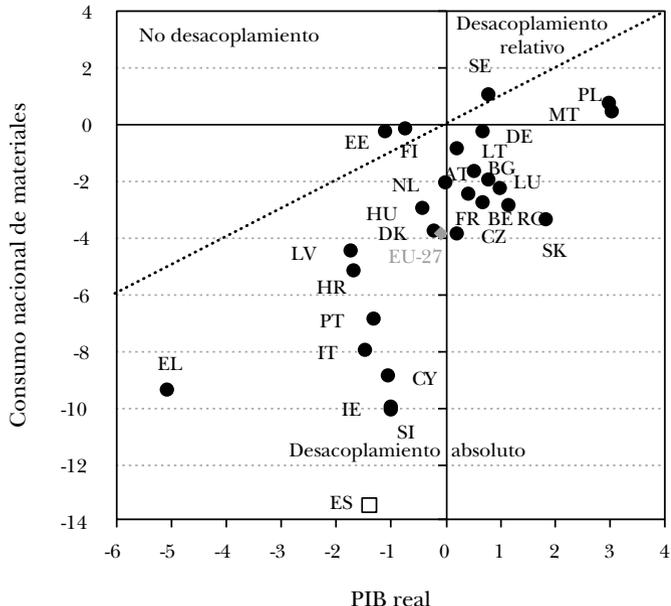
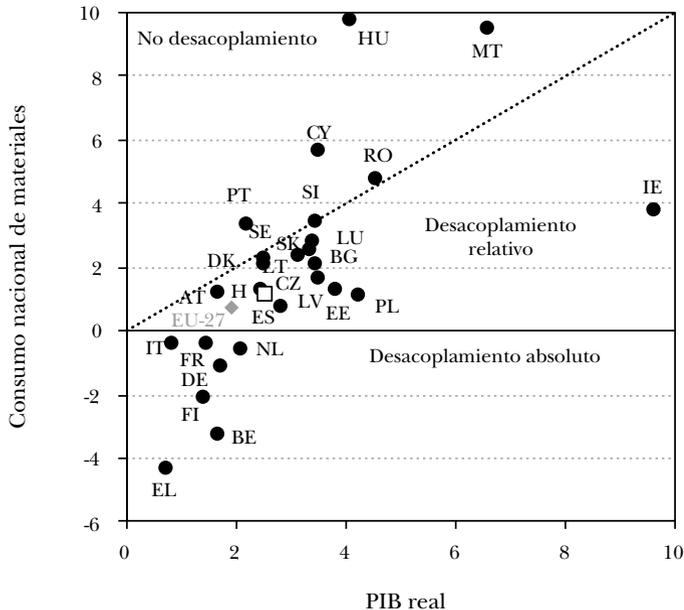


GRÁFICO 4.4 (cont.): Consumo nacional de materiales y PIB real. Tasa de variación media anual. EU-27, 2000-2019
(porcentaje)

c) 2007-2013



d) 2013-2019



Nota: Véase el gráfico 4.2 para la abreviatura de los países.

Fuente: Eurostat (2021a, 2021c) y elaboración propia.

2019, ofrece una perspectiva similar. De nuevo, la situación más frecuente es la de desacoplamiento relativo, en la que se sitúa España, si bien la categoría de desacoplamiento absoluto comprende un mayor número de países que anteriormente, y, además de Alemania, pertenecen a ella algunas otras grandes economías de la UE, como Francia o Italia, o de tamaño medio, como los Países Bajos. El caso de Alemania refleja el cambio en la composición de sus fuentes de energía, con el declive y cierre de sus minas de lignito, y también la desaparición tras la unificación del país de las industrias altamente contaminantes de la antigua República Democrática Alemana. No parece, en definitiva, que exista evidencia clara en relación con un declive, en términos absolutos, del uso de materiales cuando se alcanzan niveles elevados de renta por habitante, y los escasos ejemplos de ello parecen estar vinculados a cambios muy concretos en las políticas económicas y ambientales (Bringezu y Bleischwitz [eds.] 2009).

En los últimos 20 años ha crecido una amplia literatura que trata de relacionar los datos que han comenzado a estar disponibles con relación al uso de materiales con las distintas fases de desarrollo socioeconómico que han ido atravesando diversos países. Un rasgo general es que el crecimiento económico, medido a través del PIB o del PIB per cápita, se ha identificado como el principal elemento impulsor del consumo de recursos, y también que se ha identificado en términos globales, como ya antes se ha indicado, un período de desacoplamiento relativo entre el uso de materiales y el crecimiento económico situado entre 1970 y comienzos del siglo XXI, y una aceleración posterior del consumo de materiales con un ritmo de nuevo similar al del crecimiento del PIB, o incluso más intenso en países que han experimentado una alta tasa de crecimiento económico, como es el caso de China. De este modo, se ha estimado que, entre 2002 y 2015, la extracción global de materiales aumentó en un 53%, y, a diferencia de lo que ocurría en gran parte del siglo XX, el destino de más de la mitad de esa extracción de recursos fue la creación de *stocks* de activos duraderos (Krausmann *et al.* 2018). Las reducciones en términos absolutos de los flujos de materiales solamente se han encontrado en períodos de bajo crecimiento económico o de recesión. El desacoplamiento, generalmente solo relativo y ocasio-

nalmente absoluto, parece tener lugar cuando un país ha hecho ya en el pasado un amplio uso de materiales y ha acumulado un amplio *stock* de bienes duraderos e infraestructuras, y a la vez ha desplazado a otros países la extracción y primera transformación de esos materiales, principalmente materias primas minerales y combustibles. Dada la creciente presencia de cadenas de valor internacionales que conectan la producción de materiales con el consumo final, las cuentas de utilización de recursos desde una perspectiva de producción en el propio territorio —o de emisiones atmosféricas también centradas en el territorio que elabora esas cuentas— arrojan resultados diferentes de las que adoptan una perspectiva basada en el consumo con independencia del lugar de procedencia de los materiales que satisfacen la demanda final nacional (Kraussman *et al.* 2018; Haberl *et al.* 2020).

La situación de emergencia ocasionada por la pandemia de la covid-19 en 2020 y 2021 es uno de esos casos en que una recesión económica provoca una brusca alteración de las condiciones medioambientales. Las medidas adoptadas para combatir la crisis sanitaria han tenido como consecuencia una importante caída del PIB, que en su Informe Anual para 2020, el Banco de España ha cifrado en un 10,8% para la economía española y en un 6,7% para el conjunto de la eurozona. La reducción en la actividad económica ha reducido temporalmente, como era previsible, las presiones medioambientales soportadas en España y, en general, a escala mundial, aunque en una medida algo menor que la reflejada por la caída de la actividad económica, ya que la recesión ha afectado especialmente a los servicios, que, generalmente, ejercen una menor presión sobre el entorno natural que los otros grandes sectores económicos, la industria especialmente. Se estima que, a nivel global, la respuesta a la crisis sanitaria —suspensión de determinadas actividades, distanciamiento social, disminución del tráfico aéreo, etc.— ha ocasionado, en lo inmediato, una reducción del 7% en la emisión de los principales agentes polucionantes atmosféricos y de los gases de efecto invernadero. Se ha hecho notar, asimismo, una reducción a escala global del uso de materiales, aunque con tasas de variación muy distintas por categorías. Los recursos de tipo biótico apenas han declinado en un 2%, mientras que se estima que la reducción en el uso de minerales no metáli-

cos, que incluyen los materiales de construcción, alcanza el 11% (Dellink *et al.* 2021).

4.3. La asociación entre el consumo nacional de materiales y el PIB real de la economía española

En la literatura económica se ha explorado también, mediante un formato estadístico, la relación que se ha venido comentando, habitualmente calculando una regresión lineal en logaritmos entre la denominada *tasa metabólica* —el CNM en términos per cápita— y el PIB por habitante. De este modo, el coeficiente en la regresión correspondiente a esta última variable puede interpretarse como una *elasticidad-renta del consumo de materiales*, de tal modo que un valor de este coeficiente comprendido entre 0 y 1 correspondería a un desacoplamiento relativo, mientras que un coeficiente con signo negativo indicaría desacoplamiento absoluto. La aplicación de este procedimiento a una amplia muestra de países para el período 1970-2004, ha mostrado que, en general, las economías maduras poseen coeficientes más reducidos que las de países en desarrollo, aunque hay excepciones, como Australia y Nueva Zelanda, que cuentan con amplios sectores primarios orientados a la exportación (Steinberger *et al.* 2013).

A lo largo del período comprendido entre 1970 y 2000, el consumo nacional de materiales en términos per cápita en España mostró solo un desacoplamiento relativo con la evolución del PIB por habitante a precios constantes, con un coeficiente de elasticidad de 0,765, que resultó ampliamente superior al de Francia e Italia, y también especialmente al de Alemania. Este último país, con su signo negativo, dio muestras de experimentar algo poco frecuente, como es un desacoplamiento absoluto entre esta medida del flujo de materiales y el crecimiento de los ingresos por habitante (cuadro 4.3). A lo largo de ese mismo período de tiempo, el desglose por categorías del consumo de materiales en España experimentó también un desacoplamiento relativo y estadísticamente significativo entre cada una de ellas y el PIB, con todas las variables expresadas siempre en términos per cápita. Sin embargo el grado de desacoplamiento fue bastante diferente en cada caso,

ya que osciló entre ser prácticamente inexistente en el caso de los minerales no metálicos, con una elasticidad igual a la unidad, y mostrar un carácter mucho más evidente en el de la biomasa, con coeficientes para los combustibles fósiles y los minerales metálicos situados en valores intermedios respecto a las otras dos categorías. El caso italiano fue similar al español, aunque mostrando signo negativo, y, por tanto, desacoplamiento absoluto, para la biomasa, y coeficientes de elasticidad más reducidos que los españoles en las otras categorías. En Alemania y Francia, los coeficientes de regresión muestran que fue bastante habitual la desvinculación entre el consumo de materiales de diverso tipo y el crecimiento del PIB por habitante, especialmente en el caso de los minerales metálicos, muy probablemente debido a que la expansión de las importaciones de productos elaborados y semielaborados a partir de este tipo de materias primas moderó el reflejo en las cifras de consumo de estos productos de la minería.

El cuadro 4.3 permite observar también que, cuando el período de observación se alarga para comprender los años 1970 a 2019, la relación entre el consumo por habitante de materiales y el PIB real per cápita en los casos de la biomasa y los minerales metálicos no solo muestra una intensidad mucho menor, sino que deja de ser estadísticamente significativa, ni siquiera al 10%. Se mantiene una vinculación mayor, siempre en el marco de un desacoplamiento relativo, para los minerales no metálicos y los combustibles fósiles. Aunque hay diferencias entre ellos, tanto Alemania como Francia e Italia, las otras tres grandes economías de la eurozona, dan muestras de un desacoplamiento absoluto bastante generalizado, siempre mayor en Alemania y menos intenso en Italia.

A la vista de lo que antecede, cabe concluir que España ha experimentado una moderada reducción en la intensidad de la vinculación entre el consumo de materiales de diverso tipo y su crecimiento económico en lo que va transcurrido del siglo XXI, si bien menos fuerte que la observada en otros países de su entorno. En cualquier caso, ese período de tiempo incluye subperíodos muy heterogéneos, y es altamente probable que la reducción del acoplamiento entre los flujos materiales y el crecimiento económico, tanto en el caso de España, como en el de los otros tres países,

CUADRO 4.3: Coeficientes de acoplamiento entre CNM per cápita por componentes y el PIB real per cápita. Comparación internacional, 1970-2019

	España			Alemania			Francia			Italia						
	1970-2000	1970-2019	1970-2000	1970-2019	1970-2000	1970-2019	1970-2000	1970-2019	1970-2000	1970-2019	1970-2000	1970-2019				
	Total CNM	0,756 ***	0,381 ***	-0,293 ***	-0,436 ***	0,007	-0,186 ***	0,157 ***	-0,067	0,316 ***	0,035 ***	-0,442 ***	-0,184 ***	0,180 **	-0,005 **	-0,183 ***
Biomasa	0,609 ***	0,077 ***	-1,064 ***	-0,683 ***	-2,016 ***	-1,876 ***	0,277 *	-0,049	1,000 ***	0,556 ***	0,145 ***	-0,283 ***	0,371 ***	0,042	0,302 ***	0,005
Minerales metálicos	0,839 ***	0,317 ***	-0,741 ***	-0,726 ***	-0,613 ***	-0,671 ***	0,210 ***	0,134 **								

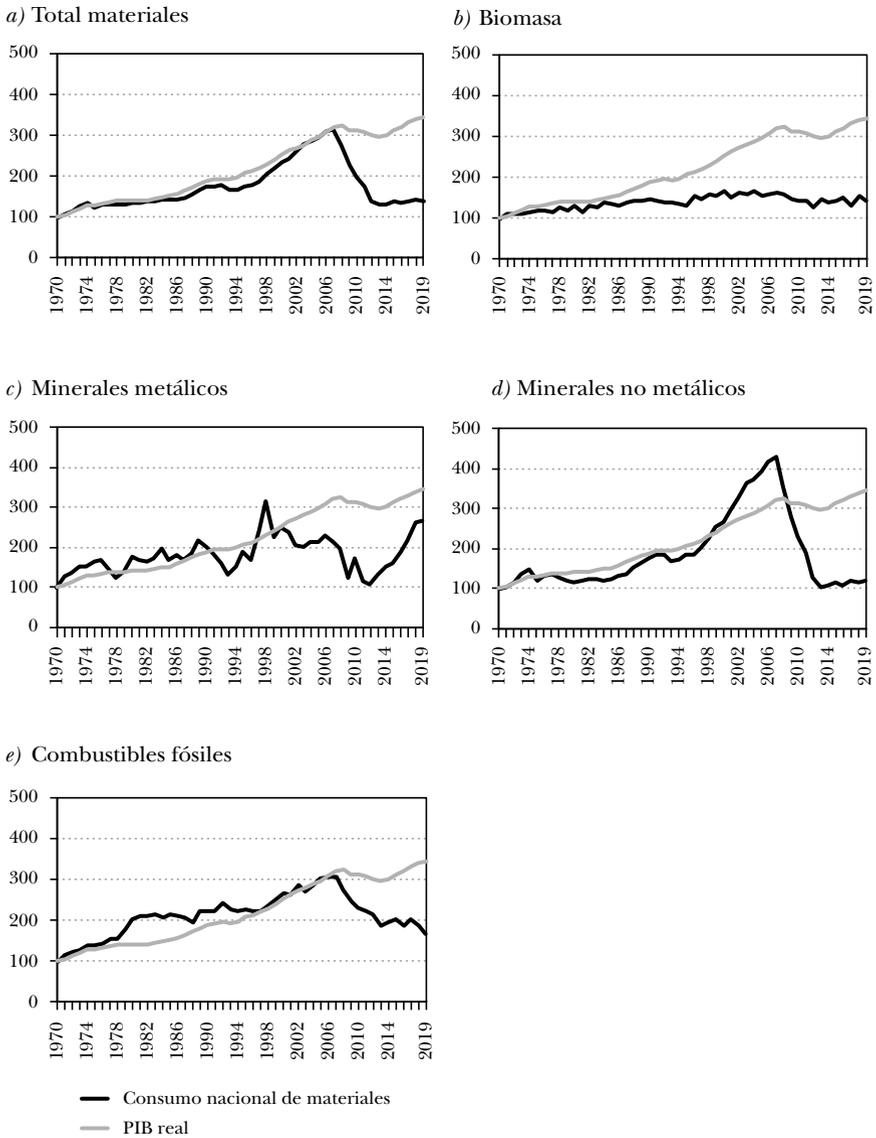
Nota: *** Coeficiente significativo al 1%. ** Coeficiente significativo al 5%. * Coeficiente significativo al 10%.
Fuente: Eurostat (2002, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d), Krausmann *et al.* (2005) y elaboración propia.

haya estado muy influida por la crisis económica iniciada en 2007. En España, la caída de la inversión y el consumo, y especialmente el desplome de la construcción residencial y las obras públicas, indujo una fuerte reducción de la demanda de materiales desde 2008 hasta que se inició la recuperación económica, hacia 2013.

Cabe señalar, en cualquier caso, que el uso de los distintos tipos de materiales muestra grados diferentes de acoplamiento con el crecimiento económico, de tal modo que, en general, este acoplamiento es mayor para los minerales y los combustibles fósiles, mientras que la biomasa muestra la vinculación menos intensa, debido, principalmente, a que este último tipo de materiales está más ligado a la evolución de la población que a la del PIB. La evolución del CNM y de sus distintas categorías, ahora ya no por habitante sino en términos globales, respecto al PIB a precios constantes, aparece descrita en el gráfico 4.5 para el período comprendido entre 1970 y 2019. Se observa con claridad que el agregado del CNM muestra, hasta el comienzo de la crisis económica en 2008, una evolución paralela a la del PIB, mientras que la única tendencia clara de desacoplamiento, de carácter relativo pero muy evidente, se registra para la biomasa. El crecimiento del consumo nacional de biomasa se despega de la evolución del PIB desde 1990 principalmente, y en esa evolución han jugado un papel importante tres fenómenos relacionados entre sí: la transición desde una dieta alimentaria humana basada en los productos vegetales hacia otra con una mayor presencia de los productos de origen ganadero, el desarrollo de un importante sector de ganadería intensiva, y el hecho de que el consumo nacional de biomasa ha ido siendo cubierto en forma creciente por las importaciones (pescado, carne, cereales para alimentación del ganado, maderas, etc.).

En relación a la extracción nacional de biomasa, que sigue representando la parte más importante del consumo de este tipo de materiales, algunos estudios han calculado la denominada *apropiación humana de la producción primaria neta* en la superficie terrestre de España, mediante la diferencia entre la producción vegetal potencial del medio natural, calculada partiendo del tipo de vegetación actualmente existente —tierras de cultivo, pastos, bosques y otro tipo de áreas forestales—, y la que permanece en los eco-

GRÁFICO 4.5: Evolución del consumo nacional de materiales según tipo de materiales y el PIB real. España, 1970-2019
(1970=100)



Fuente: Eurostat (2002, 2021a, 2021c) y elaboración propia.

sistemas después de su extracción. Esta apropiación no solamente incluye la recolección de productos vegetales para alimentación humana, sino también el aprovechamiento ganadero de los pastos y de otros productos vegetales, los recursos de todo tipo extraídos de los bosques y la biomasa quemada anualmente por incendios debidos a la actividad humana. A ello se suma la pérdida de productividad en términos de biomasa que puede resultar de los cambios en el uso del suelo, cuando este, por ejemplo, ocurre a través de la expansión de las superficies de terreno con cubierta artificial para fines residenciales, creación de infraestructuras u otras finalidades similares. Los resultados obtenidos para los años comprendidos entre 1955 y 2003 (Schwarzlmüller 2009) indican que los avances en la productividad de la vegetación, gracias, principalmente, a la ampliación de la superficie cultivada de regadío y al fuerte aumento en el uso de los fertilizantes, han permitido incrementar la utilización para usos humanos de la biomasa sin reducir el volumen de producción de biomasa que permanece en los ecosistemas naturales.

De otro lado, y debido al incremento de población, a pesar del importante aumento en la biomasa cosechada, cercano al 56%, el volumen de esta última cosechado por habitante tan solo experimentó un aumento muy moderado, del orden del 9%, a lo largo del período considerado. Es preciso, sin embargo, recordar que esto no es representativo de los consumos totales de biomasa por habitante, donde juega también un papel el comercio exterior. Por otra parte, al contrario que la biomasa de origen agrícola, que, como ya se ha señalado, creció fuertemente debido a la aplicación de sistemas más intensivos de producción, la de origen forestal mantuvo una estabilidad mucho mayor. En ello influyó el declive de la importancia de la madera y de los residuos forestales como combustible, a medida que se extendió el uso de los derivados del petróleo y del gas natural.

Las otras categorías de materiales incluidas en el gráfico no dan muestras de desacoplamiento ni absoluto ni relativo con respecto al PIB entre 1970 y el momento en que se registran los primeros embates de la crisis económico-financiera, ya en el siglo XXI. El impacto de esta última da lugar a un desacoplamiento radical, de carácter absoluto, que se prolonga, por lo general, hasta

que se inicia la recuperación. Es preciso, sin embargo, atender a algunos aspectos distintivos en el comportamiento de los distintos tipos de materiales.

Los flujos de minerales metálicos son los que muestran una vinculación más marcada con la producción industrial, y han sido objeto de atención preferente por parte de las políticas medioambientales debido a las presiones que su extracción, procesado, utilización y eliminación final ocasiona sobre el medio ambiente. Por ello, en muchos países europeos la minería de estos metales de uso industrial ha experimentado un declive sustancial en los últimos 30 años, aunque ello ha sido también el fruto de un agotamiento de las vetas de mayor calidad, de los elevados costes de explotación y de la competencia en el mercado internacional. Solamente Suecia y Finlandia extraen de su propio territorio cantidades significativas de metales y minerales industriales por habitante. Como puede observarse en el gráfico, es esta la serie que experimenta mayores oscilaciones en torno a la línea de tendencia del PIB. Es de notar una caída significativa del consumo a principios de los noventa, un pico posterior con el fin de siglo, y una prolongada disminución hasta que, a partir de 2013, se produce una recuperación más intensa que la que experimenta el PIB.

Los minerales no metálicos representan, por su peso en el total, el elemento dominante a la hora de explicar la evolución del consumo nacional de materiales, y muestran una evolución paralela a la del PIB, hasta que su crecimiento se acelera y supera fuertemente a la de esta última variable en la coyuntura alcista de la economía española que acompaña a la adopción del euro en 1999 y a la paralela reducción de los tipos reales de interés y que alcanza su máximo coincidiendo con el desencadenamiento de la crisis al final de la primera década del siglo XXI. Durante esos años, el fuerte abaratamiento del crédito bancario impulsó al alza la inversión, y, de un modo especial, la vinculada a la construcción residencial, elevando rápidamente la demanda de materiales de construcción, que constituyen el componente mayoritario en esta categoría de materiales. El estallido de la burbuja inmobiliaria y la caída de la inversión productiva al producirse el fin del ciclo expansivo se tradujeron en un desplome de la demanda de minerales no metálicos de mucha mayor intensidad que la caída

del PIB. Se produjo temporalmente un desacoplamiento absoluto entre la evolución de ambas variables, hasta que la recuperación económica, a partir de 2013, volvió a estabilizar, primero, y a elevar suavemente, después, el consumo de este tipo de materiales.

En el caso de los combustibles fósiles, se aprecia, hasta finales de la década de los noventa, un crecimiento de su demanda que podría calificarse de *superacoplado*, en el sentido de que el uso de esta fuente de energía crece con mayor intensidad que el PIB, contribuyendo a aumentar la intensidad energética del conjunto de la economía. Posteriormente, se produce una evolución a un ritmo muy similar de ambas magnitudes y, a partir del inicio de la crisis económico-financiera, se abre una brecha entre ambas trayectorias. La importante reducción en la demanda de combustibles fósiles no es solamente el reflejo de la negativa evolución del PIB en los años de crisis, y, de hecho, la recuperación económica posterior no la ha impulsado significativamente al alza. Están jugando también otros factores, entre los que se encuentra, al igual que en otros países de Europa, un uso creciente de energía procedente de fuentes renovables —cambio en el *mix* energético— y cierta mejora de la eficiencia energética de la economía. En cualquier caso, el menor uso de combustibles fósiles no significa que se hayan reducido las necesidades energéticas globales de la economía española. Así, por ejemplo, en 2019 el consumo de energía final en España era muy similar al del año 2002, pero el componente de energías renovables era un 76% superior.

La importancia de los impactos ambientales vinculados al uso de los combustibles fósiles, entre los que se cuenta en forma destacada la emisión de gases de efecto invernadero, sugiere la necesidad de analizar con un mayor nivel de detalle los factores impulsores de la evolución del consumo de energía final y de los cambios en su composición a lo largo de las tres últimas décadas, tarea que se aborda en el siguiente apartado.

4.4. La evolución de los consumos energéticos en la economía española

4.4.1. Los objetivos de reducción de emisiones y el consumo de energía

El uso de la energía forma una parte muy relevante del metabolismo social, y analizando las diversas formas que ha adquirido con el paso del tiempo es posible describir la evolución de las sociedades humanas, desde el nivel primario de las sociedades de cazadores-recolectores a la sociedad industrial, pasando por las sociedades agrarias tradicionales (Haberl 2002). Mientras el nivel de desarrollo de las sociedades primitivas estaba fuertemente condicionado por el volumen de energía en forma de biomasa que podían obtener del territorio que controlaban, y, por tanto, sujeto a su productividad biológica, en las sociedades industriales, el metabolismo energético se ha basado principalmente en la utilización de fuentes de energía independientes del área habitada por una población humana concreta, como los combustibles fósiles o la energía nuclear. Ello ha permitido independizar, en buena medida, el metabolismo de las sociedades industriales de los flujos de energía del entorno ecológico y aumentar enormemente la disponibilidad de energía por persona, lo que, a su vez, ha permitido un extraordinario aumento de la acumulación de *stocks* de bienes duraderos, pero ha creado problemas de sostenibilidad distintos de los que soportaban sociedades situadas en estadios anteriores de desarrollo económico. Estos problemas se manifiestan principalmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global del planeta.

Las autoridades europeas han podido constatar el cumplimiento de los objetivos propuestos para 2020 con relación a la reducción de emisiones de GEI, consistentes en la reducción en un 20% del volumen de emisiones alcanzado en 1990, pero a la vez han advertido que si se mantuviera el ritmo a que han evolucionado dichas emisiones entre 1990 y 2018, no sería posible lograr el objetivo previsto para 2030, que supone una reducción del 40% respecto a 1990. Mucho menos aún los objetivos más ambiciosos

que está proponiendo la Comisión Europea, y que representarían una reducción del 55% para 2030 (EEA 2020).

La reducción de las emisiones ha venido impulsada, principalmente, por la descarbonización de la producción de energía eléctrica, y por la ganancia de peso de las energías renovables en el consumo total de energía. Sin embargo, en lo concerniente a los objetivos formulados en términos de energía total consumida, los resultados no son tan positivos. Es cierto que se puede dar por conseguido, para las energías renovables, el objetivo de la participación del 20% en el consumo de energía para 2020, dado que los datos para 2019 ya muestran que se había alcanzado un 19,5%, pero la moderación en el consumo final de energía procedente de todo tipo de fuentes y en el consumo de energía primaria está siendo demasiado lenta.

Los Estados miembros de la Unión Europea se marcaron, de acuerdo con la Directiva de Eficiencia Energética (Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012), sus propios objetivos nacionales de carácter no vinculante para 2020, tomando como punto de referencia inicial el año 2005. Todos los países, con excepción de Chipre, Eslovenia, Finlandia, Letonia, Malta, Polonia y Rumania, establecieron objetivos de consumo de energía final que eran menores que sus consumos iniciales. La experiencia del período transcurrido entre 2005 y 2018 ha señalado que dicho consumo disminuyó en 19 países y se incrementó en 9, que son los siete que se acaban de mencionar más Austria y Lituania (EEA 2020).

En España, el Consejo de Ministros aprobó el 16 de marzo de 2021 la versión final del *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030* (MITECO 2020b), que permite conocer la última actualización de los objetivos relativos a la reducción de emisiones y a los consumos energéticos. Las previsiones que aparecen en dicho plan indican que se aspira a una reducción del 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 respecto a 1990. Es un objetivo modesto, si se compara con los que está considerando la Comisión Europea para el conjunto de la Unión Europea, pero hay que tener presente que equivale a una reducción del 38% respecto a las emisiones brutas totales del año 2010, lo que viene a indicar que se pretende compensar en los próximos

años el esfuerzo insuficiente llevado a cabo en el pasado. En la práctica esto supondrá retirar entre 2020 y 2030 una de cada tres toneladas-equivalentes de CO₂ emitidas. Más a largo plazo, la Administración española comparte el objetivo de la Comisión Europea de descarbonización de la economía, que permitiría convertir a la Unión Europea, y, por tanto, también a España, en un área climáticamente neutra —cero emisiones netas de gases de efecto invernadero— en 2050.

En lo que se refiere al consumo de energía, en el plan se prevén reducciones continuadas en el uso de energía primaria y de energía final, con una disminución anual del consumo de energía primaria cifrado en el 1,9% a partir de 2017, lo que, en combinación con el crecimiento anual previsto del PIB, permitiría una ganancia anual de eficiencia energética —reducción del coeficiente energía primaria/PIB— del orden del 3,5% hasta 2030. También se propone que en 2030 las energías renovables pasen a representar el 42% del consumo total de energía final, y que el 74% de la electricidad generada proceda de energías renovables. En cuanto al consumo de energía final, excluyendo los usos no energéticos, se prevé que pase de 80.562 a 73.560 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) anuales entre 2015 y 2030.

Una gran parte de las expectativas puestas en la descarbonización de la economía descansa sobre el incremento del peso de las energías renovables en la capacidad instalada de generación de electricidad, como puede observarse en el cuadro 4.4. Se aprecia una previsión de muy fuerte aumento de la capacidad instalada de energías renovables, especialmente en el caso de la eólica y de la solar fotovoltaica, y la completa desaparición, a la altura de 2030, de la producción de energía eléctrica a partir de carbón.

Para captar el significado de los objetivos planteados para la próxima década en España en relación con los consumos energéticos, resulta de interés analizar la trayectoria seguida por el consumo de energía final en los últimos treinta años, y hacerlo de tal modo que sea posible entender adecuadamente el papel jugado por sus principales factores impulsores.

En general, suele asumirse que los cambios a lo largo del tiempo en el consumo de energía por parte de un sistema económico responden a algunos factores que actúan como motores de esa

CUADRO 4.4: Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica. Parque de generación del Escenario Objetivo
(MW)

	2015	2020	2025	2030
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoelectrónica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo puro	3.337	3.3337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y fuel/gas (territorios no peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
Total	107.173	111.829	133.802	160.837

Nota: Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones de Escenario Objetivo del PNIEC.

Fuente: MITECO (2020b).

evolución y que tienen que ver con las variaciones en el nivel absoluto de actividad en ese sistema, con las transformaciones que experimenta la estructura sectorial de esa actividad económica, y con la evolución temporal en la intensidad de uso de energía en cada uno de los sectores componentes de la estructura productiva. El primero de estos aspectos puede quedar reflejado a través de dos componentes: la población y el nivel de renta real por persona, expresado mediante el PIB per cápita. Las técnicas de descomposición de las variaciones anuales en el consumo de energía final que pueden emplearse a efectos de análisis son diversas y aquí se va a seguir una de las que han sido empleadas

con mayor frecuencia en la literatura especializada, el enfoque del índice divisia de la media logarítmica (LIMDI) en su versión de descomposición aditiva (Ang 2005).

4.4.2. Una metodología para el análisis de los determinantes del consumo energético

Los diferentes tipos de energía final empleados tienen distintas implicaciones, no solo desde el punto de vista ambiental —donde el uso de energías renovables es ampliamente preferible al de energías fósiles—, sino también desde otras perspectivas, como el distinto grado de dependencia de las importaciones que implican para la economía española. Es conveniente, por ello, no limitarse al seguimiento de un valor agregado del consumo de energía final, sino estudiar la evolución y los factores determinantes del consumo de cada tipo particular de energía. Para ello, el método a aplicar consistirá en llevar a cabo para cada tipo de energía final j , la descomposición de las variaciones de su consumo en cada subperiodo temporal en función de los factores impulsores a los que antes nos hemos referido, de tal modo que sea posible identificar la contribución de cada factor a la variación del consumo energético. Cada uno de los sectores componentes de la estructura productiva se designa por i .

Para obtener la Energía Final j consumida al principio y al final de cada período, es decir, en el año 0 y en el año t (E_{j0} y E_{jt}), para el conjunto de los sectores económicos considerados se hará uso de la siguiente expresión, calculada para cada uno de esos dos años:

$$E_{jt} = \sum_i E_{jit} = \sum_i \left(\frac{E_{jit}}{E_{it}} \frac{E_{it}}{VA_{it}} \frac{VA_{it}}{VA_t} \frac{VA_t}{Pop_t} Pop_t \right)$$

En la identidad anterior, E_{jt} , designa la energía final del tipo j consumida en t por la totalidad de los sectores, expresada en miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep); E_{jit} designa la energía final del tipo j consumida en t por el sector i ; E_{it} designa la energía final total consumida en t por el sector i ; VA_{it} designa el valor añadido real generado por el sector i en t ; VA_t designa el valor añadido total real en t y Pop_t designa la población en t .

Según esta fórmula, la energía consumida podría descomponerse en cinco elementos, cada uno de los cuáles refleja un efecto:

$$\frac{E_{jt}}{E_{it}} = ES_j \quad (\text{efecto de la composición del consumo energético según el tipo de energía final})$$

$$\frac{E_{it}}{VA_{it}} = EI_i \quad (\text{efecto de la intensidad energética de la producción del sector } i)$$

$$\frac{VA_{it}}{VA_t} = PS_i \quad (\text{efecto de la estructura productiva de la economía nacional})$$

$$\frac{VA_t}{Pop_t} = P_{PC} \quad (\text{efecto del nivel de actividad económica alcanzado o renta real, en términos por habitante})$$

$$Pop_t = POB \quad (\text{efecto demográfico})$$

De este modo, se pretende calcular en cada período de tiempo y para cada tipo de energía la variación en el consumo de energía final entre dos años, 0 y t , para posteriormente descomponerla en los efectos que la explican. La variación se expresa del siguiente modo:

$$\Delta E_{jt} = E_{jt} - E_{j0}$$

El método LMDI permite, a continuación, descomponer este aumento del consumo de energía, de tal modo que:

$$\Delta E_{jt} = \Delta ES_j + \Delta EI_i + \Delta PS_i + \Delta P_{PC} + \Delta POB$$

El primer componente (ΔES_j) mide la contribución a las variaciones del consumo de cada tipo particular de energía final que procede de la sustitución en cada sector económico de unas fuentes de energía final por otras, lo que puede ser efecto de variaciones en los precios o de cambios regulatorios. El segundo (ΔEI_i) expresa la aportación procedente de los cambios que tienen lugar en la intensidad energética de los sectores económicos como resultado de los cambios tecnológicos, que a su vez se ven

influidos por las variaciones en los precios relativos y en las regulaciones públicas dirigidas a promover la eficiencia energética. Este efecto se considerará, por tanto, independiente de las alteraciones en la estructura sectorial de la economía y en los niveles de actividad económica. El tercero (ΔPS_i) refleja la contribución del *efecto estructural*, que recoge el impacto sobre el consumo de energía final de las modificaciones en la composición por sectores del VAB de la economía nacional, ya que cada uno de ellos opera con una distinta intensidad energética. El cuarto componente (ΔP_{PC}) refleja los efectos del aumento en la renta real por habitante sobre el consumo de energía, constituyendo, por tanto, un reflejo de los cambios en las pautas de consumo y estilos de vida entre la población. El quinto y último componente (ΔPOB) recoge los efectos de la variación del tamaño de la economía a través de los cambios demográficos. Los cálculos pretenden aislar del resto el efecto de cada uno de los factores impulsores de los cambios en el uso de energía, bajo el supuesto de que los niveles de los restantes factores permanecen constantes a efectos de análisis.

Para obtener cada uno de estos componentes, de acuerdo con el método de descomposición LIMDI y suponiendo que las contribuciones de cada efecto al cambio en el consumo de energía final son aditivas, se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta ES_j = \sum_i L(E_{it}, E_{io}) \ln \left(\frac{ES_{jt}}{ES_{jo}} \right)$$

$$\Delta EI_i = \sum_i L(E_{it}, E_{io}) \ln \left(\frac{EI_{it}}{EI_{io}} \right)$$

$$\Delta PS_i = \sum_i L(E_{it}, E_{io}) \ln \left(\frac{PS_{it}}{PS_{io}} \right)$$

$$\Delta P_{PC} = \sum_i L(E_{it}, E_{io}) \ln \left(\frac{P_{PCt}}{P_{PCo}} \right)$$

$$\Delta POB = \sum_i L(E_{it}, E_{io}) \ln \left(\frac{POB_t}{POB_o} \right)$$

donde $L(E_{it}, E_{i0})$ actúa como un factor de ponderación y se define como

$$L(E_{it}, E_{i0}) = \frac{E_{jt} - E_{j0}}{\ln E_{jt} - \ln E_{j0}}$$

El resultado final de esta descomposición es que podemos conocer la contribución de cada *driver* o factor a la evolución, en cada subperiodo, del consumo de cada tipo de energía final. La estructura sectorial de la economía española entra en el análisis a partir de la distribución del VAB entre los sectores de agricultura y pesca, industria, construcción, transporte y otros servicios. El deseo de singularizar el sector del transporte y tratarlo por separado de los otros servicios obedece a la importancia de sus consumos energéticos. El énfasis en la composición por sectores de la estructura productiva significa que el análisis queda, por tanto, circunscrito a la actividad económica, dejando fuera el consumo energético de las familias. Por lo que se refiere a los tipos de energía final a considerar, se tienen en cuenta los combustibles fósiles, las energías renovables y la electricidad, dejando de lado los residuos, que tienen una importancia mínima como recurso energético.

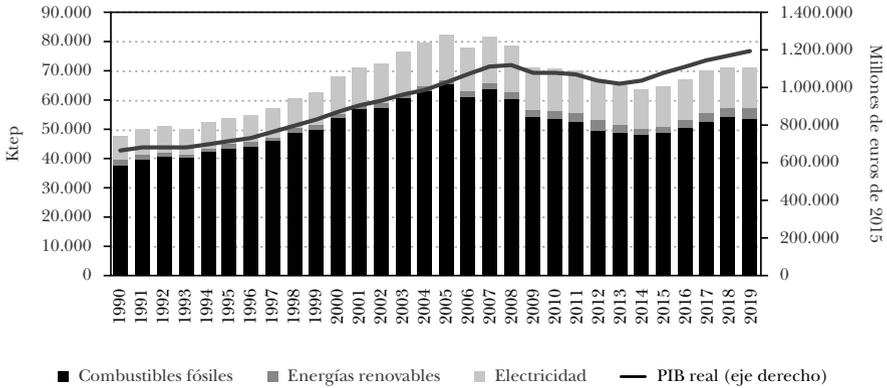
4.4.3. El consumo de energía final por parte del sistema productivo español: evolución y factores determinantes

El consumo de energía final registrado en España para fines no residenciales entre 1990 y 2019 muestra una trayectoria ascendente, que solo se ve temporalmente interrumpida a partir de 2007, cuando se inicia un descenso que dura hasta 2014 y que recoge, en buena medida, los efectos de la crisis económica. A partir de este último año, vuelve a iniciarse una recuperación del consumo hasta 2019 (gráfico 4.6).

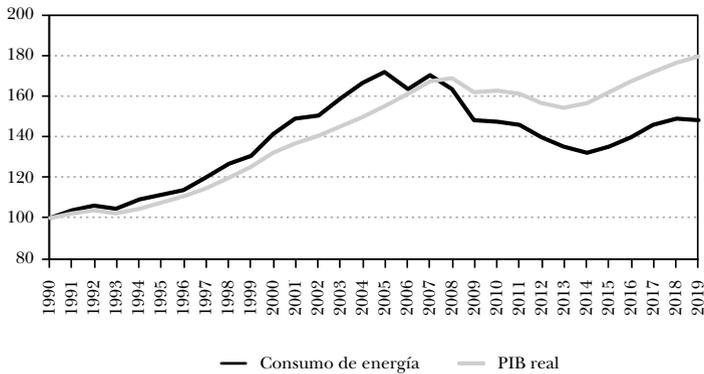
El consumo de energía pasó de 48.039 miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep) en 1990 a 71.279 millones en 2019, lo que representa un aumento en porcentaje del 48%, pero el pico de la serie se registró en 2005, con 82.608 ktep. Como muestra el gráfico 4.6, el consumo de energía y el PIB evolucionan de forma bastante paralela, por lo que no cabe hablar de desacoplamiento entre ambas magnitudes, y solamente en los últimos años, que corresponden al período de recuperación económica posterior a

GRÁFICO 4.6: Consumo de energía final por tipos de energía y PIB real. 1900-2019

a) Niveles



b) 1990 = 100



Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012) y elaboración propia.

2013, se observa que el crecimiento económico es algo más intenso que el del uso de la energía por parte del sistema productivo. A grandes rasgos, en el período anterior a la crisis económica, la expansión del consumo de energía excede a la del PIB y, posteriormente, ocurre lo contrario, ya que la inflexión a la baja inducida por la crisis afecta más al consumo energético que a la producción de bienes y servicios.

El uso del método de descomposición que antes se ha descrito (enfoque LIMDI) puede emplearse para estudiar los factores que han impulsado las variaciones en el consumo de energía final en España, y también el de cada uno de los tres tipos de energía que aquí se están considerando. Empezaremos por el agregado —energía final consumida— para luego abordar el estudio de combustibles fósiles, renovables y electricidad.

Al descomponer la evolución del consumo de energía final a nivel agregado, desaparece lógicamente el efecto de composición del consumo energético, quedando los otros cuatro: intensidad energética, estructura productiva, nivel de actividad y población. A la vista de la información aportada por el cuadro 4.5, se observa que es el aumento de dimensión de la economía, principalmente a través del aumento del nivel de renta por habitante pero también debido al aumento de la población, el principal factor que ha hecho crecer el consumo de energía final en España entre 1990 y 2019. Este crecimiento, que puede cifrarse en 23.240 miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep), se ha debido, en una proporción muy elevada, al incremento de la demanda de energía procedente del sector del transporte, siendo la industria el único sector productivo que ha reducido su consumo acumulado de energía cuando se considera la totalidad del período. En cambio, las modificaciones de la composición de la estructura productiva han contribuido a un ahorro neto de energía, debido principalmente a la progresiva reducción de la proporción del valor añadido bruto de la economía española generada por el sector industrial. Por último, la reducción de la intensidad energética, centrada en la industria y, en menor medida, en los transportes, ha ayudado también a reducir el consumo acumulado de energía. El grueso de esa mejora de eficiencia energética ha tenido lugar con posterioridad al año 2007.

Estos resultados pueden compararse con los obtenidos aplicando el mismo enfoque metodológico para el conjunto de la Unión Europea a lo largo de un período de tiempo similar (Moreau, Amarante de Oliveira y Vuille 2019). Entre 1990 y 2014, el *factor de escala*, es decir, el crecimiento económico medido por el PIB, jugó siempre en sentido positivo sobre el consumo, mientras que el *factor estructural*, es decir, la desindustrialización y terciarización

CUADRO 4.5: Descomposición del crecimiento total acumulado del consumo de energía final
(ktep)

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Consumo de energía final	19.937,03	13.726,05	-16.780,66	6.357,75	23.240,16
Agricultura y pesca	899,64	367,92	-93,28	54,35	1.228,63
Industria	4.952,44	1.874,21	-7.792,11	-255,78	-1.221,24
Construcción	144,30	189,29	844,99	106,15	1.284,73
Transporte	10.681,79	9.153,06	-10.599,46	5.960,88	15.196,27
Servicios	3.258,85	2.141,57	859,20	492,16	6.751,78
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (EI)	2.976,2	4.787,0	-10.196,3	-4.559,8	-6.992,9
Efecto Estructura productiva (PS)	1.089,8	-9.029,5	-1.780,4	1.338,9	-8.381,3
Efecto Nivel de actividad (PIBpc) (P_{pc})	13.614,5	10.097,2	-8.042,4	9.223,4	24.892,7
Efecto demográfico (Pob)	2.256,5	7.871,4	3.238,4	355,3	13.721,6

Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012) y elaboración propia.

de la economía de los países europeos, actuó con signo negativo, y con especial intensidad en los años noventa del siglo pasado. El *factor de intensidad*, que refleja las mejoras en la eficiencia energética, operó reduciendo de manera continua el consumo de energía en el sector primario, y también casi siempre lo hizo en el sector de los servicios, aunque con menor fuerza. En la industria, las mejoras de eficiencia energética se produjeron también a lo largo de todo el período, salvo entre 1995 y 2000, en que hubo un pequeño efecto de signo positivo. Sin embargo, las mejoras de eficiencia energética como factor de ahorro de energía en el sector industrial solo tuvieron un papel determinante en la variación del consumo energético del sector en Europa en los últimos años contemplados en el estudio citado, es decir, entre 2010 y 2014. De cara al futuro, la Agencia Europea del medio ambiente considera que la mayoría de los países miembros de la Unión Europea deberán llevar a cabo reducciones anuales más intensas de su consumo de energía final que las que lograron entre 2005 y 2018 para poder alcanzar los objetivos de eficiencia energética marcados para 2030 (EEA 2020). Entre los países que deberían llevar a cabo ese

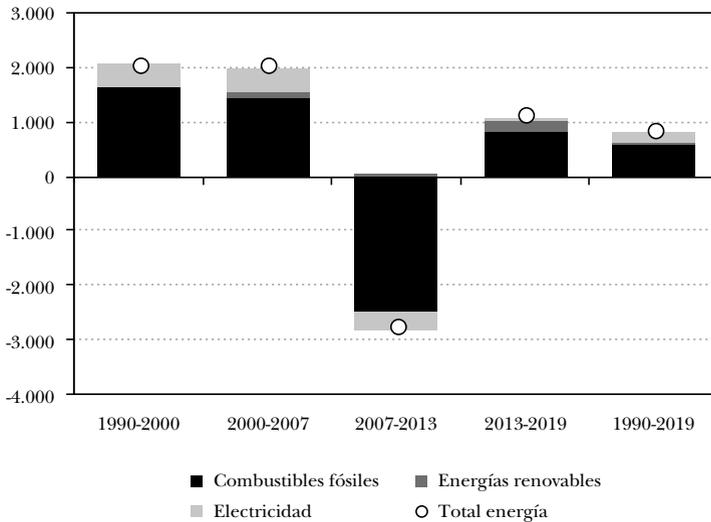
importante esfuerzo adicional se encuentra España, pero también Francia y Alemania.

La mayor parte de la energía final consumida en España procede de los combustibles fósiles, aunque su peso ha acabado por disminuir con el paso del tiempo. En 1990 esta fuente de energía representaba el 79% del total, y en 2005 mantenía prácticamente el mismo porcentaje, habiendo alcanzado una participación máxima del 82% en 1995. En cambio en 2014 había bajado al 75%, proporción que se mantenía en 2019. Las energías renovables han ido adquiriendo una mayor participación, ya que su consumo en 2019 era un 89% superior al de 1990, pero la expansión de su uso se concentra en el período posterior a 2005. Por su parte, el consumo de electricidad también gana peso relativo, ya que registra un aumento del 67% a lo largo del período. El grueso del aumento del consumo de este tipo de energía se produce en la década que va de 1995 a 2005, ya que posteriormente tiende a producirse una estabilización en valores algo más bajos del consumo de electricidad. El gráfico 4.7 recoge la variación media anual en el consumo de energía final por subperiodos y tipo de energía. Además de la caída del consumo entre 2007 y 2013, los años de la crisis, puede constatarse también que los incrementos medios anuales de los años 2013 a 2019 son menores que los registrados tanto entre 1990 y 2000, como entre 2000 y 2007. Puede observarse, además, que los mayores incrementos anuales en el consumo de energías renovables tienen lugar entre 2013 y 2019.

Haciendo uso del método LIMDI a que antes se ha hecho referencia, resulta posible descomponer las variaciones medias anuales del consumo de cada tipo de energía en cada uno de los subperiodos que se han definido según los efectos que respectivamente las explican. Es lo que se ha hecho en el cuadro 4.6, que recoge la descomposición del crecimiento acumulado del consumo de combustibles fósiles, energías renovables y electricidad, y en el gráfico 4.8, que descompone para esas tres clases de energía el crecimiento medio anual del consumo.

En el caso de los combustibles fósiles, cabe observar, en primer lugar, que los incrementos medios anuales son progresivamente menores, además de la caída en términos absolutos que tiene lugar entre 2007 y 2013. Así, el incremento medio anual registrado

GRÁFICO 4.7: Variación media anual del consumo de energía final por tipos de energía y subperiodos
(ktep)



Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

entre 2013 y 2019 viene a ser la mitad del correspondiente a la primera década de la serie. Si se toma la totalidad del período estudiado, entonces se constata que hay dos factores que, de forma habitual, impulsan al alza las cifras de consumo, que son la mejora del nivel de vida de la población, vinculada a un incremento de la actividad económica y reflejada en el aumento del PIB per cápita, y el crecimiento demográfico. Como era de esperar, la excepción por lo que atañe al incremento del nivel de actividad económica es el bache de los años 2007 a 2013. Los otros tres efectos juegan en contra del consumo de combustibles fósiles. Lo hace, en primer lugar, y a partir del año 2000, el cambio en la composición del consumo energético, a medida que otras fuentes de energía contribuyen en mayor proporción que la procedente de los combustibles fósiles, y en especial del carbón y de los productos petrolíferos, al abastecimiento energético. Pero todavía reviste mayor importancia la modificación de la estructura productiva español-

CUADRO 4.6: Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo

(ktep)

a) Combustibles fósiles

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Consumo de energía final	1.609,5	1.427,6	-2.469,2	797,4	553,7
Efecto Composición del consumo energético (<i>ES</i>)	28,1	-202,0	-75,9	-166,6	-89,2
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (<i>EI</i>)	195,7	765,0	-1.571,6	-470,0	-170,3
Efecto Estructura productiva (<i>PS</i>)	109,4	-1.166,4	-219,6	230,3	-241,6
Efecto Nivel de actividad (PIBpc) (P_{pc})	1.094,4	1.141,5	-1.018,0	1.158,9	682,1
Efecto demográfico (<i>Pob</i>)	181,9	889,5	415,8	44,7	372,7

b) Energías renovables

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Consumo de energía final	-39,31	103,04	22,24	197,55	56,79
Efecto Composición del consumo energético (<i>ES</i>)	-69,24	81,21	156,64	162,18	61,69
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (<i>EI</i>)	-6,53	-9,39	-79,81	-40,91	-29,49
Efecto Estructura productiva (<i>PS</i>)	-1,62	-24,78	-20,28	9,00	-8,87
Efecto Nivel de actividad (PIBpc) (P_{pc})	32,69	31,35	-51,42	63,87	21,42
Efecto demográfico (<i>Pob</i>)	5,38	24,65	17,10	3,40	12,05

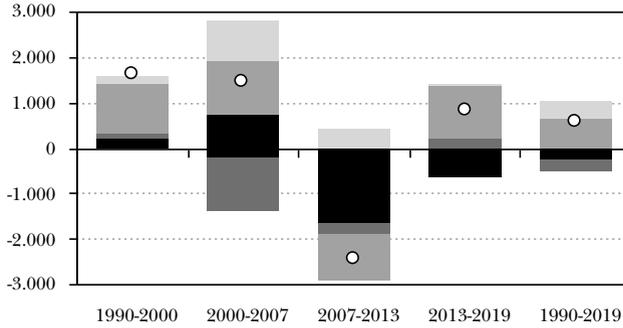
c) Electricidad

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Consumo de energía final	423,48	430,22	-349,79	64,72	190,90
Efecto Composición del consumo energético (<i>ES</i>)	41,67	120,85	-78,33	4,82	28,33
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (<i>EI</i>)	108,31	-71,13	-51,89	-249,14	-42,10
Efecto Estructura productiva (<i>PS</i>)	1,21	-98,50	-55,96	-16,18	-38,29
Efecto Nivel de actividad (PIBpc) (P_{pc})	234,02	268,99	-270,28	314,09	154,69
Efecto demográfico (<i>Pob</i>)	38,27	210,01	106,68	11,13	88,26

Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

GRÁFICO 4.8: Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo
(ktep)

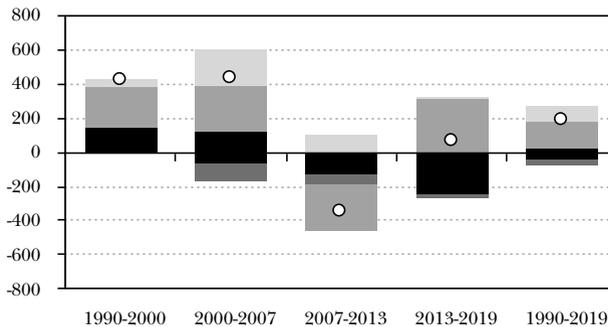
a) Combustibles fósiles



b) Energías renovables



c) Electricidad



- Efecto Composición del consumo energético (ES)
- Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (EI)
- Efecto Estructura productiva (PS)
- Efecto Nivel de actividad (PIBpc) (P_{pc})
- Efecto demográfico (Pob)
- Consumo de energía final

Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

la, que ha actuado en detrimento del consumo de este tipo de energía a medida que ha disminuido el peso de la industria en la economía. Se advierte también que contribuye a la moderación del consumo agregado de combustibles fósiles un efecto de reducción en la intensidad de los consumos energéticos en relación con la actividad económica, fruto de una combinación de avances tecnológicos y de regulaciones públicas, como es, por ejemplo, el caso de la introducción de motores más eficientes y menos contaminantes en los vehículos de transporte. Este último efecto, que recoge los cambios en la intensidad energética de la producción en los distintos sectores económicos, solo entra en juego a partir de 2007. En el lado opuesto, el efecto que más ha contribuido a impulsar el incremento neto del consumo de combustibles fósiles entre 1990 y 2019 ha sido el aumento del nivel de actividad —medido por el PIB per cápita—, que ha representado el 123% de dicho incremento neto. Ha contrapesado, junto con la elevación de la demanda de uso de este tipo de combustibles derivada del crecimiento de la población, la fuerte influencia a la baja del consumo derivada de los cambios en la estructura productiva, y, en menor medida, de la reducción de la intensidad energética y de un cambiante *mix* energético.

En el caso de las energías renovables, la pauta es similar a la señalada para los combustibles fósiles por lo que respecta a los efectos derivados de los cambios en la actividad económica y en la población, que ejercen una influencia de signo positivo sobre el consumo. Difiere, sin embargo, en los tres restantes. Así, los cambios en el *mix* energético favorecen, desde comienzos de siglo, a las energías renovables, y lo hacen con creciente intensidad. La contribución de la modificación de la estructura productiva es más bien desfavorable al incremento del consumo de estas energías, con una excepción, y de escasa cuantía, en lo que atañe al último subperiodo. Por su parte, el efecto de intensidad energética sectorial contribuye de forma continuada a reducir el consumo, pero con más fuerza en los períodos más recientes. En síntesis, el factor que más ha contribuido a impulsar el aumento del consumo de energías renovables ha sido la modificación del *mix* energético a favor de este tipo de energía y en detrimento de los combustibles fósiles. A este factor le corresponde el 109% del

incremento neto del consumo de energías renovables a lo largo de todo el período.

El consumo de electricidad ha crecido impulsado por la mejora del nivel de actividad, excepto, como ya es habitual, en el período 2007-2013, y por el incremento de la población. En cambio, la disminución de la intensidad energética en la producción sectorial ha contribuido a reducir el consumo, salvo en los primeros diez años del período estudiado y, generalmente, los cambios en la composición del consumo energético han favorecido el consumo de electricidad, excepto en los años de crisis. De otro lado, las modificaciones en la estructura productiva española han contribuido a reducir el consumo eléctrico, ya que ha influido más la pérdida de peso relativo de la industria que la ganancia de peso de los servicios. El principal motor de los incrementos del consumo ha sido, en este caso, el crecimiento del nivel de renta por habitante, y los cambios en los estilos de vida que ha conllevado, ya que este efecto representa el 81% del cambio neto total del consumo de electricidad entre 1990 y 2019.

A continuación, resulta posible profundizar más en los cambios comentados en el consumo de energía final a partir de la información que se recoge en los tres paneles del cuadro 4.7, que expresan para cada una de las tres categorías de consumo de energía, una doble descomposición: por efectos, y dentro de cada efecto, por sectores productivos.

En los combustibles fósiles, el sector económico que más influye al alza en la trayectoria de su consumo es el del transporte, destacando el papel que juega este sector en los efectos correspondientes al nivel de actividad y a la demografía, ambos cuantiosos. Es indudable que este sector aporta una contribución fundamental al crecimiento del PIB, facilitando el intercambio de bienes a lo largo y ancho del territorio, lo que permite ampliar los mercados y favorece la explotación de economías de escala, mejorando la eficiencia en costes de las empresas. En una economía madura, como es en la actualidad la española, los flujos de transporte alcanzan un gran volumen. Según el OTLE (2019), en el año 2017 se desplazaron más de 427.000 millones de viajeros-km, y se transportaron 1410 millones de toneladas en el interior del país. El sector del transporte es el principal consumidor de

CUADRO 4.7: Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo de energía y sector productivo

(ktep)

a) Combustibles fósiles

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Agricultura y pesca	76,27	41,89	-7,59	-4,97	33,81
Industria	363,09	95,99	-843,94	-171,09	-61,63
Construcción	7,68	10,30	138,75	4,82	34,84
Transporte	1.056,66	1.279,51	-1.868,23	871,47	466,99
Servicios	105,83	-0,08	111,78	97,13	79,70
Consumo de energía final	1.609,53	1.427,60	-2.469,23	797,35	553,70
Agricultura y pesca	1,93	-2,49	1,38	-11,89	-2,11
Industria	36,19	-89,95	-20,02	-135,25	-41,36
Construcción	1,56	-3,50	43,84	-6,32	7,46
Transporte	1,40	-8,01	-179,56	-78,40	-54,82
Servicios	-12,95	-98,01	78,49	65,28	1,62
Efecto Composición del consumo energético (ES)	28,13	-201,96	-75,87	-166,58	-89,21
Agricultura y pesca	10,77	37,30	-28,72	-23,62	1,89
Industria	-60,60	-151,69	-378,72	-263,12	-190,30
Construcción	4,37	8,32	140,88	-14,34	29,70
Transporte	173,58	875,23	-1.332,09	-110,09	-27,26
Servicios	67,56	-4,16	27,04	-58,80	15,72
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (EI)	195,69	765,00	-1.571,60	-469,97	-170,26
Agricultura y pesca	15,49	-71,72	43,72	-19,48	-6,95
Industria	-5,36	-270,41	-296,14	-27,10	-134,00
Construcción	-0,38	-1,04	-39,69	5,21	-7,51
Transporte	98,17	-843,66	33,53	272,08	-106,56
Servicios	1,46	20,40	38,98	-0,39	13,41
Efecto Estructura productiva (PS)	109,39	-1.166,43	-219,61	230,31	-241,62
Agricultura y pesca	41,05	43,80	-38,84	48,41	26,71
Industria	336,51	340,64	-257,00	246,49	196,09
Construcción	1,85	3,62	-7,91	19,66	3,94
Transporte	672,30	706,73	-664,49	757,43	421,64
Servicios	42,68	46,66	-49,72	86,92	33,68
Efecto Nivel de actividad (PIBpc)	1.094,38	1.141,45	-1.017,95	1.158,91	682,06
Agricultura y pesca	7,03	34,99	14,87	1,61	14,28
Industria	56,35	267,40	107,93	7,89	107,94
Construcción	0,28	2,91	1,63	0,61	1,26
Transporte	111,22	549,21	274,38	30,46	233,99
Servicios	7,07	35,02	16,98	4,12	15,26
Efecto demográfico (Pob)	181,95	889,54	415,80	44,69	372,73

CUADRO 4.7 (cont.): Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo de energía y sector productivo

(ktep)

b) Energías renovables

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Agricultura y pesca	1,01	1,55	9,96	0,03	2,79
Industria	-53,80	45,20	-75,32	64,45	-9,89
Construcción	0,43	0,17	1,91	3,84	1,38
Transporte	7,27	45,25	86,55	120,32	56,23
Servicios	5,78	10,88	-0,85	8,92	6,29
Consumo de energía final	-39,31	103,04	22,24	197,55	56,79
Agricultura y pesca	0,86	1,27	9,13	-0,25	2,44
Industria	-83,08	32,43	1,34	65,35	-7,02
Construcción	0,43	-0,04	-0,20	2,66	0,65
Transporte	7,26	39,66	148,81	86,47	60,76
Servicios	5,29	7,89	-2,44	7,94	4,87
Efecto Composición del consumo energético (ES)	-69,24	81,21	156,64	162,18	61,69
Agricultura y pesca	0,02	0,10	-0,15	-0,95	-0,20
Industria	-6,83	-12,95	-34,24	-29,37	-18,64
Construcción	0,00	0,09	3,45	0,32	0,80
Transporte	-0,01	3,95	-50,05	-7,93	-11,04
Servicios	0,29	-0,58	1,18	-2,98	-0,41
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (EI)	-6,53	-9,39	-79,81	-40,91	-29,49
Agricultura y pesca	0,03	-0,43	1,79	-0,69	0,13
Industria	-1,64	-21,14	-28,26	-3,35	-12,21
Construcción	0,00	-0,01	-1,18	0,23	-0,20
Transporte	0,00	-3,93	5,73	12,84	2,90
Servicios	0,00	0,73	1,65	-0,03	0,51
Efecto Estructura productiva (PS)	-1,62	-24,78	-20,28	9,00	-8,87
Agricultura y pesca	0,09	0,34	-1,12	1,86	0,26
Industria	32,40	26,52	-24,00	30,43	18,91
Construcción	0,00	0,07	-0,22	0,58	0,09
Transporte	0,01	2,82	-24,03	27,20	1,34
Servicios	0,18	1,60	-2,05	3,80	0,81
Efecto Nivel de actividad (PIBpc)	32,69	31,35	-51,42	63,87	21,42
Agricultura y pesca	0,01	0,27	0,31	0,06	0,15
Industria	5,35	20,34	9,84	1,38	9,08
Construcción	0,00	0,05	0,06	0,04	0,03
Transporte	0,00	2,74	6,08	1,73	2,28
Servicios	0,02	1,25	0,80	0,19	0,51
Efecto demográfico (Pob)	5,38	24,65	17,10	3,40	12,05

CUADRO 4.7 (cont.): Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo de energía y sector productivo
(ktep)

c) Electricidad

	1990-2000	2000-2007	2007-2013	2013-2019	1990-2019
Agricultura y pesca	12,69	9,13	-17,91	14,00	5,77
Industria	185,95	126,56	-379,42	64,02	29,41
Construcción	6,32	16,57	0,17	9,03	8,08
Transporte	4,25	-17,17	15,10	1,69	0,79
Servicios	214,27	295,14	32,27	-24,02	146,84
Consumo de energía final	423,48	430,22	-349,79	64,72	190,90
Agricultura y pesca	-2,70	1,25	-10,57	12,10	-0,31
Industria	46,95	56,76	18,65	69,81	48,19
Construcción	-1,85	3,70	-39,87	3,59	-7,25
Transporte	-8,55	-31,09	29,44	-8,02	-6,02
Servicios	7,82	90,22	-75,97	-72,67	-6,28
Efecto Composición del consumo energético (ES)	41,67	120,85	-78,33	4,82	28,33
Agricultura y pesca	1,62	4,89	-9,87	-5,46	-1,44
Industria	-18,54	-78,63	-182,30	-141,61	-92,39
Construcción	6,04	7,63	64,35	-1,05	17,02
Transporte	1,77	10,41	-10,77	-0,97	0,70
Servicios	117,43	-15,43	86,70	-100,04	34,01
Efecto Intensidad energética de la producción sectorial (EI)	108,31	-71,13	-51,89	-249,14	-42,10
Agricultura y pesca	3,53	-12,26	7,05	-3,94	-1,10
Industria	-4,69	-120,54	-144,18	-15,29	-63,70
Construcción	-0,78	-1,10	-21,58	1,49	-4,69
Transporte	1,90	-9,54	0,09	2,66	-1,08
Servicios	1,26	44,93	102,65	-1,10	32,29
Efecto Estructura productiva (PS)	1,21	-98,50	-55,96	-16,18	-38,29
Agricultura y pesca	8,78	8,66	-7,79	10,92	5,77
Industria	139,11	151,11	-122,98	145,75	89,15
Construcción	2,51	3,51	-4,55	4,77	1,76
Transporte	7,74	7,27	-5,53	7,76	4,89
Servicios	75,88	98,44	-129,44	144,89	53,13
Efecto Nivel de actividad (PIBpc)	234,02	268,99	-270,28	314,09	154,69
Agricultura y pesca	1,46	6,60	3,27	0,38	2,85
Industria	23,13	117,85	51,38	5,35	48,16
Construcción	0,40	2,83	1,81	0,23	1,24
Transporte	1,39	5,77	1,88	0,26	2,32
Servicios	11,89	76,97	48,34	4,90	33,69
Efecto demográfico (Pob)	38,27	210,01	106,68	11,13	88,26

Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

energía final en España, y el 90% del consumo de energía en ese sector procede del transporte por carretera, que en su casi totalidad emplea combustibles fósiles.

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del sector de transporte han crecido más rápidamente en España desde 1990 que en el conjunto de la Unión Europea, con la única excepción del período 2007-2013, en que la caída de los flujos de transporte fue más intensa que la del PIB. Es por ello que la mitigación de esas emisiones, y de otras nocivas para la calidad del aire, como el dióxido de nitrógeno y las partículas, llevaron a las autoridades españolas a aplicar medidas como las contenidas en la *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012* (IDAE 2007), que se centraban en tres ejes fundamentales: impulso a formas más eficientes de conducción y optimización en la logística de las mercancías, renovación del parque de vehículos buscando una flota más eficiente energéticamente y haciendo uso de nuevos combustibles, y cambio en los modos de transporte. La modificación de la proporción en que se usan los diferentes modos de transporte tiene una incidencia notable en la eficiencia energética, pudiéndose afirmar que en el caso del transporte de viajeros un cambio modal del coche particular al autobús y del avión al tren de alta velocidad redonda en un importante ahorro de energía por viajero transportado.

Junto al transporte también la industria ha ejercido una influencia notable sobre el consumo de combustibles fósiles, principalmente de gas natural. En sentido expansivo, lo ha hecho a través del aumento de las necesidades energéticas derivadas del incremento en casi un 40% en el valor añadido bruto del sector a precios constantes entre 1990 y 2019. Este crecimiento de la producción industrial se concentró entre 1990 y 2007, con un aumento del 49%, al que siguieron unos años de fuerte retroceso y, posteriormente, de recuperación, a pesar de la cual en 2019 el VAB industrial era todavía netamente inferior al registrado en 2007. En el sentido de minoración del consumo energético, el sector industrial ha influido de dos modos: a través de la reducción de su peso relativo en el VAB de la economía española y a través de la reducción de su intensidad energética. En cuanto a lo primero, su participación ha pasado del 21% al 16% en el período

analizado, y, en cuanto a lo segundo, conviene tener presente que la industria es el segundo sector, tras el transporte, en intensidad energética. Este segundo aspecto ha sido el más relevante de los dos en términos cuantitativos, y sus efectos se han notado especialmente entre 2005 y 2019, en que la intensidad energética en la industria española pasó de 0,17 ktep por millón de euros de VAB industrial a 0,11 ktep, una reducción muy considerable (-36%). Evidentemente, los cambios en la intensidad energética a escala de grandes sectores económicos reflejan también los efectos de las modificaciones en su composición interna. En España, el grueso de los consumos de energía del sector industrial se concentra en cuatro ramas de la producción: siderurgia y fundición, minerales no metálicos, industria química y petroquímica, y alimentación, bebidas y tabaco. Estas ramas de la producción industrial han disminuido su peso a precios constantes sobre el VAB industrial, pasando de representar el 46,2% en 1990 al 44,2% en 2005 y el 41,9% en 2019.

En el caso de las energías renovables, de nuevo el principal protagonista a nivel sectorial es el transporte. Por un lado, a través del cambio en la estructura de su consumo de energía final a favor de las renovables, lo que ha impulsado al alza su consumo. Este cambio se ha registrado sobre todo a partir del año 2000, con la progresiva utilización de los biocombustibles, que ha sido incentivada desde la Administración. De otro lado, a través de la reducción de la intensidad energética de este sector. El transporte es la actividad económica que presenta en España un consumo de energía más elevado en relación con el VAB que genera, y solo a partir de 2006 esta proporción empezó a reducirse. De hecho, entre 1990 y 2006 todavía aumentó, al pasar de 0,72 ktep por millón de euros de VAB a precios constantes a 0,92 ktep, para disminuir posteriormente, aunque con altibajos, otra vez a 0,72 ktep en 2019. La otra influencia destacada procede del comportamiento de la industria, ya que en este sector la expansión del VAB influyó positivamente, y la reducción de la intensidad energética, negativamente, en el consumo de este tipo de energías. En general, las energías renovables tienen escasa presencia como fuente de energía para el sector industrial, donde predomina el uso del gas natural y la electricidad. La excepción

es el uso de biomasa como fuente de energía en algunos sectores industriales muy concretos, como el de la madera y el papelero. La biomasa empleada para producir energía consiste en materias de muy diverso origen, como subproductos agrícolas y forestales, residuos ganaderos y urbanos y residuos de procesos industriales, y su utilización industrial principal es con fines térmicos.

En lo relativo a la electricidad, dejando al lado el sector residencial, ya que aquí se trata solamente de las actividades productivas, los impulsos de signo positivo sobre el consumo proceden principalmente del sector servicios, a través de dos efectos: nivel de actividad y demografía. Además, los cambios en la estructura productiva han favorecido al sector servicios, que ha pasado de representar el 59% del VAB de la economía española en 1990, al 70% en 2019, y dado que el sector servicios concentra en la electricidad una proporción de su consumo de energía final muy superior a la de otros sectores productivos, ha tenido lugar un efecto de composición que ha contribuido al aumento agregado del uso de esta fuente de energía. En cambio, la reducción de la intensidad energética en el sector solo se ha producido en forma relevante a partir de 2012, cuando se ha pasado de 0,015 ktep por millón de euros de VAB a precios constantes, a 0,013 ktep en 2019, y ello ha tenido una contribución positiva en términos de ahorro de energía pero básicamente concentrada en el período de recuperación posterior a la crisis económica. Si se considera la totalidad del período 1990 a 2019, el efecto neto es que se ha incrementado el consumo de electricidad por parte de los servicios, debido a que, especialmente entre 1990 y 2000, se produjo una elevación de la intensidad energética desde 0,009 ktep a 0,013 ktep en 2000, lo que representa un aumento muy notable.

La introducción de los vehículos eléctricos, que todavía representan una proporción muy reducida del parque total, y el cambio modal a favor del ferrocarril en los sistemas de transporte están contribuyendo, junto a otros factores, a que la electricidad mejore su posición respecto a los combustibles fósiles en la composición de la demanda de energía para usos finales. A su vez, la ganancia de peso relativo del consumo de electricidad dentro del total de energía final consumida tiene consecuencias ambientales importantes, ya que ha ido unida en España a una modificación en el

mix de fuentes primarias de energía que se han empleado para generar electricidad. El rasgo más significativo es la reducción del peso de los combustibles fósiles, y, muy en especial, del carbón, y la correspondiente ganancia de importancia relativa de las energías renovables. Los datos que aparecen en el cuadro 4.8 señalan que en 1990 las tecnologías que usaban carbón representaban casi una cuarta parte (24,5%) de la capacidad instalada de generación en el sistema eléctrico nacional. En 2013 ese porcentaje se había reducido prácticamente a la mitad (13%), mientras que en 2021 tan solo representaban el 4%. Frente a ello, se ha producido una rapidísima expansión de la energía eólica, del 15,5% en 2007 al 24,9% en 2021, y de la solar fotovoltaica, del 0,07% al 11,2%, en ese mismo período. La energía de origen hidráulico ha reducido sustancialmente su importancia relativa, pasando del 34,4% en 1990 al 15,4% en 2021.

En 2020 la capacidad instalada del sistema eléctrico basada en tecnologías que emplean energías renovables se situó ya ligeramente por encima de la mitad del total, y la producción libre de emisiones de gases de efecto invernadero representó el 67% de la electricidad generada en España (Red Eléctrica Española [REE] 2021). La evolución anual de la generación de electricidad basada en energías renovables difiere, lógicamente, de la de la capacidad instalada, ya que diversos factores naturales inciden sobre la distribución de la generación por fuentes de energía, como ocurre cuando en un año de pocas precipitaciones se reduce la producción de energía hidroeléctrica.

La creciente penetración de las energías renovables en la producción del sistema eléctrico español ofrece importantes ventajas, no solo desde el punto de vista de la lucha contra el cambio climático, sino también desde la perspectiva de reducción de la dependencia de la importación de combustibles fósiles. Por ello, la Ley del clima y la transición ecológica, aprobada por el Congreso en abril de 2021, establece la previsión de que en el año 2030 el 74% de la producción de electricidad se obtenga de fuentes renovables, frente al 40% actual, y que el 42% del total del consumo de energía final proceda de renovables, frente al 20% actual. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que las renovables presentan limitaciones debidas principalmente a una variabilidad no contro-

CUADRO 4.8: Potencia instalada del sistema eléctrico nacional
(porcentaje)

	1990	2007	2013	2021
Renovables	34,42	35,61	45,24	54,74
Hidráulica	34,41	18,68	16,05	15,43
Eólica	0,00	15,52	21,74	24,93
Solar fotovoltaica	0,00	0,70	4,38	11,16
Solar térmica	0,00	0,01	2,17	2,08
Otras renovables	0,00	0,70	0,90	0,99
Residuos renovables	0,00	0,00	0,00	0,15
No renovables	65,58	64,39	54,76	45,26
Turbinación bombeo	5,81	2,78	2,32	3,01
Nuclear	17,53	8,47	7,16	6,43
Carbón	24,50	12,86	10,47	4,41
Fuel + gas	17,36	7,90	2,83	2,17
Ciclo combinado	0,00	24,93	25,20	23,70
Hidroeléctrica	0,00	0,00	0,00	0,01
Cogeneración	0,38	7,45	6,78	5,14
Residuos no renovables	0,00	0,00	0,00	0,40
Potencia total	100,00	100,00	100,00	100,00

Nota: Los datos para 1990 se refieren a la potencia instalada en el sistema eléctrico peninsular.

Fuente: REE (2021).

lable en la disponibilidad del recurso generador —viento, lluvia, intensidad de la luz solar—, además de la carencia de oferta por parte de alguna de ellas en los horarios nocturnos. Necesitan, por tanto, un respaldo que garantice el suministro en determinadas circunstancias, que puede proceder de mecanismos de gestión de la demanda, de la interconexión con otros sistemas eléctricos nacionales (p. ej. Francia), de la capacidad para almacenar la producción en horas de generación excedentaria, o de la utilización con carácter complementario de otras tecnologías, como las centrales térmicas de gas. El hecho es que, junto a las energías renovables, también ha aumentado notablemente en España en las dos últimas décadas la capacidad instalada de generación de electricidad a partir de centrales de ciclo combinado, que utilizan gas natural y por ello emiten CO₂. Sin embargo, estas emisiones

son menores por kilovatio/hora producido que en las centrales térmicas convencionales.

Al pasar revista al papel jugado por los cuatro sectores económicos que aquí se están considerando en la evolución del consumo de cada uno de los tres tipos de energía final —fósil, renovable, electricidad—, se advierte que no solo la agricultura, cuyo VAB pesa ya poco en el total de la economía española, sino también el sector de la construcción, parecen jugar un papel de segundo orden a la hora de determinar los cambios en la energía final consumida que se han venido analizando. Sin embargo, en el caso de la construcción, esto puede resultar engañoso, ya que su influencia sobre dichos cambios es principalmente indirecta y opera fundamentalmente a través de dos canales. El primero es a través de la demanda de materiales de construcción procedentes de las industrias metálicas y de la industria de minerales no metálicos, que son bastante intensivas en energía en relación con otros sectores productivos, destacando en este sentido la fabricación de cemento. El segundo obedece al hecho de que la dispersión geográfica y el volumen de materiales requerido para el funcionamiento de la actividad de construcción exige importantes flujos de transporte de mercancías, que de forma absolutamente mayoritaria se producen por carretera, y vale la pena recordar que el sector del transporte es el principal demandante de energía final entre los cuatro sectores productivos que aquí se han venido considerando.

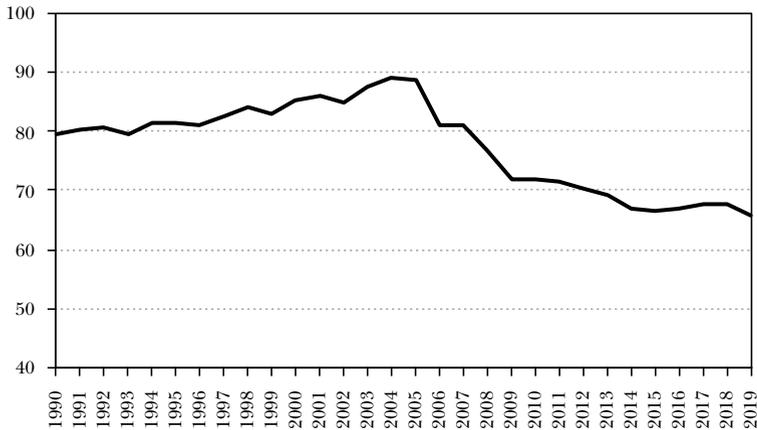
Los resultados obtenidos de la descomposición del consumo de energía final que se han venido comentando coinciden en lo fundamental con los de otros investigadores que se han ocupado del tema en España. Así, Cansino, Sánchez y Rodríguez (2015) han observado que entre 1995 y 2009 se produjo un incremento del uso de las energías renovables como fuentes de energía primaria, lo que contribuyó a la descarbonización de la economía, y han apuntado que la economía española está moviéndose en la dirección de convertirse en una economía baja en carbón. En lo referente específicamente al sector generador de electricidad, señalan asimismo que la reducción gradual de su consumo de energía desde 2005 se ha debido a la mayor participación de las tecnologías solar y eólica. Por su parte, Román y Colinet (2021), en

su estudio sobre la eficiencia en el consumo de energía en Andalucía, han encontrado que los principales factores impulsores del incremento en el consumo de energía registrado entre los años 2000 y 2008 fueron la elevación del nivel de actividad económica y los efectos de intensidad energética en los sectores económicos, que solo fueron parcialmente compensados por el efecto estructural. Este último efecto se derivó de la pérdida de peso relativo en el VAB regional en esos años de los sectores más intensivos en energía, es decir, de la industria y el transporte. Para el conjunto del período comprendido entre 2000 y 2015, constatan que el incremento del consumo de energía se debió principalmente al gas natural y a las energías renovables, que fue solo parcialmente compensado por la reducción del consumo de energía procedente del carbón, el petróleo y las centrales nucleares. Concluyen que las políticas de mejora de la eficiencia energética han tenido efectividad para reducir la intensidad de los consumos energéticos en Andalucía, aunque conviene tener en cuenta que estos autores la definen de forma distinta a como aquí se hace, calculándola como un cociente entre el uso de energía y las horas trabajadas.

4.4.4. La eficiencia energética de los sectores productivos

Un tema transversal al comentar la evolución del consumo de energía en España es el de la eficiencia energética de los sectores productivos. En primer lugar, el gráfico 4.9 describe la evolución de la intensidad energética global de la economía española en términos del cociente entre el consumo de energía final y el PIB a precios constantes. Se perfila con claridad un aumento de la intensidad energética hasta 2005 y una disminución con algunas oscilaciones a continuación, de tal modo que el nivel de intensidad es claramente inferior a finales que a principios del período considerado. A continuación, en el cuadro 4.9, se recogen los cambios en la intensidad en el consumo de energía —medido en toneladas equivalentes de petróleo por millón de euros de VAB a precios constantes—, que han tenido lugar en la agricultura y la pesca, la industria, la construcción, el transporte y los servicios. En la agricultura y la pesca hay un aumento en la intensidad energética, que alcanza un pico en 2005 y tiende a reducirse posteriormente. En la industria también 2005 marca un máximo y, posteriormente, tiene

GRÁFICO 4.9: Consumo de energía final/PIB real
(tep por millón de euros de 2015 de producto)



Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012) y elaboración propia.

lugar una mejora de la eficiencia. En el sector de la construcción la tendencia es más bien hacia un deterioro de la eficiencia energética, ya que en los últimos años la intensidad energética de la producción del sector supera ampliamente la que se registraba en los años noventa del siglo pasado. Esto podría reflejar la importante caída en el valor de la producción del sector en los años que siguieron al estallido de la burbuja inmobiliaria y también cierta corrección de los datos estadísticos llevada a cabo por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), que ha reasignado parte de los consumos energéticos entre sectores. En el transporte, sector en que las mejoras de eficiencia son especialmente importantes por su gran peso en el consumo de energía, hay un aumento de la intensidad desde principios del período hasta 2006, y una disminución posterior que permite regresar a los niveles prevalecientes hacia 1990. Por último, en el sector servicios se registra una pérdida de eficiencia energética hasta 2012 y, posteriormente, tiene lugar una estabilización.

La impresión general que se desprende de lo anteriormente señalado es que, en general, las ganancias de eficiencia energética en la economía española son bastante recientes —cuando se producen—, y que solamente el sector industrial ofrece mejoras

CUADRO 4.9: Intensidad energética (consumo de energía final/PIB real) por sectores
(tep por millón de euros de 2015)

	1990	2000	2007	2013	2019
Agricultura y pesca	92,13	98,62	108,84	100,09	93,11
Industria	160,60	152,91	144,27	124,64	108,23
Construcción	1,69	3,19	4,47	23,85	21,56
Transporte	721,63	771,35	911,74	730,13	717,98
Servicios	9,45	13,84	13,64	14,68	13,40
Total	79,41	85,21	81,05	69,05	65,80

Fuente: INE (2021a, 2021b), IDAE (2021), EU KLEMS (2011, 2012) y elaboración propia.

notables en la reducción de su intensidad energética cuando se comparan los datos recientes con los correspondientes al principio del período analizado. En la mejora de la eficiencia energética del sector industrial está presente la incorporación de avances tecnológicos, pero también el efecto derivado del fin del auge de la industria de la construcción en 2007, con la consiguiente pérdida de peso en el VAB industrial de sectores muy consumidores de energía, como la industria cementera y la siderúrgica. También ha influido la mejora de eficiencia en el sector de producción de energía eléctrica, debido a los cambios en su *mix* energético que ya anteriormente se han comentado. Sin duda, debe haber jugado también un papel la política emprendida desde la Administración Pública para impulsar la mejora de la eficiencia energética mediante la adopción de distintas medidas, entre ellas la obligación para las empresas de más de 250 trabajadores o que cuenten con un volumen de negocios de al menos 50 millones de euros y un balance superior a los 43 millones, de someterse a auditorías energéticas, impuesta a través del Real Decreto 56/2016, por el que se transpone a la legislación española la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética.

El *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima* (MITECO 2020b), al que ya antes se ha hecho referencia, incluye diversas medidas que buscan mejorar la eficiencia energética de la economía española. El objetivo, en términos cuantitativos, es conseguir un aho-

rro de energía final para el período que va desde el 1 de enero de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2030 que ascendería a 36.809 ktep, lo que equivale a la consecución de ahorros nuevos y adicionales cada año de 669 ktep. Además de las medidas dirigidas al sector del transporte —mayor uso del transporte público, cambio modal orientado al ferrocarril, desarrollo de biocarburantes, impulso al vehículo eléctrico—, aparecen también otras dirigidas a mejorar la eficiencia energética en la industria, la agricultura y los servicios. Forman parte también del plan medidas orientadas a la rehabilitación energética del parque formado por los edificios ya construidos, buscando la mejora de la eficiencia energética (envolvente térmica) a lo largo de la década de un total de 1.200.000 viviendas, y a ello se suman diversas actuaciones para promover las energías renovables y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Existe evidencia internacional de que en un grupo seleccionado de países desarrollados, entre ellos España, ha aparecido una correlación positiva y estadísticamente significativa para el período 2005-2015, entre la reducción en la intensidad energética de la economía y el número de políticas adoptadas por estos países que se han dirigido a mejorar la eficiencia energética (Le Queré *et al.* 2019).

5. Economía circular

5.1. Introducción

5.1.1. Producción y consumo de materiales

La concepción de la Economía como un sistema circular refleja la creciente insatisfacción con aquellos enfoques tradicionales que la conciben como un conjunto de procesos lineales que abarcan desde la extracción de las materias primas, pasando por su transformación industrial y el consumo de los productos elaborados, hasta alcanzar, finalmente el vertido de los residuos resultantes y de los productos desechados al final de su vida útil, a lo que hay que sumar las emisiones que tienen lugar a lo largo de cada fase del producto en su trayectoria *desde la cuna a la tumba*. Los resultados de esta forma de contemplar las actividades económicas se han revelado profundamente insatisfactorios para abordar su sostenibilidad medioambiental.

A escala global, el colosal aumento de la producción de bienes y servicios que se ha registrado desde 1900, con múltiplos del orden de 25 veces para el producto interior bruto (PIB) mundial (Bolt y van Zanden 2014; University of Groningen 2021), ha conllevado un aumento extraordinario en la extracción de recursos de la naturaleza, que según algunos especialistas se ha multiplicado por 10 a lo largo de ese mismo período de tiempo (Krausmann *et al.* 2009). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE 2019) prevé que hacia 2060 se habrá doblado el uso total de materias primas en el conjunto del planeta, y que las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a su extracción habrán aumentado en un 21%. La extracción de me-

tales y de productos minerales no metálicos vinculados a la industria de la construcción podría más que duplicarse en ese lapso de tiempo, y la OCDE recuerda que el uso de combustibles fósiles, la extracción de hierro y la producción de acero, así como la obtención de materiales de construcción, contribuyen de forma destacada a la emisión de gases relacionados con el cambio climático.

La industrialización de regiones cada vez más extensas del globo ha ocasionado incrementos de gran envergadura en el uso de todo tipo de materiales, de tal modo que, por ejemplo, la extracción de agua ha pasado de 580.000 millones de metros cúbicos anuales a 4.400.000 millones de metros cúbicos desde 1900 a la actualidad, y la extracción de mineral de hierro, de 0,09 gigatoneladas (1Gt = 1000 millones de toneladas) a 2 gigatoneladas anuales. En cuanto a las emisiones globales de CO₂ derivadas de la combustión de combustibles fósiles, han aumentado desde 0,5 a 10 Gt anuales, y se estima que la generación de desechos y residuos urbanos se ha multiplicado desde 0,3 Gt a 3,9 Gt al año (Krausmann *et al.* 2017). En el caso de la Unión Europea (UE), y a pesar de que en sus países miembros vienen ya aplicándose políticas correctoras, se estima que la generación de residuos derivada de las actividades económicas tomadas en conjunto asciende a 2500 millones de toneladas al año, y que cada ciudadano produce por término medio casi media tonelada de residuos urbanos anualmente (Comisión Europea 2020a).

Las previsiones de aumento de la población mundial, y de incremento del PIB global de aquí a mediados del siglo XXI indican que los impactos medioambientales de la extracción de recursos y de las emisiones al medio ambiente van a seguir creciendo fuertemente. A ellos se une, en el caso de la Unión Europea, un dato adicional, y es la fuerte dependencia de las importaciones extraeuropeas para obtener muchos de los recursos materiales que sus países miembros necesitan, en un contexto internacional en que puede agudizarse la competencia por los recursos naturales, con marcados incrementos en el nivel y en la volatilidad de sus precios.

Son varias, por tanto, las razones que aconsejan conceptualizar un modelo de interpretación de la economía que la contemple como un flujo circular. En primer lugar, resulta evidente que so-

bre las economías modernas planea el riesgo de agotamiento de los recursos naturales no renovables, pero esta no es sino una de las facetas bajo las que cabe contemplar la interacción entre la actividad humana y el medio natural. Las distintas fases a través de las cuales opera el funcionamiento de los procesos de producción comprenden desde la extracción de materias primas a su transformación, distribución y consumo, y tienen en común que en todas ellas se ocasiona la generación de residuos que deben volver a la naturaleza. Por ese mismo hecho, la función del medio natural no puede reducirse a la aportación de recursos primarios para la producción, ya que cumple, asimismo, la de constituir un sumidero de los residuos derivados de la producción y el consumo, y es necesario advertir que también en el desarrollo de esta segunda función su capacidad es limitada. Por ello, los límites del medio natural para la asimilación de los desechos que cada vez en mayor cantidad generan las modernas sociedades industriales han contribuido también a poner de relieve las profundas limitaciones del enfoque lineal y unidireccional de los sistemas económicos. En definitiva, las funciones del medio ambiente desde el punto de vista económico no se reducen a la provisión de recursos, como frecuentemente se asume de forma implícita, sino también a la asimilación o absorción de residuos y a la generación directa de utilidad para las personas, por ejemplo, desde el punto de vista estético o del de reconocimiento del valor de existencia de especies amenazadas de extinción. Todas estas funciones pueden considerarse como elementos componentes de una función de orden más general que es la del sustento de la vida.

5.1.2. Enfoque circular de la producción

Hace ya tiempo que expertos en Economía del medio ambiente, como Pearce y Turner (1995) defendieron que un enfoque circular de los procesos económicos resulta más apropiado que un enfoque lineal del tipo extracción-producción-consumo para comprender el papel vital de sustento de la vida que desempeñan los recursos naturales. El modelo lineal se basa en suponer que estos recursos siempre estarán disponibles y serán baratos, y que la capacidad de absorción de residuos por parte del medio natural es prácticamente ilimitada, pero esta creencia es poco realista.

Como estos autores señalaron en su momento, la teoría económica moderna ha dedicado una gran cantidad de tiempo a determinar las condiciones para la existencia de equilibrios dentro del sistema económico, pero no dispone de análisis comparables que muestren cuándo una economía en concreto es consistente con el medio ambiente al que necesariamente está ligada. Al no conocerse qué es lo que debe ocurrir para que el sistema económico y el medio ambiente coexistan en equilibrio, el funcionamiento real de los sistemas económicos se abre al riesgo de la degradación del medio ambiente y de la depreciación de sus funciones.

Al igual que ocurre con otros conceptos que han ganado rápidamente popularidad en el campo de las ciencias sociales, el de economía circular se ha prestado a múltiples interpretaciones. El hecho de que haya sido posible reunir hasta 114 definiciones distintas da una idea de hasta qué punto puede representar cosas diferentes para distintas personas, desde quienes la identifican simplemente con la promoción del reciclaje de productos desechados, hasta quienes adoptan una visión más sistémica, y, además, abordan también la reducción en el uso y el fomento de la reutilización de materias primas y productos (Kirchher, Reike y Hekkert 2017). Bajo esa perspectiva sistémica, los residuos de una empresa pueden ser *inputs* para otra, y el objetivo es lograr que el valor del producto se mantenga en ciclos sucesivos de utilización, que deben intentar mantener o elevar su calidad (Ness y Xing 2017). La idea general que subyace es la de establecer un paralelismo entre los procesos metabólicos que se observan en los seres vivos y el complejo carácter de la base biofísica de las sociedades humanas, lo que ha conducido a acuñar el término de *metabolismo socioeconómico*. Este tipo peculiar de metabolismo comprendería aquellos procesos de transformación biofísica, procesos de distribución y flujos que son controlados por los seres humanos para sus propias finalidades (Pauliuk y Hertwich 2015).

Una economía circular es aquella en que se minimizan las necesidades de nuevos *inputs* de materiales y de energía, a la vez que se reducen las presiones ambientales vinculadas a la extracción de recursos y a las emisiones de residuos. Se trata de un concepto que, como se ha señalado, se presta a múltiples interpretaciones, pero es posible, al menos, asociarlo a una serie de rasgos caracte-

rísticos. El cuadro 5.1 resulta útil en ese sentido ya que presenta una síntesis de los más destacados, junto con los factores que facilitan la conformación de una economía con esas características.

Una de las líneas de trabajo más influyentes en materia de economía circular es la desarrollada por la Ellen Mac Arthur Foundation, que ha producido un importante número de publicaciones. En una de ellas (Ellen MacArthur Foundation 2013, p. 7) se aporta una definición bastante completa de lo que constituye una economía de ese tipo:

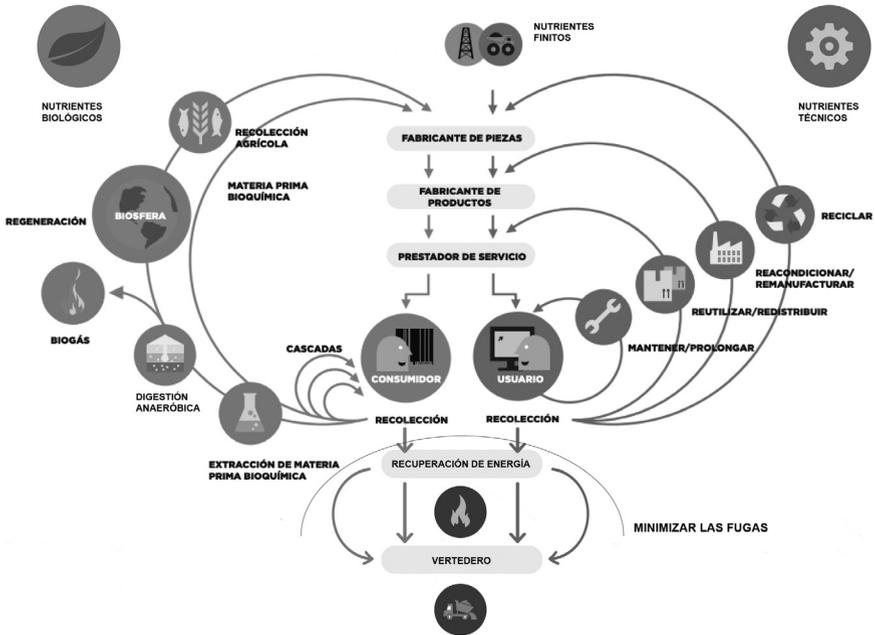
Un sistema industrial que es restaurador y regenerador por intención y por diseño. Reemplaza el concepto de «final de la vida» [de los productos] por el de restauración, gira hacia el uso de la energía renovable, elimina el uso de [productos] químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y busca la eliminación de los desechos a través de un mejor diseño de los materiales, productos, sistemas, y, dentro de estos, de los modelos de negocio.

El aspecto central de esta definición es el objetivo de concebir los procesos de producción y de consumo con la finalidad de descartar la generación de desechos no recuperables, de tal manera que los productos se diseñan y optimizan con miras a un ciclo de desmontaje y reutilización. Puede decirse, por tanto, que el concepto tradicional de *desecho* desaparece, ya que los componentes biológicos o técnicos de un producto han sido concebidos ya en la fase de diseño pensando en que formen parte de un ciclo biológico o técnico de circulación de materiales. Los componentes biológicos serán de carácter no tóxico y podrán ser convertidos en compost, por lo que se reintegran a la biosfera en condiciones de seguridad y contribuyen a acumular capital natural. Los componentes técnicos —polímeros, aleaciones y otros materiales manufacturados— habrán sido diseñados para ser usados de nuevo con el menor consumo posible de energía y reteniendo al máximo su calidad. El resultado es que la economía circular establece una clara distinción entre los componentes consumibles y duraderos de un producto. Los primeros retornan a la naturaleza como nutrientes, bien directamente o mediante una cascada de usos

CUADRO 5.1: Principales características y factores instrumentales de una economía circular

Principales características	Factores instrumentales
<p>Menos <i>inputs</i> y uso de recursos naturales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explotación reducida y optimizada de las materias primas, a la vez que se ofrece más valor con menos materiales. • Menos dependencia de importaciones de recursos naturales. • Uso eficiente de todos los recursos naturales. • Reducido uso general de energía y agua. 	<p>Diseño ecológico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos diseñados para una vida más larga que permiten mejorar la renovación, remanufacturación y reutilización. • Diseño de productos basado en el uso sostenible y mínimo de recursos, que permita el reciclaje de alta calidad de materiales al final de la vida útil del producto. • Sustitución de sustancias y productos peligrosos y adopción de procesos que permiten ciclos de materiales más limpios.
<p>Mayor porcentaje de energía y recursos renovables y reciclables</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recursos energéticos no renovables sustituidos por otros renovables dentro de niveles de suministro sostenibles. • Mayor porcentaje de materiales reciclables y reciclados que pueden sustituir el uso de materiales vírgenes. • Cierre de circuitos de materiales. • Materias primas de fuentes sostenibles. 	<p>Reparación, restauración y remanufacturación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se da prioridad a la reparación, reacondicionamiento y remanufacturación, lo que permite la reutilización de productos y componentes.
<p>Emisiones reducidas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emisiones reducidas a lo largo de todo el ciclo de materiales mediante el uso de menos materias primas y fuentes sostenibles. • Menos contaminación a través de ciclos de materiales limpios. 	<p>Reciclaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclaje de alta calidad, reciclando el máximo posible de residuos, evitando el "subreciclado" (convertir en nuevos productos de menor calidad). • Uso de materiales reciclados como materias primas secundarias. • Uso de materiales reciclados como materias primas secundarias. • Desarrollo de mercados que funcionen bien para materias primas secundarias. • Evitar la mezcla y contaminación de los materiales. • Uso de materiales en cascada cuando el reciclaje de alta calidad no es posible.
<p>Menos pérdidas materiales/residuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menos acumulación de residuos. • Incineración y uso de vertederos reducidos al mínimo. • Pérdidas por disolución de recursos valiosos reducidas al mínimo. 	<p>Incentivos económicos y financieros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de impuestos que recaen sobre el empleo de mano de obra a los recursos naturales y la contaminación. • Eliminar progresivamente los subsidios perjudiciales para el medio ambiente. • Internacionalización del costo ambiental. • Sistemas de depósito. • Responsabilidad extendida al productor. • Mecanismo financiero de apoyo a los enfoques de economía circular.
<p>Mantenimiento del valor de los productos, componentes y materiales en la economía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extendiendo la vida útil de un producto y manteniendo el valor de los productos en uso. • Reutilización de componentes. • Valorización de los materiales conservados en la economía a través de reciclaje de alta calidad. 	<p>Modelos de negocio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centrarse en la oferta de servicios de productos en lugar de propiedad de los productos. • Consumo colaborativo. • Colaboración y transparencia a lo largo de la cadena de valor. • Simbiosis industrial (colaboración entre empresas donde los desperdicios o subproductos de una se convierten en recursos para otras).
	<p>Innovación ecológica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovación tecnológica. • Innovación social. • Innovación organizativa.
	<p>Gobernanza, habilidades y conocimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concienciación sobre cambios en estilos de vida y prioridades en los hábitos de consumo. • Participación, interacción de los interesados e intercambio de experiencias. • Educación. • Supervisión de datos e indicadores.

FIGURA 5.1: Sistema industrial basado en la economía circular



Fuente: Ellen MacArthur Foundation (2013).

consecutivos, mientras que los segundos son elementos improprios para reintegrarse a la biosfera y esto se compensa diseñándolos desde un principio con la vista puesta en su reutilización.

La figura 5.1 muestra esquemáticamente los diferentes ciclos que siguen los flujos que realimentan la economía circular, distinguiendo los que corresponden a los *nutrientes técnicos* del sistema de los que tienen que ver con los *nutrientes biológicos*.

Las estrategias de cierre de los ciclos que aparecen en el gráfico pueden ser diferentes, al basarse alternativamente en la reducción en el uso de materiales, la reparación y el mantenimiento de los productos, su reutilización, su reacondicionamiento o remanufactura y, finalmente, su posible reciclaje. Constituyen, por ello, la base potencial de distintos modelos de negocio basados en la economía circular.

Además de la valoración positiva de que es objeto por sus efectos sobre el medio ambiente, la economía circular ofrece también otras ventajas, ya que se concibe como una forma de generar nuevas oportunidades de negocio e innovación, de generar empleo y de mitigar los riesgos asociados a la volatilidad de la oferta y de los precios de las materias primas. En cuanto a los consumidores, les ofrece la oportunidad de beneficiarse de mejores precios y de una menor incidencia de la obsolescencia prematura de los productos que adquieren.

La moderna concepción circular de la economía va, por tanto, mucho más allá de la visión convencional centrada en el reciclaje de algunos productos, ya que intenta preservar el máximo valor económico del producto, algo que no se consigue cuando solamente se aspira a recuperar los materiales básicos, como plásticos, metales etc., que han servido para su fabricación. Incluye, por ello, toda una gama de aspectos, como el diseño ecológico, la reparación, la recuperación de componentes y de materiales y su uso *en cascada*, que significa aprovechar las diversas posibilidades de reutilización que ofrecen a lo largo de su vida útil, así como la remanufactura y el uso de energía procedente de fuentes renovables y de la combustión de residuos.

El diseño ecológico va dirigido a asegurar la durabilidad de los bienes manufacturados y a facilitar la reutilización de sus partes componentes. Significa, en primer lugar, que en el proceso de fabricación se intenta usar la menor cantidad de materiales y de energía posibles, conseguir que no se incorporen elementos tóxicos, que el producto esté concebido para una larga duración, y que al final de su vida útil pueda ser fácilmente desensamblado en sus elementos componentes para reintegrarlos al proceso de producción. Se pretende, también, que los materiales que han servido para obtenerlo sean o bien reciclables técnicamente o bien biodegradables. Dada la multitud de características distintas que pueden permitir a un producto formar parte de esta categoría, se ha hecho necesario el establecimiento de regulaciones específicas bajo diferentes sistemas de certificación (*cradle to cradle* o C2C, ISO 14062 e ISO 14001).

La remanufactura (*remanufacturing*) o refabricación es un proceso industrial por el que un producto previamente vendido pero

que ha dejado de funcionar correctamente o se ha desgastado por el uso vuelve a ser preparado para funcionar de acuerdo con las especificaciones de su fabricante original, y al menos en tan buenas condiciones como si fuera nuevo, garantizándose esa funcionalidad. Va más allá de la mera reparación, y puede suponer la inclusión en el proceso de fabricación de un nuevo producto de sus componentes deteriorados una vez restaurados, o de piezas nuevas en caso de no ser posible. El rasgo importante a destacar es que se supone que el producto tiene al final del proceso prestaciones similares a uno equivalente completamente nuevo. Se estima que la refabricación conlleva reducciones de hasta el 85% de la energía consumida y de hasta el 40% en los costes en relación con la fabricación de productos nuevos, y mueve ya importantes volúmenes de negocio en los países industrializados, con la participación no solo de empresas especializadas en este tipo de actividad sino de fabricantes tradicionales, como Xerox, Caterpillar, BMW, Volvo, Canon, y otros (Singhal, Tripathy y Jena 2020). Algunos aspectos críticos para el éxito de la refabricación como estrategia industrial son la existencia de una logística eficiente de recogida de productos, la participación en esta actividad de empresas con una potente imagen de marca, el hecho de que el producto haya sido diseñado teniendo presente desde el principio la posibilidad de refabricarlo, y un adecuado proceso de selección que determine cuáles de los productos que retornan al fabricante reúnen las condiciones mínimas necesarias para entrar en este tipo de procesos y no para ser simplemente destinados a la recuperación de materiales. La economía circular incluye, asimismo, el establecimiento de una jerarquía en relación con los procedimientos que se acaban de mencionar, de tal modo que la opción de proceder a la reparación y reutilización va en primer lugar, precediendo a la pura recuperación de materiales en que se basa el reciclaje tradicional. Del mismo modo, la producción de energía mediante la incineración de residuos se considera una opción inferior a la de la utilización de energías renovables, como la solar o la eólica. Dirigir los desechos a vertederos es siempre la última alternativa a considerar, solo recomendable cuando ninguna de las otras es posible.

Más allá de los aspectos relacionados con el ciclo de vida de los productos, la economía circular abarca también cambios cul-

turales relativos al comportamiento de los consumidores, en el terreno de la denominada Economía Colaborativa. Estos cambios irían dirigidos a sustituir la propiedad de un bien como requisito necesario para su disfrute, por la utilización de los servicios de ese bien a través de su consumo compartido, como ya viene ocurriendo en el mercado inmobiliario, con propietarios que alquilan sus apartamentos de segunda residencia o que intercambian su utilización temporal con los propietarios de otros apartamentos, y algo similar ocurre en el transporte de viajeros en vehículos privados. Este consumo compartido obliga a las Administraciones Públicas a establecer regulaciones que tengan en cuenta los aspectos fiscales de estas transacciones privadas, pero contribuyen sin duda a mejorar la eficiencia en la utilización de los activos inmobiliarios y de una amplia gama de bienes de consumo duraderos, reduciendo la necesidad de extraer recursos primarios del medio natural.

La economía circular pretende hacer uso de los ciclos de la naturaleza con la intención de conservar materiales, energía y nutrientes para un uso económico. Esto implica que busca que los materiales procedentes del sistema económico que regresan a la naturaleza lo hagan de tal forma que esta pueda utilizarlos para el desarrollo de sus propias funciones. Es el caso de los residuos biológicos degradables procedentes de la agricultura y de la industria alimentaria, que pueden transformarse en nutrientes de los suelos aprovechables por los cultivos, o de emisiones industriales de CO₂ que pueden ser absorbidas por el crecimiento de la biomasa de los bosques.

5.1.3. Economía circular y sostenibilidad

En cuanto a los orígenes intelectuales de la economía circular, cabe afirmar, en primer lugar, que hunde sus raíces en la idea de sostenibilidad, definida en términos generales como el logro de un uso de los recursos naturales del planeta que permita generar servicios útiles para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin dañar su capacidad para seguir haciéndolo en favor de las generaciones futuras. Es la concepción acuñada por la Comisión Brundtland (WCED 1987), y la más ampliamente manejada hasta el presente, aunque el concepto de sostenibilidad se había usado originariamente en relación con la gestión forestal y

pesquera, como una característica que servía para describir los correspondientes ecosistemas, y que se entendía básicamente como la habilidad de estos para mantener su productividad de manera indefinida en el tiempo, incluso después de sufrir perturbaciones importantes (Becker 1997). La preocupación fundamental que expresa ahora la definición mencionada es la de conseguir mejorar los ingresos y el bienestar de las generaciones presentes sin dar lugar a impactos medioambientales irreversibles que inflijan un daño severo a las generaciones aún por venir.

Aunque el propio concepto de sostenibilidad ofrece contornos imprecisos, es importante destacar que incluye al menos dos notas básicas: la voluntad de ofrecer una visión globalizadora, que integre toda una gama de aspectos económicos, sociales y ambientales que afectan al bienestar humano, y la referencia al legado que las generaciones presentes pueden dejar a las futuras. En este último sentido, para que el desarrollo sea sostenible, debe mantenerse la equidad intergeneracional, haciendo que el *stock* de capital, o más genéricamente, la capacidad productiva con que cuenten las sociedades del futuro, no sea inferior al que disponen las del presente. Resulta bastante evidente que la base de capital productivo manufacturado sigue, aún con altibajos, una trayectoria netamente expansiva, pero las perspectivas son más dudosas en lo que atañe a otros tipos de capital que podrían englobarse en la categoría de capital natural, como las fuentes de energía, la tierra, los recursos biológicos, el aire y el agua limpios. Versiones más o menos estrictas de lo que constituye desarrollo sostenible se han enfrentado entre sí en función del grado de confianza de sus defensores en las posibilidades de sustitución compensatoria entre las dotaciones de capital físico o tecnológico creado por el hombre y el capital natural. A ello se une una considerable incertidumbre científica en cuanto a las consecuencias de la interacción entre las actividades humanas y el medio ambiente, y la conciencia de la irreversibilidad del sacrificio de determinados elementos del capital natural en aras del progreso económico, como ocurre cuando desaparece una especie vegetal o animal, cuando se produce la desertificación de un espacio natural, o cuando la actividad urbanística sustituye un ecosistema valioso, como, por ejemplo, un humedal costero, por suelo artificial.

Las diferencias entre las distintas versiones de la sostenibilidad comienzan precisamente cuando el *capital* a disposición de la sociedad, que constituye la base para la producción y el consumo futuros, deja de considerarse como algo homogéneo y se distingue entre sus distintos componentes, incluyendo como uno de ellos el capital natural. Cuanto menos se admita la posibilidad de que exista algún tipo de intercambio o sustitución compensadora entre las dotaciones de capital tecnológico o manufacturado por el hombre y el capital natural, más exigente o estricta será la acepción de la sostenibilidad adoptada. Si, por el contrario, entre las posibilidades hipotéticamente abiertas a las futuras generaciones se encontrara la de recrear o reinventar a voluntad los ecosistemas naturales merced al dominio de nuevas tecnologías no existentes en la actualidad, entonces desaparecerían muchos de los motivos para preocuparse por los aspectos medioambientales de la sostenibilidad, ya que las funciones exigidas al medio ambiente (provisión de materias primas, asimilación de residuos y provisión de servicios de ocio) podrían generarse específicamente en cualquier momento si se satisficieran los necesarios criterios de rentabilidad. Esta visión se corresponde con el concepto de *sostenibilidad débil*. En cambio, cuando se admite que los servicios que proporcionan los ecosistemas naturales resultan imprescindibles para la supervivencia humana, sin que la tecnología sea capaz de producir adecuadamente los bienes y servicios que cubran todas sus funciones, entonces se participa de una visión mucho más conservacionista, que se corresponde con la *sostenibilidad fuerte*. Este último caso resulta probablemente más realista. De hecho, es posible imaginar sin excesivo esfuerzo la sustitución entre distintos tipos de *stocks* de capital cuando solo se consideran sus efectos sobre una dimensión concreta, como es la de la producción de bienes y servicios, pero resulta más difícil considerar tal sustitución cuando se incluyen en el análisis otros aspectos importantes, como son las consecuencias del proceso económico sobre la polución, el cambio climático, la aportación de amenidades ambientales y otros aspectos (Spangenberg 2005; Neumayer 2012). El logro de un consenso en relación con cuáles son los elementos, dentro del conjunto global de recursos naturales, que revisten una

importancia crítica a efectos de priorizar su conservación, y en cuanto a la forma en que deben ser gestionados, podría reducir notablemente la distancia que en el plano de la teoría separa ambas versiones de la sostenibilidad (Hediger 1999).

A pesar de la proximidad entre el tipo de preocupaciones que han originado ambos conceptos —sostenibilidad y economía circular— son también perceptibles notables diferencias entre ambos, como algunos investigadores han puesto de relieve (Geissdoerfer *et al.* 2017). En los dos casos, la aproximación a los problemas es interdisciplinaria, pero el ángulo de visión es más amplio en el caso de la sostenibilidad, que abarca una dimensión económica, otra social y una tercera medioambiental y persigue objetivos definidos de forma más genérica. La economía circular está más centrada en la creación de bucles cerrados de circulación de los recursos, que reduzcan al mínimo las emisiones y los residuos, y sus mensajes van menos dirigidos al público en general y se centran más en los gobiernos y la comunidad empresarial, a los que también corresponden las principales responsabilidades en la conformación de esos bucles. En la mayor parte de los estudios que han tratado de establecer los vínculos entre sostenibilidad y economía circular, la segunda ha sido contemplada como una condición necesaria, pero no siempre considerada suficiente, para el logro de la primera.

5.1.4. Economía circular, ecoeficiencia y ecoefectividad

Además de responder a una idea básica y generalista consistente en tratar de garantizar un desarrollo sostenible, la economía circular se ha beneficiado de las contribuciones teóricas que se han producido en diversas líneas de investigación en torno a conceptos como ecoeficiencia, ecoefectividad, y ecología industrial. No se trata, por tanto, de una teoría relativamente completa y unificada, sino de un conjunto de aproximaciones complementarias desde diversas disciplinas científicas que han ido suscitando debates y aportando propuestas. Vale la pena considerar algunas de ellas, comenzando por una de las más populares: la promoción de la ecoeficiencia.

La ecoeficiencia puede definirse, de acuerdo con la OCDE (1998, p.7), como:

La eficiencia con que los recursos ecológicos se usan para hacer frente a las necesidades humanas. Puede interpretarse como la relación entre un output y un input: el output representa el valor de los bienes o servicios producidos por una empresa, industria o economía como un todo, mientras que el input representa la suma de las presiones ambientales generadas por la empresa, industria o economía.

En consonancia con esta definición, la ecoeficiencia puede expresarse como un coeficiente que mide la relación entre los resultados económicos de una determinada unidad productiva, ya se trate de valor añadido, valor de la producción o ingresos por ventas, y el impacto ambiental que esa unidad está generando para poder obtener esos resultados. Los orígenes del concepto pueden remontarse a la última década del siglo pasado, cuando comenzó a pensarse que podía representar una forma práctica y operativa de aproximarse a un concepto mucho más amplio, pero también mucho más difuso, como es el de la sostenibilidad. De este modo, la ecoeficiencia se hizo popular en círculos empresariales, siendo adoptada por el World Business Council for Sustainable Development (Lehni 2000) como una forma de animar a las empresas a mejorar su competitividad, haciéndolas a la vez más conscientes de sus responsabilidades medioambientales.

Se trata de una idea que permite cubrir dos objetivos importantes, a nivel macro y microeconómico. A nivel macroeconómico obliga a recordar la necesidad de desacoplar, en la medida de lo posible, el crecimiento del PIB de sus potenciales impactos ambientales negativos, mientras que a nivel microeconómico, lleva consigo la promesa de generar más valor con menos impacto ambiental. Se trataría, en definitiva, de hacer uso de los avances tecnológicos para alcanzar los objetivos tradicionales del desarrollo económico —más ingresos y mayor capacidad de consumo para la población— con un impacto ambiental menor, contribuyendo así al logro de un modelo de desarrollo más sostenible. Sin embargo, es necesario reconocer que las mejoras en el coeficiente de ecoe-

ficiencia no garantizan avances paralelos en sostenibilidad, ya que lo que mide el coeficiente es solamente la presión ambiental *relativa* a un determinado volumen de actividad económica, mientras que lo que realmente importa respecto a la sostenibilidad es que la presión *absoluta* que el sistema económico ejerce sobre el medio natural no supere la capacidad de absorción (*carrying capacity*) del mismo. Avances parciales a nivel microeconómico que aumenten la ecoeficiencia por unidad de consumo pueden ser fácilmente anulados por la expansión global del consumo que acompaña al crecimiento económico (Huppel e Ishiwaka 2005). Es interesante anotar que se ha acuñado la expresión de efecto rebote para indicar en que forma una cadena de efectos inicialmente positivos puede desencadenar un efecto global negativo en relación con la calidad del medio ambiente. Mejoras tecnológicas que reduzcan, por ejemplo, el consumo de combustible en los vuelos comerciales por viajero/kilómetro pueden abaratar los costes del transporte aéreo e incrementar, de tal modo, el número de usuarios y de vuelos que cualquier ganancia ambiental derivada de la mejora inicial en ecoeficiencia resulte fácilmente anulada.

La ecoeficiencia representa un enfoque que solo de forma muy parcial permite entroncar con la idea de economía circular. Representa genéricamente la voluntad de sacar el máximo partido de unos recursos determinados, y en ese sentido dirige su atención a incrementar la productividad de dichos recursos, extender la vida de los productos, reducir la toxicidad de los materiales empleados e incrementar el grado de reciclabilidad de los mismos. Es a través de este último aspecto como se produce la vinculación con la circularidad. Sin embargo, la mayoría de los procesos de reciclaje habituales tienen en común que se reduce la calidad de los materiales, de tal modo que estos pasan a ser solo útiles para aplicaciones de un valor inferior. En realidad, tanto este tipo de reciclaje, como la extensión de la durabilidad de los productos solo permiten alargar el período de tiempo que transcurre desde la fabricación del producto original hasta su conversión en material desechable, es decir, en residuos.

En contraste con el concepto de ecoeficiencia, ha surgido el de ecoefectividad. Pretende conseguir el mantenimiento de la calidad de los recursos a través de ciclos sucesivos de utilización.

Para ello, pone el énfasis en el llamado *diseño de la cuna a la cuna* (*cradle to cradle*), en contraposición a la perspectiva *desde la cuna a la tumba* de un proceso lineal de producción y consumo, así como en la *combinación inteligente de materiales* y así pretende establecer un paralelismo entre los sistemas metabólicos de los organismos biológicos y las actividades industriales (Braungart, McDonough y Bollinger 2007). En la naturaleza, los *outputs* de determinados procesos biológicos se convierten en *inputs* de otros procesos, como, por ejemplo, sucede con la descomposición orgánica de los restos de plantas y árboles en un bosque, que acaban convertidos en nutrientes del suelo. Por ello, no puede hablarse propiamente de desechos o basuras en ese contexto de naturaleza. El enfoque propio de la ecoefectividad pretende imitar ese tipo de comportamiento en los procesos industriales, e introduce para ello un tipo de diseño que debería permitir potenciar un metabolismo de los sistemas industriales que se aproximara al que tiene lugar en los organismos vivos. En algunos casos, este tipo de diseño consistiría en trabajar con materiales, por ejemplo, en los productos textiles o en los envases utilizados por la industria alimentaria, que fueran biodegradables y que pudieran acabar convirtiéndose en nutrientes para los ecosistemas naturales. En otros casos, se trataría de mantener los materiales técnicos, sintéticos o minerales, en ciclos sucesivos de vida del producto —manufactura, recuperación y reutilización— que permitieran mantener su valor a lo largo de ellos. Para ello resulta conveniente establecer un tipo de relación entre el fabricante y el consumidor del producto en que el primero retiene la propiedad del bien y lo arrienda al usuario, que disfruta del servicio sin tener que ocuparse del destino final del bien que lo genera. Cuando el producto ya no cumple adecuadamente sus funciones, retorna al fabricante, que recupera los materiales y los vuelve a emplear para producir otros bienes de una calidad similar, en un proceso de *metabolismo técnico*. Tanto en el caso de los materiales que se reintegran como nutrientes a los ciclos biológicos de la naturaleza, como a los que integran el metabolismo técnico, resulta necesaria una cuidadosa selección de las materias primas y elementos componentes a manejar, que evite cualquier tipo de toxicidad y que facilite su reintegración a

los flujos circulares señalados. Para ello, se precisan importantes flujos de información técnica entre agentes situados en distintas fases del ciclo del producto. Es decir, se requiere la formación de comunidades de técnicos y empresas que puedan coordinarse entre sí y que puedan colaborar para lograr la antes mencionada *combinación inteligente de materiales*.

En definitiva, lo que sugieren los promotores de la ecoefectividad es que, en lugar de tratar de minimizar la huella ecológica de la especie humana, lo que se debería pretender en cambio es que esta huella fuera beneficiosa para el planeta y las especies que viven en él, lo que exigiría una transformación fundamental del tipo de diseño industrial que mayoritariamente se lleva a cabo en la actualidad, prestando una gran atención a aquellas características de la composición química de los productos que se consumen que son relevantes para la salud humana y para la protección de la naturaleza.

5.1.5. Economía circular, ventajas y limitaciones

Un informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA 2016) ha sintetizado los principales beneficios que puede aportar una reorganización de las actividades económicas orientada por los principios de la economía circular. En primer lugar, supondría aumentar la eficiencia en el consumo de materias primas al reducir su demanda debido a un mayor grado de conservación de los materiales contenidos en productos transformados de elevado valor. Con ello, también se reduciría la dependencia de las importaciones de estas materias primas, que en Europa es bastante elevada, logrando que las cadenas de aprovisionamiento de muchos sectores industriales quedaran menos sometidas a la incertidumbre en cuanto a la disponibilidad de la oferta de las materias primas y a la volatilidad de sus precios. En segundo lugar, sería posible obtener importantes beneficios medioambientales, desvinculando la producción de bienes y servicios y el bienestar social de una serie de importantes impactos ambientales negativos que en la actualidad se producen en paralelo. El reciclado de residuos urbanos y de envases y el menor recurso a los vertidos permitiría reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero. A ello contribuiría también la mayor eficiencia en el manejo

de los recursos con que operarían las industrias alimentarias, la hostelería, y la fabricación de metales.

Se produciría, asimismo, un conjunto de ganancias en el terreno puramente económico, ya que la economía circular representaría una plataforma para todo tipo de iniciativas innovadoras, que intentarían crear más valor económico a partir de una cantidad menor de recursos naturales. Del mismo modo, se obtendrían importantes ahorros de costes en la manufactura de bienes duraderos complejos, en textiles y en actividades dedicadas a la fabricación de envases, así como en la industria de alimentos y bebidas. Por último, sería posible conseguir beneficios sociales significativos en función del desarrollo de innovaciones como el consumo colaborativo, la reutilización de productos y el reciclado, con consecuencias positivas para la salud y la seguridad humanas. Aunque un giro hacia la economía circular reduciría el empleo en algunas actividades, como las ligadas a algunas industrias extractivas y a la producción de bienes de consumo de baja calidad, el informe de la EEA estima, no obstante, que el efecto neto sería positivo en términos de creación de puestos de trabajo, aumentando la disponibilidad de empleos para trabajadores de distintos niveles de cualificación.

La concepción de una economía circular como propuesta para la sostenibilidad ambiental de los procesos económicos se enfrenta a una serie de limitaciones. Algunas de ellas tienen un carácter muy teórico, como la proposición de que, debido a la entropía —segunda ley de la termodinámica—, el reciclaje de los productos requiere el consumo de energía y es necesariamente incompleto, dada la inevitable dispersión de algunos de los residuos generados. Otras limitaciones de este enfoque tienen trascendencia práctica inmediata, como el riesgo de que las ganancias de sostenibilidad registradas a nivel local o regional den simplemente lugar a un desplazamiento de los impactos ambientales negativos a otras partes del sistema económico global, debido a las cadenas de valor y las características del ciclo del producto. Por citar un ejemplo, la reducción del uso de combustibles fósiles en un país puede crear en otro una importante presión para la ampliación de la superficie dedicada a cultivos energéticos destinados a la producción de biocombustibles, eliminando superficie forestal e incrementando

el uso de la energía dedicada a la producción de fertilizantes y al manejo de la maquinaria agrícola. Otra objeción habitual es la relacionada con el efecto rebote anteriormente mencionado: las mejoras en la eficiencia de la producción pueden generar reducciones de costes en la producción y una disminución de los precios que favorezca una ampliación del consumo, eliminando las ganancias ambientales iniciales. Aunque el concepto de ecoefectividad tiende a superar las limitaciones de los enfoques basados en la ecoeficiencia, los ciclos circulares cerrados al cien por cien entre la naturaleza y las actividades humanas de producción y consumo no son realistas, y por ello, aún en las mejores circunstancias, una ampliación de la dimensión física del sistema económico tiene consecuencias negativas sobre la sostenibilidad. Esa ampliación es lo que cabe esperar que ocurra, dado el aumento de población, el efecto de las mejoras en el nivel medio de vida sobre el consumo y, sobre todo, el rápido crecimiento económico de muchos países en vías de desarrollo, que representan una proporción creciente de la población y del PIB mundiales.

Otras limitaciones menos aparentes de las propuestas dirigidas a fomentar la circularidad de los flujos económicos están relacionadas con las posibles consecuencias no deseadas que pueden derivarse del estímulo al alargamiento de la vida útil de los productos. Están presentes, además, los riesgos de adoptar una versión desviada de la economía circular vinculada a la gestión ambiental de una empresa individualmente considerada frente a un enfoque alternativo de carácter sistémico. En relación con el primer aspecto, y dada la incertidumbre existente en relación con muchos de los efectos sobre la naturaleza de la extracción y circulación de materiales destinados a un uso económico, podría darse el caso de que apostar por una larga duración de los productos existentes en un momento dado contribuyera a frenar innovaciones de productos que conllevaran ventajas importantes desde el punto de vista ambiental (Korhonen, Honkasalo y Seppälä 2018). Decisiones dirigidas a reducir a corto plazo algunos impactos ambientales negativos pueden bloquear vías futuras que quizás serían más efectivas. Respecto al segundo aspecto mencionado, es necesario tener presente la dificultad inherente para organizar flujos de información entre empresas proveedoras y empresas

clientes, y entre empresas y consumidores, en lo relativo al ecodiseño de los productos, y en cuanto al arrendamiento de los mismos como sustitutivo de su adquisición en propiedad. Este tipo de organización en forma de red para promover la sostenibilidad resulta, sin embargo, necesario para evitar contradicciones entre lo que resulta apropiado desde la perspectiva de una empresa individual y lo que conviene desde una perspectiva más sistémica. Así, por ejemplo, una empresa puede considerar que contribuye a la sostenibilidad reduciendo su producción de residuos desechables, pero si existen otras empresas para las que estos residuos constituyen un *input* en sus procesos de producción o una fuente de obtención de energía, contribuyendo así a conformar flujos circulares de materiales, entonces dicha estrategia minimizadora ya no es la más adecuada. De llevarse a cabo, se estaría forzando a otras empresas a incrementar su extracción de recursos materiales originales, dañando así la sostenibilidad ambiental desde un punto de vista agregado.

5.1.6. Iniciativas para el desarrollo de la economía circular

En síntesis, la economía circular ha abierto una interesante perspectiva para trabajar en pro de la sostenibilidad, al establecer paralelismos entre las interacciones que tienen lugar entre el sistema económico y la naturaleza y dentro del propio sistema económico considerado en sí mismo, de un lado, y los ciclos propios de los sistemas naturales, de otro. Ha permitido comprender mejor las limitaciones de conceptos como el de ecoeficiencia, y ha destacado la importancia de mantener el máximo valor posible en los procesos de reciclaje de los productos. Ha explicado también la contribución a la sostenibilidad que puede obtenerse mejorando el diseño de los productos para tener en cuenta sus consecuencias ambientales, y las ventajas que pueden derivarse de una nueva cultura del consumo, basada en mayor medida en el arrendamiento y en el uso compartido de bienes duraderos.

A la vez, la literatura especializada ha constatado que la economía circular no representa, al menos por el momento, un enfoque teórico completo en sí mismo, sino que se ha ido nutriendo de perspectivas teóricas parciales buscando una complementariedad entre ellas.

En la actualidad, la Unión Europea promueve activamente el desarrollo de la economía circular y ha adoptado al respecto diversas iniciativas, en consonancia con el Pacto Verde Europeo y con la Estrategia Anual de Crecimiento Sostenible. Un reciente documento ha recogido las propuestas de la Comisión Europea al respecto (2020a), que contemplan en la economía circular la posibilidad de mantener el consumo de recursos dentro de límites aceptables, duplicando la tasa de circularidad en la utilización de materiales en la próxima década y acelerando la transición «hacia un crecimiento regenerativo que devuelva al planeta más de lo que toma de él», y ofreciendo a la vez productos de alta calidad, funcionales y asequibles a los ciudadanos. La Comisión considera que aprovechando la gran dimensión del Mercado Único Europeo y las modernas tecnologías digitales, resultará también posible mediante sus propuestas reforzar la base industrial de la Unión Europea y fomentar la creación de empresas y el emprendimiento entre las pequeñas y medianas empresas (pymes), con un efecto neto positivo sobre el PIB y sobre el empleo. Los grandes objetivos que ahora se formulan se refieren al establecimiento de un marco sólido que favorezca la sostenibilidad de productos, servicios y modelos de negocio y que logre transformar las pautas del consumo para reducir la producción de residuos y garantizar la formación de un mercado interior de materias primas secundarias de alta calidad.

La iniciativa de la Comisión Europea, que ya elaboró un documento anterior sobre el tema (2015), se basa en un conjunto de principios que, entre otros aspectos, se dirigen a mejorar la durabilidad, reutilización y posibilidades de reparación de los productos, aumentar el contenido en materiales reciclados de los mismos, facilitar la refabricación, limitar la salida al mercado de productos de un solo uso y contrarrestar la obsolescencia prematura. La Comisión comparte también la perspectiva de que un componente fundamental de la economía circular consiste en incentivar una concepción de los productos como servicios, en que los fabricantes conservan la propiedad del producto o la responsabilidad por su rendimiento a lo largo de su ciclo de vida. Un elemento también básico de la iniciativa de la Comisión es favorecer la aparición de información que promueva la aplicación eficiente

de sus propuestas, y para ello está planteando, por un lado, el establecimiento de un *Espacio Europeo de Datos para Aplicaciones Circulares Inteligentes*, destinado a contener datos sobre las cadenas de valor e información sobre productos, y por otro, aplicar un conjunto de garantías para los consumidores basadas en ofrecerles información en el punto de venta sobre la vida útil de los productos y sobre la disponibilidad de servicios de reparación y piezas de recambio, protegerles frente a la obsolescencia prematura de los bienes que adquieren, y establecer requisitos mínimos para las etiquetas o logotipos de sostenibilidad que empleen las empresas. Se propone, asimismo, trabajar en la creación de un nuevo *derecho a la reparación* y pretende que en adelante las empresas acrediten sus afirmaciones ecológicas utilizando métodos de huella ambiental de sus productos y organizaciones.

A las propuestas genéricas que se acaban de destacar, la Comisión añade otras más específicas para la contratación pública ecológica, y para las cadenas de valor de una serie de productos: electrónica y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), baterías y vehículos, envases y embalajes, plásticos, productos textiles, alimentos, agua y nutrientes, y productos de la construcción y edificios. Una aspiración general es reforzar la circularidad en un entorno sin sustancias tóxicas, y frenar el traslado de la carga ambiental a otros países que tiene lugar a través de la exportación de residuos.

Tras esta introducción, el tratamiento de la economía circular en el resto del presente capítulo se va a mover principalmente a una escala macroeconómica, haciendo uso preferente de los conceptos acuñados por el análisis del flujo de materiales (AFM), a los que ya se ha hecho referencia en los capítulos anteriores. Se comienza, para ello, en el siguiente apartado, con una exposición de los criterios y metodología adoptados por la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) para tratar la información correspondiente a la economía circular, y a continuación se procede a aplicarlos al caso español.

5.2. Indicadores del avance de la economía circular en la Unión Europea

5.2.1. Marco de monitorización de la economía circular: sistema de indicadores

La transición a una economía circular, donde los productos, materiales y recursos se mantienen en la economía el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos, es uno de los objetivos de la UE, que pretende así desarrollar un sistema económico sostenible, bajo en carbono, eficiente en el uso de recursos, y competitivo.

Consciente de la necesidad de controlar si las acciones y medidas políticas adoptadas en la UE y los Estados miembros son adecuadas para cumplir los objetivos de la economía circular y para evaluar si la UE está en el camino correcto, en diciembre de 2015 la Comisión Europea publicó un Plan de Acción de la UE para la Economía Circular, en el que se establecía un marco de seguimiento o monitoreo. Dos años después, el 16 de enero de 2018, la Comisión Europea lanzó un marco para monitorear el progreso hacia la economía circular en una comunicación (2018a) y un documento de trabajo (2018b).

Recientemente, el 11 de marzo de 2020, la CE adoptó un nuevo Plan de acción para la economía circular (2020a), uno de los principales componentes del *European Green Deal*, la nueva agenda de Europa para el crecimiento sostenible (2020b). El nuevo plan de acción anuncia iniciativas a lo largo de todo el ciclo de la vida de los productos, apuntando, por ejemplo, a su diseño, promoviendo procesos de economía circular, fomentando el consumo sostenible y apuntando a garantizar que los recursos utilizados se mantengan en la economía de la UE el mayor tiempo posible. Este plan también es fundamental para apoyar los compromisos de la UE en materia de sostenibilidad (2016b) y, en particular, para alcanzar el Objetivo de desarrollo sostenible 12, «Producción y consumo responsables».

Este objetivo forma parte de la denominada Agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la Organización para las Naciones Unidas aprobada en 2015. Esta iniciativa recoge un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad que se concreta

en 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Estos 17 Objetivos, recogidos en la figura 5.1, se fijaron después de más de dos años de consultas públicas, interacción con la sociedad civil y negociaciones entre los países miembros de Naciones Unidas e implican un compromiso común y universal por parte de los mismos. Los ODS deben actuar como una brújula a la hora de armonizar los planes nacionales con los compromisos mundiales asumidos por los países.

La Agenda 2030 regirá los programas de desarrollo mundiales hasta 2030 y, al adoptarla, los países miembros se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación. Además, los 17 ODS, así como las 169 metas que los componen, se supervisan y examinan a nivel mundial mediante un conjunto de indicadores que se analizan anualmente. Como ya se ha comentado, el objetivo 12 busca garantizar modalidades de consumo y producción responsables haciendo hincapié en la degradación ambiental que ha acompañado al progreso económico y social en el último siglo y a la necesidad de elaborar planes de recuperación que reviertan las tendencias actuales y cambien nuestros patrones de consumo y producción hacia un futuro más sostenible.

FIGURA 5.2: Objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas

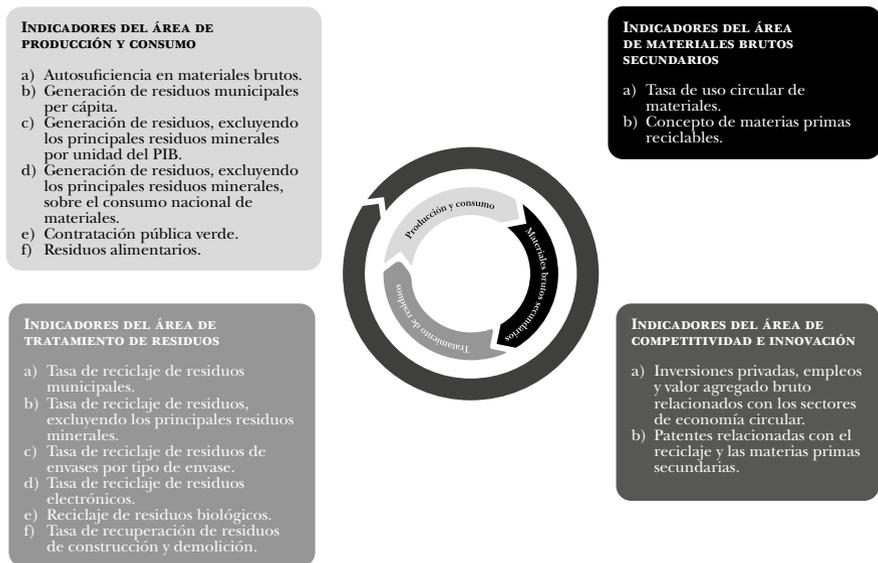


Fuente: Naciones Unidas.

Por tanto, el desarrollo de la economía circular queda perfectamente integrado dentro de este objetivo.

En este contexto, una de las misiones de la oficina estadística europea Eurostat, es proporcionar un acceso fácil a los datos relevantes para los ciudadanos y los responsables políticos a fin de apoyar el progreso del seguimiento del desarrollo de la economía circular y evaluar la eficacia de las distintas acciones (Eurostat 2020a). El marco de seguimiento de la economía circular establecido por la UE consta de 16 indicadores, algunos de ellos con subindicadores, que reflejan diversos aspectos relacionados con la economía circular. Estos indicadores (véase figura 5.3) se dividen en 4 áreas temáticas:

FIGURA 5.3: Marco de monitorización de la economía circular



Fuente: Eurostat (2020a) y elaboración propia.

1) *Producción y consumo*: el seguimiento y control de la producción y el consumo es esencial para medir el progreso hacia la economía circular. Por un lado, las decisiones de consumo de los ciudadanos, los gobiernos y las empresas tienen un papel importante en el desarrollo de la economía circular, a partir de la generalización de nuevos patrones de consumo, uso y eliminación de productos. Desde esta perspectiva, indicadores relacionados con la huella medioambiental del consumo o la generación de residuos urbanos reflejan los efectos de seguir estrategias que potencian la economía circular, como puede ser compartir activos ya existentes, elegir productos más duraderos o decantarse por la reutilización, reparación y restauración de productos en lugar de la compra de nuevos. Por otro lado, también las decisiones de producción son esenciales en el ámbito de la economía circular, en la medida en la que de ellas depende la minimización del uso de los materiales y recursos disponibles, así como de la generación de residuos, especialmente los no reciclables o peligrosos. Siguiendo la filosofía de la economía circular, tanto los hogares como los distintos sectores económicos deberían disminuir la cantidad de productos que consumen, o decantarse por aquellos más sostenibles, así como reducir la cantidad de residuos que generan. A largo plazo, este comportamiento puede contribuir a una autosuficiencia creciente de materias primas para la producción en la UE. En este sentido, interesa disponer de indicadores que reflejen el grado en el que los hogares están cambiando sus patrones de consumo hacia nuevos tipos de bienes más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente o que permitan comprobar si están alargando la duración del uso y aprovechamiento de los mismos. También es necesario disponer de información sobre el grado en el que las empresas están disminuyendo el uso de materiales en sus procesos productivos o saber si están reorientando sus estrategias empresariales hacia modelos de negocio más acordes con la economía circular, como la refabricación o la venta de los servicios que proporciona un determinado bien, en lugar del bien en sí mismo. En este sentido, cobra especial

relevancia el sector público, pues a través de los programas de contratación pública puede también apoyar este tipo de comportamientos.

- 2) *Tratamiento de residuos*: el reciclaje es fundamental para conseguir la transición a una economía circular. Los indicadores de este área se centran en el reciclaje de residuos, que posteriormente se devuelven al sistema económico para continuar creando valor. Sin embargo, aunque indicadores como la tasa de reciclaje o similares son importantes, también debería ponerse un mayor énfasis en la evaluación de hasta qué punto los materiales reciclados mantienen su valor o calidad, pues en la práctica solo un número limitado de materiales puede ser reciclado sin pérdidas de calidad. Las razones incluyen la utilización de mezclas de materiales y aditivos que técnicamente no pueden separarse, la contaminación y el alto coste de algunos procesos de reciclaje, etc. Por tanto, además de un aumento del reciclaje, también se requiere más innovación y una mayor eficiencia en todas las etapas del sistema de reciclaje: recogida, pretratamiento y tratamiento o procesado. No obstante, la disponibilidad de indicadores sobre estos aspectos resulta aún insuficiente.
- 3) *Materiales brutos secundarios*: estos indicadores analizan el grado en el que los materiales reciclados reemplazan los recursos naturales recién extraídos, reduciendo la huella ambiental de la producción y el consumo. Los materiales brutos secundarios son materiales reciclados o recuperados que, en lugar de volver al medio ambiente como residuos, vuelven a introducirse en el sistema económico como *inputs* para la producción de bienes y servicios. La utilización de este tipo de materiales debería potenciarse de cara a reducir la extracción de nuevos materiales y la generación de residuos, colaborando de este modo al desarrollo de una economía circular.
- 4) *Competitividad e innovación*: además de sus resultados medioambientales, la economía circular también contribuye a la creación de riqueza y puestos de trabajo (EEA 2016). Las distintas acciones en este ámbito generan innovaciones de productos y procesos, así como el desarrollo de nuevas

tecnologías enfocadas a reducir el uso de materiales o incrementar su reciclaje y reutilización, etc. Todas estas innovaciones pueden tener efectos positivos sobre el crecimiento económico y el desarrollo de sectores específicos relacionados con el reciclaje o la reutilización de los productos, en los que pueden crearse nuevos puestos de trabajo. A partir de esta idea, este grupo de indicadores pretende medir los consiguientes efectos sobre el sistema económico.

A continuación se enumeran los indicadores⁵ que incluye cada una de las cuatro áreas temáticas comentadas:

1) Indicadores del área de producción y consumo:

- a) *Autosuficiencia en materiales brutos*. Las materias primas son esenciales para el funcionamiento de la economía de la UE. Una amplia variedad de sectores industriales depende del suministro seguro de materias primas, que normalmente proceden de la extracción doméstica, el reciclaje y las importaciones. El Plan de acción de la UE para la economía circular contiene acciones específicas en el área de las materias primas denominadas críticas, es decir, aquellas que son de gran importancia económica para la UE y vulnerables frente a una posible interrupción del suministro. En ciertos casos, su extracción también causa impactos ambientales significativos, por lo que, a su importancia económica, se añaden implicaciones significativas en política ambiental. Aumentar el reciclaje y recuperación de materias primas críticas es uno de los desafíos clave que deben abordarse en el camino hacia una economía más circular. Este indicador, que solo está disponible para la UE en términos agregados, mide su grado de independencia del resto del mundo en el

⁵ Hay que tener presente que el diseño del marco de monitorización de la economía circular de la Comisión Europea se ha basado, en parte, en la disponibilidad de información en los países de la Unión Europea, por lo que algunos de los indicadores seleccionados pueden no parecer los más adecuados o tener un carácter parcial. La mejora de la información estadística en los próximos años puede solucionar estos problemas y mejorar el sistema de indicadores para realizar un seguimiento más completo y veraz del desarrollo de la economía circular en los países europeos.

caso de varias materias primas. Se expresa en porcentaje y se define como el complementario de la tasa de dependencia de las importaciones (IR), definida esta para cada tipo de material como sigue (las variables se expresan en toneladas para su cálculo):

$$IR = \frac{\text{Importaciones netas}}{\text{Consumo aparente}} = \frac{\text{Importaciones} - \text{Exportaciones}}{\text{Producción doméstica} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones}}$$

El indicador de autosuficiencia de las materias primas, en combinación con un análisis de los países de origen de estos materiales, puede ayudar a evaluar los riesgos de suministro en la Unión Europea. Sin embargo, el correspondiente ejercicio no se realiza en esta monografía al no disponerse de información por países y, en particular, para España. Aunque este indicador en concreto no sirve para analizar el grado de circularidad del sistema productivo, conviene a la vez señalar que reorientar una economía para darle un carácter más circular puede contribuir a reducir los riesgos de suministro de aquellos países con mayor dependencia de las importaciones de materias primas, situación esta última que sí que queda evidenciada a través del indicador comentado.

- b) *Generación de residuos urbanos per cápita*. Este indicador mide los residuos recogidos por las autoridades municipales y eliminados a través del sistema de gestión de residuos. En su mayor parte, se trata de desechos generados por los hogares, aunque también incluye desechos similares de comercios, oficinas o instituciones públicas. Aunque los residuos urbanos solo suponen un 10% de los residuos totales generados (un 30% de los residuos si se excluyen los principales residuos minerales), su reducción es un indicador de la efectividad de las medidas de concienciación de la ciudadanía para la reducción de la generación de residuos y el cambio hacia patrones de consumo más sostenibles. Estos residuos tienen la ventaja de que reflejan el lado del consumo y no se ven afectados por la presencia o ausencia de sectores manufactureros potentes en cada país.

- c) *Generación de residuos, excluyendo los principales residuos minerales por unidad de PIB.* Este indicador se define como la suma de todos los desechos generados en un país (en unidades de masa), excluyendo los principales desechos minerales, por unidad del PIB (en euros de 2010). La relación se expresa en kilogramo (kg) por mil euros. Incluye los residuos de todos los sectores económicos y de los hogares, incluidos los generados en el tratamiento de otros residuos (residuos secundarios), pero excluyendo la mayoría de los desechos minerales. Se excluyen los principales desechos minerales porque el peso de los desechos minerales de las actividades de construcción/demolición y de la minería suele ser muy elevado, y este tipo de actividades tiene una importancia muy variable en los distintos Estados miembros. Por tanto, el hecho de excluir los principales residuos minerales permite reflejar mejor las tendencias generales de cada país y mejora la comparabilidad entre países.⁶ Sin embargo, también hace que no se contemple un tipo de residuos bastante importante en algunos países de la UE.
- d) *Generación de residuos, excluyendo los principales residuos minerales, como proporción sobre el consumo nacional de materiales.* Este indicador se define como todos los desechos generados en un país, excluyendo los principales desechos minerales, dividido por el consumo nacional de materiales (CNM) de un país. Se trata de un indicador de eficiencia en el uso de materiales. Cuanto menor sea la relación, mejor es el comportamiento del país, pues una menor parte de los materiales que utiliza en sus procesos productivos vuelve al medio ambiente en forma de residuos. Sin embargo, al igual que en el caso del indicador anterior, al tratarse de una ratio, una

⁶ La alta variación del indicador también puede deberse a una serie de factores como las diferencias en la clasificación de los residuos por parte de los Estados miembros, que pueden dar lugar a problemas de comparabilidad, así como al hecho de que las diferencias en el poder de compra no se reflejan completamente en los tipos de cambio y por tanto, se subestiman los ingresos en algunos Estados miembros, y también a las diferencias en términos de estructura y especialización de la economía de ciertos Estados miembros en servicios de alto valor (por ejemplo, finanzas o sectores de tecnologías de la información [TI]).

evolución negativa del mismo no implica una reducción del volumen de residuos generados, por lo que su análisis debería complementarse con el de las cifras absolutas.

- e) *Contratación pública verde*. Este indicador mide la proporción de procedimientos de contratación pública (a partir de unos umbrales fijados por la UE), que incluyen elementos medioambientales. Su importancia deriva del hecho de que la contratación pública representa aproximadamente el 14% del PIB de la UE, siendo su peso todavía mayor en España. Por tanto, si los requisitos de circularidad (reparabilidad, durabilidad, reciclabilidad, etc.) se incluyen sistemáticamente en los contratos públicos, la contratación pública puede desempeñar un papel clave en la transición hacia la economía circular. De hecho, la Comisión Europea ha publicado distintos manuales para ayudar a las autoridades públicas a comprar bienes y servicios con un menor impacto ambiental, así como para servir de referencia para los responsables políticos y las empresas que responden a las licitaciones verdes (Comisión Europea 2016a). Lamentablemente, aunque este indicador está incluido en el sistema de indicadores de la economía circular, todavía no hay información disponible sobre el mismo en Eurostat.
- f) *Residuos alimentarios*. Este indicador mide los residuos generados en la producción, distribución y consumo de alimentos (en unidades de masa). El desperdicio de alimentos es una preocupación muy importante en Europa: se estima que representa alrededor del 20% de todos los alimentos producidos y está asociado con una presión indebida sobre los recursos naturales, el medio ambiente y el cambio climático. Por tanto, resulta necesario controlar su evolución y apoyar su reducción de cara al futuro. A pesar de su importancia, tampoco hay información sobre este indicador a nivel nacional en Eurostat.

2) Indicadores del área de tratamiento de residuos:

- a) *Tasa de reciclaje de residuos urbanos*. Este indicador proporciona información sobre el grado en que los residuos generados por los consumidores finales son utilizados como recursos de nuevo por el sistema productivo, potenciando,

de este modo, la economía circular. Se define como el porcentaje de residuos urbanos que se reciclan sobre los residuos urbanos totales.

- b) *Tasa de reciclaje de residuos, excluyendo los principales residuos minerales.* El indicador se calcula como la proporción de residuos reciclados dividido por los residuos generados totales (de todos los sectores económicos y de los hogares), excluyendo los principales residuos minerales, por las razones ya expuestas anteriormente. En este caso, la cantidad de residuos reciclados se ajusta de la siguiente manera: residuos tratados en plantas domésticas más residuos enviados fuera del país para reciclaje menos residuos importados y tratados en plantas domésticas de reciclaje. Por tanto, el indicador refleja el grado de reciclaje de los residuos nacionales, sin importar dónde se lleve a cabo, excluyendo, además, los residuos que se importan de otros países.
- c) *Tasa de reciclaje de residuos de envases por tipo de envase.* El indicador se define como la proporción de residuos de envases y embalajes que se reciclan sobre todos los residuos de este tipo generados (expresado en porcentaje). Los residuos de envases y embalajes cubren el material usado para la contención, protección, manipulación, entrega y presentación de bienes, desde materias primas hasta bienes procesados, desde el productor hasta el usuario o el consumidor, excluyendo los residuos de producción. Los residuos de envases y embalajes se dividen en residuos de envases de plástico, de papel y de madera.
- d) *Tasa de reciclaje de residuos electrónicos.* Se define como la proporción de residuos electrónicos que son reciclados sobre los residuos electrónicos totales. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), como computadoras, televisores, frigoríficos y teléfonos móviles, también conocidos como residuos electrónicos, constituyen uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento en la UE en los últimos años. Por esta razón, es importante que su reciclaje se intensifique para avanzar hacia una economía circular.

Este indicador se calcula multiplicando la *tasa de recolección* por la *tasa de reutilización y reciclaje*, como se establece en la Directiva RAEE 2012/19/UE (Unión Europea 2012). La *tasa de recolección* es igual a los volúmenes recolectados de los RAEE en el año de referencia dividido por la cantidad promedio de equipos eléctricos y electrónicos (EEE) puestos en el mercado en los tres años anteriores (ambos expresados en unidades de masa). La *tasa de reutilización y reciclaje* se calcula dividiendo el peso de los RAEE que entran en los procesos de tratamiento/reciclaje para su reutilización por el peso de todos los RAEE recogidos por separado (ambos en unidad de masa) de conformidad con el artículo 11, apartado 2, de la Directiva RAEE 2012/19/UE.

- e) *Reciclaje de residuos biológicos*. El indicador se mide indirectamente como el cociente entre el volumen de residuos urbanos compost/metanizados (en unidades de masa) y la población total, expresado en kg per cápita. La suposición subyacente es que, en general, el único tratamiento razonable de los residuos biológicos es el compostaje o la llamada digestión anaeróbica.⁷ Sin embargo, aunque es deseable conocer la tasa de reciclaje de residuos biológicos urbanos, no hay datos demasiado fiables sobre los mismos, pues gran parte termina mezclada junto con otros tipos de residuos. Este hecho hace que no sea posible incluir este indicador como tal en el sistema de indicadores diseñado por Eurostat.
- f) *Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición*. Este indicador se define como la proporción de residuos de construcción y demolición que se prepara para su reutilización, reciclado o recuperación, incluso a través de operaciones de relleno, dividido por los residuos de construcción y demolición tal y como se definen en el Reglamento

⁷ La digestión anaeróbica, también llamada biometanización, es un proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno, en el que parte de la materia orgánica de los residuos orgánicos se transforma, mediante la acción de los microorganismos, en una mezcla de gases (biogás), constituido principalmente por metano y dióxido de carbono y otros gases en pequeñas cantidades (amoníaco, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, etc.). El biogás generado se puede considerar un buen combustible, y es útil para la combustión y generación de calor y/o energía eléctrica.

(CE) n.º 2150/2002 sobre estadísticas de residuos (Unión Europea 2008). Los residuos minerales de la construcción y demolición son, por ejemplo, cemento, ladrillos y desechos de yeso; materiales de aislamiento; otros residuos mixtos de construcción que contienen vidrio, plásticos y madera; y desperdicios de materiales de pavimentos hidrocarbonados. Para el cálculo del indicador, solo se tienen en cuenta los residuos no peligrosos y se incluye el relleno.

La construcción y la demolición son una de las mayores fuentes de residuos en Europa.⁸ Muchos de los materiales son reciclables o pueden reutilizarse, pero las tasas de reutilización y reciclaje varían ampliamente entre los países miembros de la UE. Algunos factores importantes para devolver estos materiales a la economía y preservar su valor tanto como sea posible son el diseño de materiales de construcción y de las construcciones, la demolición selectiva de construcciones, facilitando la separación de los materiales recuperables y los peligrosos, así como la mejora de las garantías de calidad que generen confianza en los materiales reciclados.

3) Indicadores del área de materiales brutos secundarios:

- a) *Tasa de uso circular de materiales.* En una economía circular, los residuos son reciclados, recuperados y reutilizados en la economía como si fueran materias primas nuevas, y se les llama, en ese caso, materias primas secundarias. De esta forma, se ahorra en cuanto a nueva extracción de materias primas primarias para los procesos productivos. La tasa de uso circular de materiales, también conocida como tasa de circularidad, mide la proporción de materiales recuperados y reciclados que vuelven al sistema económico (las denominadas materias primas secundarias) como *inputs* sobre los materiales totales utilizados. Muestra, por tanto, la relación entre el uso circular de materiales y el uso total de materiales del sistema económico. Una tasa elevada representa un

⁸ Los avances en el reciclaje y reutilización de residuos de la construcción y demolición están regulados por un objetivo obligatorio en virtud de la Directiva marco sobre residuos (2008/98/CE), artículo 11.2 (Unión Europea 2008).

ahorro en la correspondiente extracción de materias primas. Los materiales totales utilizados se obtienen agregando el consumo nacional de materiales (CNM) y el consumo circular de materiales (U). Este último se aproxima por la cantidad de residuos reciclados en plantas de recuperación y reciclaje nacionales, menos los residuos importados para reciclaje, más las exportaciones de residuos para su reciclaje en otros países.

Así pues, una tasa de circularidad mayor indica que se utilizan proporcionalmente más materias primas secundarias (recicladas), que sustituyen la extracción de materias primas, reduciendo el impacto que esta tiene sobre el medio ambiente. De esta forma, los sistemas de producción necesitan extraer del medio natural una menor cantidad de materiales al reutilizar los residuos generados, lo que es precisamente una de las bases de la economía circular. Sin embargo, a la hora de interpretar la tasa de circularidad, hay que tener en cuenta el papel del comercio internacional de residuos para reciclaje, ya que este indicador incluye las exportaciones, pero no las importaciones. Por tanto, una elevada tasa de uso circular de materiales podría venir determinada por un elevado volumen de exportaciones de residuos al exterior, en lugar de por un mayor nivel de reciclaje.

- b) *Comercio de materias primas reciclables*. Este indicador mide las cantidades de determinadas categorías de residuos de materias primas que se intercambian entre distintos Estados miembros de la UE (importaciones y exportaciones intra-UE) y con otros países no pertenecientes a la UE (importaciones y exportaciones extra-UE). Se incluyen cinco clases de materiales: plástico; papel y cartón; metales preciosos; hierro y acero; y cobre, aluminio y níquel.

Una imagen precisa del sector europeo de materias primas y su evolución debe incluir los movimientos de materias primas procedentes de residuos, es decir, materias primas secundarias, que cruzan las fronteras europeas como importaciones y exportaciones, así como las que se comercian dentro de la UE entre los países miembros. Este indicador es relevante para medir el avance de la economía circular por-

que ofrece una imagen de las tendencias en los mercados de materias primas secundarias, tanto a nivel nacional como de la UE en su conjunto.

4) Indicadores del área de competitividad e innovación:

- a) *Inversiones privadas, empleos y valor añadido bruto relacionados con los sectores de economía circular.* Como ya se ha comentado, la economía circular tiene potencial para contribuir a la creación de empleos y al crecimiento económico (Wijkman y Skanberg 2015; Ellen MacArthur Foundation 2013). La inversión en innovación y ecodiseño, en materias primas secundarias, en procesos de reciclaje y en el diseño y puesta en marcha de procesos industriales circulares es un elemento clave de la transición a una economía circular. Además, sectores específicos estrechamente relacionados con la economía circular, como los de reciclaje, reparaciones y reutilización,⁹ son especialmente intensivos en empleo, por lo que pueden contribuir a la generación de nuevos puestos de trabajo. Este indicador, que realmente engloba tres subindicadores distintos, intenta reflejar la importancia que estos sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización tienen en la actualidad, así como su evolución en los últimos años. En concreto, los tres subindicadores son el valor añadido bruto (VAB) generado por estos sectores, la inversión tangible¹⁰ realizada por los mismos y el número de ocupados que emplean. El peso que estos sectores tienen en estas variables económicas clave es un indicador del grado de desarrollo de la economía circular en cada país o territorio, así como de sus efectos sobre la economía en general.
- b) *Patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias.* Este indicador mide el número de patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias de-

⁹ Los sectores de reciclaje se corresponden con los códigos de la NACE Rev.2 381, 383, 4677 y 4779, mientras que los sectores de reparaciones y reutilización están formados por los siguientes códigos NACE Rev.2: 331, 452, 454, 951, 952. Véase el apéndice A.1 para un mayor detalle.

¹⁰ Sería conveniente incluir también la inversión intangible realizada por estos sectores, sobre todo teniendo en cuenta el avance de la digitalización en los últimos años (véase Mas *et al.* 2019; Corrado *et al.* 2016).

finidas utilizando los códigos relevantes (véase el apéndice A.2 para un mayor detalle) en la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC) relacionados con el tratamiento de aguas residuales, de residuos sólidos y con las tecnologías facilitadoras o con potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las estadísticas de patentes son ampliamente utilizadas para evaluar el progreso tecnológico en un determinado sector industrial y también como indicadores de la innovación desde la perspectiva del *output*. En este sentido, el desarrollo de técnicas innovadoras para la recogida, transporte, almacenamiento de residuos y, en particular, para el reciclaje de materiales, ayudará a reducir la dependencia de la UE de productos básicos críticos, mejorará la resistencia de la UE ante posibles interrupciones en el suministro de materiales y, con ello, respaldará la competitividad de las industrias nacionales. El número de familias de patentes en estos dominios da una imagen de la actividad de innovación en el ámbito del reciclaje y de las tecnologías de reutilización de materiales en la UE y sus países miembros. Sin embargo, a pesar de que este indicador proporciona información sobre las tecnologías de reciclaje innovadoras más relevantes, hay que tener presente que no abarca todas las tecnologías relacionadas con la gestión de residuos, ni otros servicios y modelos de negocio de la economía circular. Además, también debe tenerse en cuenta que no todas las innovaciones relevantes son o pueden ser patentadas, por lo que el indicador tiene sus limitaciones.

La medición y el seguimiento de estos indicadores por parte de los órganos de gobierno de la Unión Europea permitirá el diseño de estrategias y políticas adecuadas al estado de desarrollo de la economía circular en cada momento y en cada Estado miembro. No obstante, hay que tener en cuenta que estos indicadores resultan todavía parciales, por lo que se espera que en un futuro se amplíen para completar la medición del desarrollo de la economía circular en todas las fases del ciclo productivo y de consumo de los productos, incluyendo nuevos indicadores relativos al eco-

diseño, ecoinnovación, durabilidad de los productos, economía colaborativa, etcétera.

Por otro lado, el análisis de la economía circular y su avance no es exclusivo de la Unión Europea y otras instituciones internacionales también tienen iniciativas en este ámbito. La OCDE, por ejemplo, realiza este análisis a través del proyecto RE-CIRCLE. Esta iniciativa pretende proporcionar información sobre la eficiencia en el uso de los recursos y la transición a una economía circular. Su principal objetivo es identificar y cuantificar el impacto de las políticas que buscan, precisamente, aumentar esta eficiencia, apoyando así la transición a la economía circular. Aunque no dispone de un banco de datos como tal, sí elabora distintos informes en los que ofrece información tanto cuantitativa como cualitativa relacionada con la economía circular. Todos los informes están disponibles en la web del proyecto (OCDE 2020) y se centran en las interconexiones entre la economía circular y la actividad económica, la digitalización, el mercado de trabajo, el comercio internacional y las cadenas de valor globales, el cambio climático, la seguridad alimentaria, los cambios en los modelos de negocio y los residuos plásticos. La Fundación Ellen MacArthur, como ya se ha comentado a lo largo de este capítulo, también elabora informes similares relacionados con la economía circular y sus implicaciones, así como guías para las autoridades y dirigentes políticos de cara a acelerar la transición a una economía circular (Ellen MacArthur Foundation 2013, 2015; Ellen MacArthur Foundation y Mckinsey Center for Business and Environment 2015).

5.2.2. Avance de la economía circular en la UE y España

El análisis de los indicadores expuestos, publicados por Eurostat para los Estados miembros, permite tener una imagen, aunque parcial, de cuál es el grado de avance de la economía circular en la Unión Europea, así como en los países que la conforman. Este epígrafe se dedica precisamente al análisis de estos indicadores para la misma selección de países considerados en el resto de los capítulos, junto con los agregados EU-14 y EU-27 cuando sea posible. Dada la diversidad de los indicadores, el período analizado para cada uno es diferente, dependiendo de la disponibilidad de información en cada caso. El análisis de estos indicadores com-

plementa el ya realizado en los capítulos anteriores a partir de los datos del AFM y que también está muy relacionado con el proceso de transición hacia una economía circular.

5.2.2.1. *Producción y consumo*

El gráfico 5.1 presenta el primer indicador correspondiente al área de producción y consumo disponible por países: residuos urbanos generados per cápita. Como se observa, la evolución española ha sido muy positiva, pues los residuos urbanos per cápita se han reducido considerablemente desde principios de siglo. De hecho, teniendo en cuenta el grupo de países considerados, España es el país que más ha reducido los kg de residuos urbanos por habitante, pasando de ser el país que más residuos de este tipo per cápita generaba en el año 2000 a ser el que genera una menor cantidad en la actualidad, si bien desde 2014 la tendencia vuelve a ser creciente. Es posible que la recuperación económica iniciada ese año haya hecho aumentar el consumo de los hogares y, con el mismo, la generación de este tipo de residuos. Habrá que esperar a disponer de datos más recientes para ver si esta tendencia se mantiene en el tiempo, lo que resultaría negativo de cara al cambio hacia una economía más circular. En caso de que esta tendencia continuara, sería necesario realizar campañas de concienciación de la ciudadanía sobre la necesidad de reducir la generación de residuos.

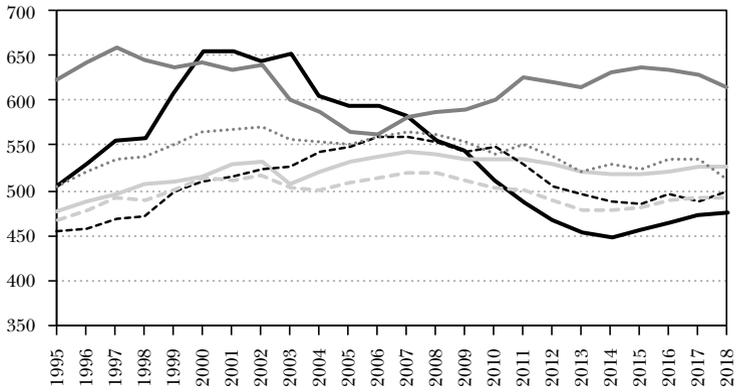
Si tenemos en cuenta la totalidad de los residuos generados (excluyendo los principales residuos minerales, por las razones anteriormente comentadas) por unidad de PIB generado (gráfico 5.2), la situación es bastante distinta y España, a pesar de ser el país en el que más se ha reducido esta ratio desde principios de siglo —en lo que también debe haber influido el rápido crecimiento del PIB en los años inmediatamente anteriores a la crisis económico-financiera—, se sitúa por encima de la EU-14 y alejada de países como Francia o Alemania. La situación es aún peor si estos residuos se comparan con el consumo nacional de materiales (CNM). En ese caso, España se sitúa por encima de todos los países considerados, con la única excepción de Italia, así como de los dos agregados EU-14 y EU-27, y, además, la generación de residuos sobre el CNM no ha dejado de aumentar desde 2006,

habiéndose más que duplicado desde entonces (gráfico 5.3). Estas no son buenas noticias de cara al desarrollo de la economía circular, pues aunque los residuos urbanos por habitante se han reducido, posiblemente gracias a las campañas publicitarias y a la mayor sensibilización de la población en general respecto a la necesidad de reducir los residuos generados, esta reducción también puede haberse visto influida por el aumento de la población en estos años, algo mayor que en el promedio de la UE. De hecho, el resto de indicadores relacionados con la generación de residuos no presentan unos niveles ni una evolución adecuada para apoyar el desarrollo de la economía circular, por lo que aún queda bastante camino por recorrer en este área. Lamentablemente, Eurostat todavía no ofrece información sobre los residuos alimentarios, cuyo análisis sería interesante dado su volumen.

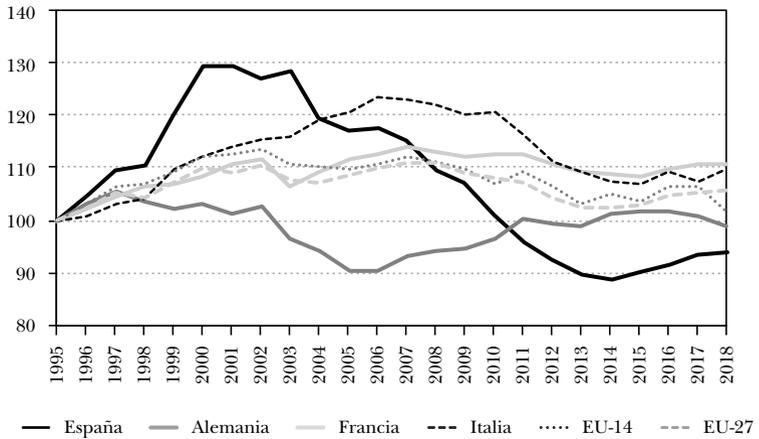
En cuanto a la contratación pública verde (CPV), la información disponible es también muy limitada. Aunque la Comisión Europea ha hecho recomendaciones expresas para su implantación, lo cierto es que todavía es un instrumento voluntario. Sin embargo, la contratación pública sostenible y planteada con criterios medioambientales, puede jugar un papel clave en los esfuerzos de la UE para convertirse en una economía más eficiente en el uso de los recursos. Puede ayudar a estimular una masa crítica de demanda de bienes y servicios más sostenibles que, de otro modo, serían difíciles de introducir en el mercado, fomentando, de esta forma, la ecoinnovación. En este sentido, la Comisión Europea ha elaborado documentos con los criterios para implantar la CPV en distintos ámbitos de la contratación pública, así como estudios para medir su difusión entre los países de la UE. En los mismos, España se sitúa por debajo de sus socios europeos en cuanto a la implantación de los criterios medioambientales en la contratación pública (Renda *et al.* 2012), por lo que esta es un área que puede resultar decisiva en los próximos años de cara al desarrollo de nuevas tecnologías y productos que apoyen la transición a una economía circular.

**GRÁFICO 5.1: Generación de residuos urbanos per cápita.
Comparación internacional, 1995-2018**

a) Kg de residuos per cápita



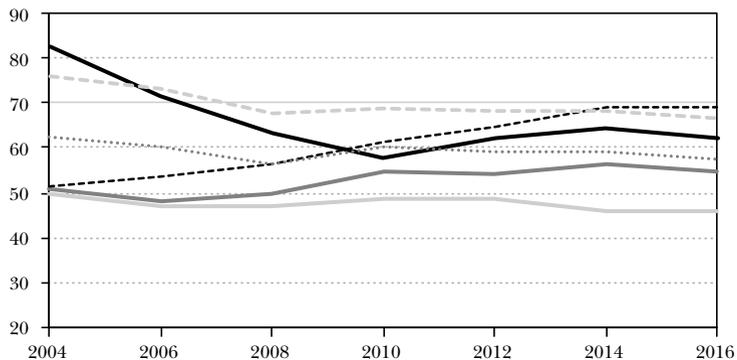
b) 1995 = 100



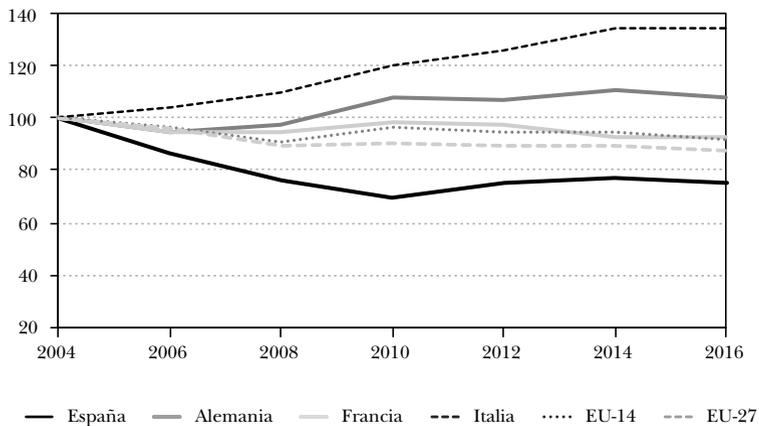
Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

GRÁFICO 5.2: Generación de residuos totales sin incluir los principales residuos minerales sobre el PIB. Comparación internacional, 2004-2016

a) Kg de residuos por miles de euros de PIB real



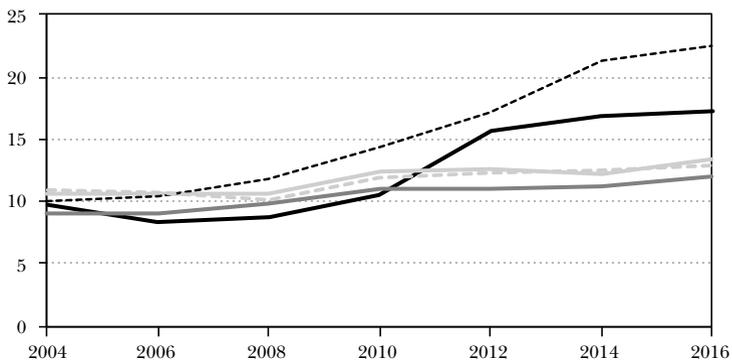
b) 2004 = 100



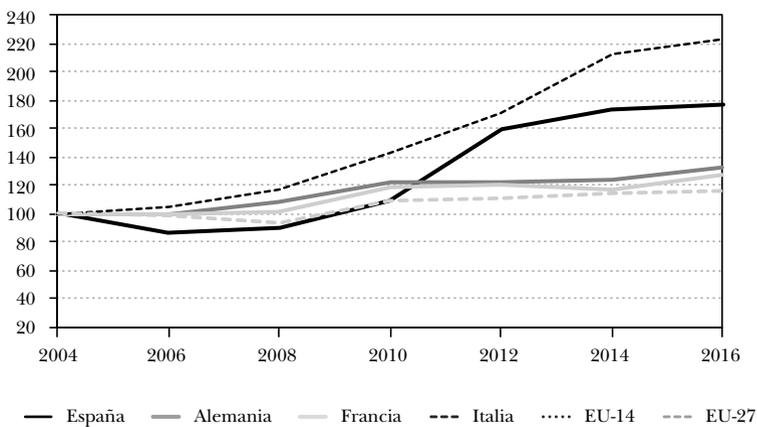
Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

GRÁFICO 5.3: Generación de residuos totales sin incluir los principales residuos minerales sobre el consumo nacional de materiales (CNM). Comparación internacional, 2004-2016

a) Porcentaje



b) 2004 = 100



Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

5.2.2.2. *Generación de residuos*

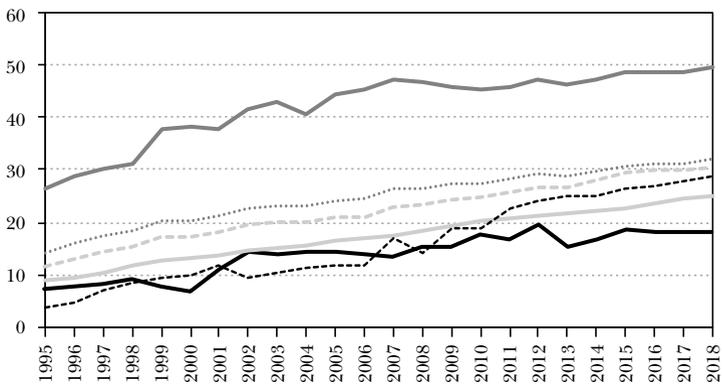
Igual de importante que conocer el volumen de residuos generados es conocer el tratamiento que se les da. Uno de los pilares de la economía circular es, precisamente, la necesidad de reutilizar los residuos y volver a incorporarlos a los procesos productivos en forma de *inputs*. Por esta razón, el segundo bloque de indicadores está relacionado con el tratamiento de los residuos. Si analizamos, en primer lugar, los residuos urbanos, que, como hemos visto, se han reducido de forma considerable en España en términos per cápita en las últimas décadas, el país sale bastante mal parado cuando se compara su tasa de reciclaje con la de otros países europeos (gráfico 5.4). En 2018, último año disponible, la tasa de reciclaje de residuos urbanos de Alemania más que duplica la española (49,6% frente a 18,3%) y la media de la EU-14 se sitúa 14 puntos porcentuales por encima de la española, lo que da una idea del atraso de nuestro país en este ámbito, a pesar de los avances realizados desde principios de siglo. Lo mismo ocurre si se consideran la totalidad de los residuos, exceptuando únicamente los principales residuos minerales (gráfico 5.5). En este caso, las tasas de reciclaje son más elevadas que cuando solo se tienen en cuenta los residuos urbanos, pero España sigue presentando las menores tasas de reciclaje todos los años considerados. Mientras en todos los países seleccionados, y también en los agregados EU-14 y EU-27, los residuos reciclados superan el 50%, en España esta cifra se queda en el 46% en 2018, por lo que se están desaprovechando recursos en un contexto en el que las materias primas son cada vez más escasas y caras. Entre los países seleccionados, Italia es el país con mayores tasas de reciclaje y también el país que presenta un mayor crecimiento de las mismas, un resultado que también se producía en el caso del reciclaje de los residuos urbanos (gráfico 5.4).

Además de fijarnos en las tasas de reciclaje agregadas, también resulta de interés analizar por separado las correspondientes a distintos tipos de residuos, pues sus efectos sobre los ecosistemas y el medio ambiente son distintos y las estrategias a seguir para potenciar su reciclaje no tienen por qué ser las mismas ni dirigirse a los mismos agentes económicos. Asimismo, también es posible detectar de forma más clara y precisa los puntos fuertes y débiles

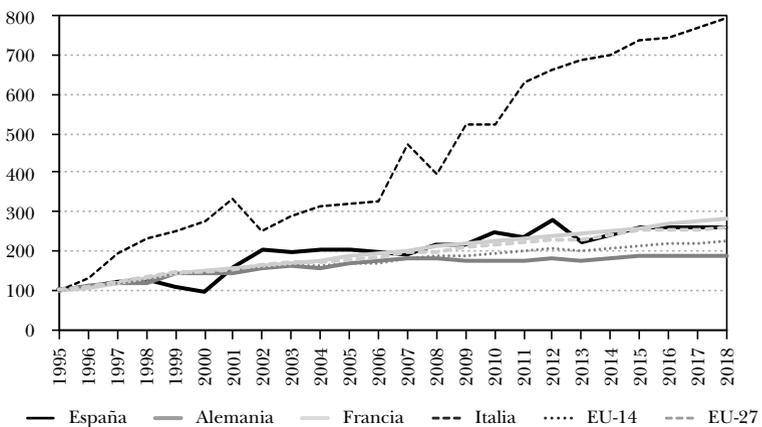
de cada país en el ámbito del reciclaje. El gráfico 5.6 muestra la evolución de la tasa de reciclaje de los residuos de envases y embalajes, así como de las distintas subcategorías que pueden distinguirse entre los mismos: envases y embalajes de papel, de plástico y de madera. Como se observa, la economía española partía de las últimas posiciones a finales de los noventa, pero en la actuali-

GRÁFICO 5.4: Tasa de reciclaje de los residuos urbanos. Comparación internacional, 1995-2018

a) Porcentaje



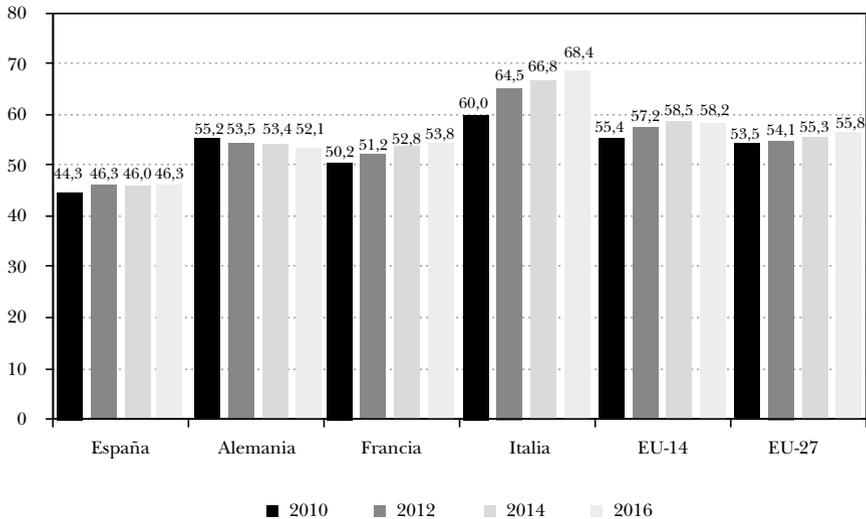
b) 1995 = 100



Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

GRÁFICO 5.5: Tasa de reciclaje de los residuos totales excluyendo los principales residuos minerales. Comparación internacional, 2010, 2012, 2014 y 2016

(porcentaje)



Nota: El porcentaje corresponde a 2016.

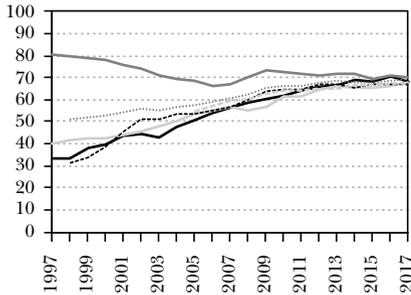
Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

dad la diferencia con el resto de países considerados es mínima. El aumento de la tasa de reciclaje de los envases y embalajes en nuestro país (solo superado por Italia) ha hecho que, en la actualidad, esta sea muy similar a la de los países más avanzados de la UE, cercana al 70% (panel *a* del gráfico 5.6). Si distinguimos por tipos de envase, la mayor tasa de reciclaje es la de los envases de papel y cartón, por encima del 70% en todos los países analizados y próxima al 100% en Francia (panel *b* del gráfico 5.6). En la EU-14 y EU-27 dicha tasa de reciclaje está por encima del 85%. España presenta aún cierto retraso en este ámbito, con una tasa de reciclaje cercana al 75%, algo por debajo de la del resto de países, si bien no es despreciable.

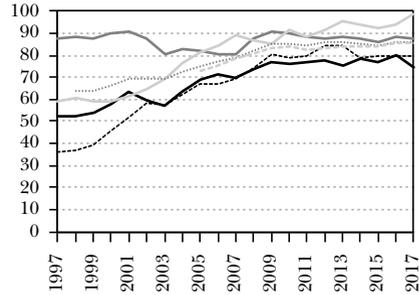
Aunque las tasas de reciclaje del resto de tipos de envases y embalajes, de plástico y madera (paneles *c* y *d*), son menores que las del papel, la posición relativa de España es mejor, pues se sitúa a la cabeza de los países seleccionados, con unas tasas de reciclaje del 48% en el caso de los envases de plástico y del 68% en los de

GRÁFICO 5.6: Tasa de reciclaje de residuos de envases y embalajes por tipo. Comparación internacional, 1997-2017
(porcentaje sobre residuos generados)

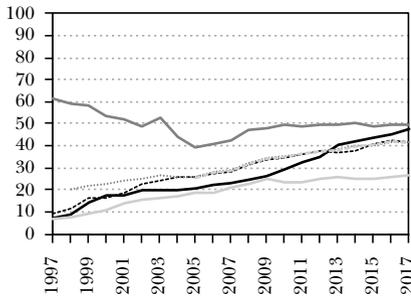
a) Total envases y embalajes



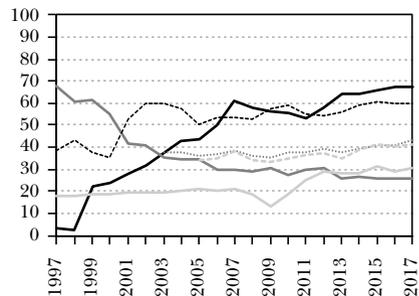
b) Envases y embalajes de papel



c) Envases y embalajes de plástico



d) Envases y embalajes de madera

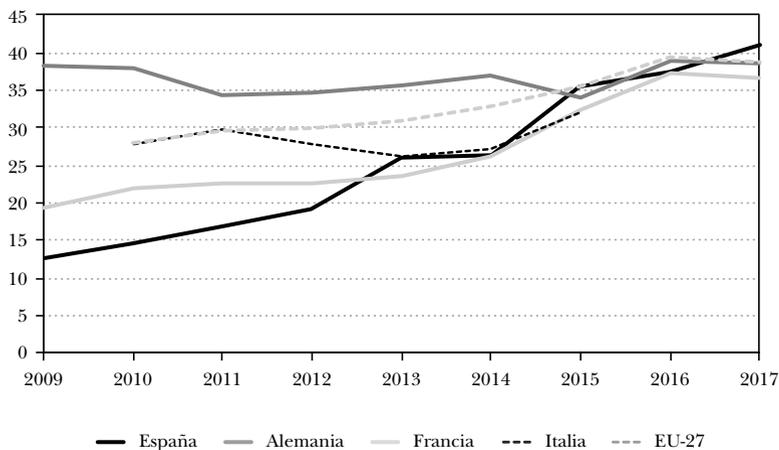


— España — Alemania — Francia --- Italia EU-14 --- EU-27

Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

madera, situándose en ambos casos por encima del promedio europeo. España destaca como el país en el que más han aumentado las tasas de reciclaje de estos tipos de envase desde 1997, primer año para el que está disponible la información. Nuestro país también sobresale si nos fijamos en la tasa de reciclaje de los denominados residuos electrónicos, que alcanzó el 41% en 2017, cifra ligeramente por encima de la del resto de países considerados y de la EU-27, a pesar de los menores niveles de partida (gráfico

GRÁFICO 5.7: Tasa de reciclaje de residuos electrónicos. Comparación internacional, 2009-2017
(porcentaje)



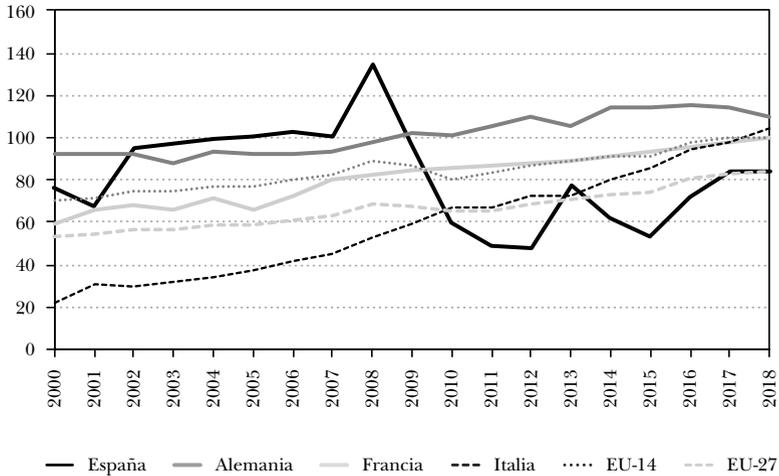
Fuente: Eurostat (2020a) y elaboración propia.

5.7). Queda patente, pues, el esfuerzo realizado para aumentar el grado de reciclaje de los distintos tipos de residuos que la economía española ha realizado en las últimas décadas.

La situación es algo distinta en el caso del reciclaje de residuos biológicos. En este caso, Eurostat mide su avance utilizando como indicador los kg de residuos urbanos compost/metanizados sobre la población total. El gráfico 5.8 muestra este indicador para los países considerados entre 2000 y 2018. Como se observa, España llegó a ser el país con mayor volumen de residuos reciclados de este tipo per cápita entre 2002 y 2008 (casi 140 kg por habitante), pero desde entonces no ha dejado de perder posiciones, reduciendo el volumen reciclado por habitante hasta los 85 kg, una cifra similar a la del agregado de la EU-27, pero por debajo del resto de países representados en el gráfico.

Tampoco es destacable la situación de España si se tiene en cuenta la tasa de recuperación de los residuos de construcción y demolición (cemento, ladrillos y desechos de yeso, materiales de aislamiento, etc.). El gráfico 5.9 muestra que, a pesar de la mejora experimentada desde 2010, primer año disponible para este

GRÁFICO 5.8: Reciclaje de residuos biológicos per cápita. Comparación internacional, 2000-2018
(kg per cápita)



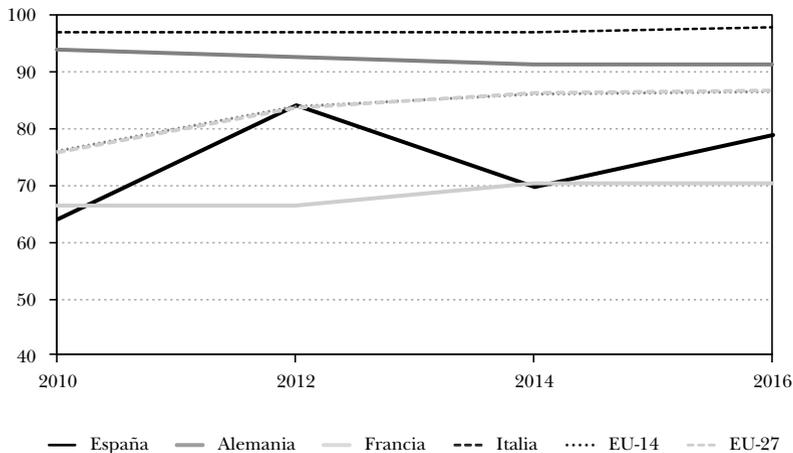
Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

indicador, la tasa de recuperación española de este tipo de residuos es de las más bajas (79%), solo por encima de la de Francia (70%). Este dato puede ser preocupante, teniendo en cuenta que la construcción y la demolición son una de las mayores fuentes de residuos en Europa, y también en nuestro país, que se ha caracterizado durante muchos años por el dinamismo del sector de la construcción. El diseño de nuevos materiales de construcción reciclables y reutilizables debería incentivarse en mayor medida desde las instituciones públicas.

5.2.2.3. *Uso circular de materiales*

La tasa de uso circular de materiales, también conocida como tasa de circularidad, mide la proporción de materiales recuperados y reciclados que vuelven al sistema económico como *inputs* (materias primas secundarias) sobre los materiales totales utilizados. Este indicador, que Eurostat calcula dentro del área dedicada al uso de materiales brutos secundarios, está representado en el gráfico 5.10. Como se observa, España presentaba en 2017 una tasa de uso circular de materiales del 7%, muy por debajo de la

GRÁFICO 5.9: Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición. Comparación internacional, 2010-2016
(porcentaje)

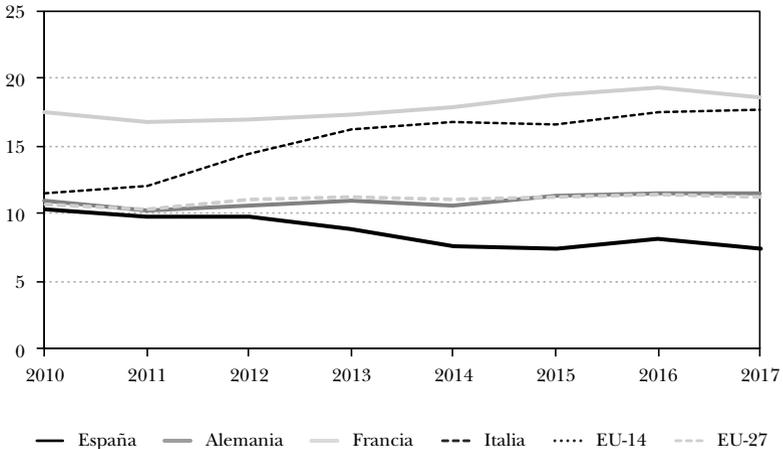


Fuente: Eurostat (2020b) y elaboración propia.

del resto de países que superaba los dos dígitos: Francia e Italia se situaban cerca del 20%, mientras que Alemania y la media de la EU-27 superaban ligeramente el 11%. Además, lo que resulta más preocupante es la evolución de este indicador en España, pues en lugar de aumentar con el paso del tiempo, como ha hecho en el resto de economías, se ha reducido, perdiendo tres puntos porcentuales entre 2010 y 2017.

Sin embargo, una imagen precisa del uso de materias primas secundarias debe incluir también sus movimientos transfronterizos, pues las importaciones de materias primas reciclables no se tienen en cuenta para el cálculo de la tasa de circularidad, mientras que sí se incluyen las exportaciones. Recuérdese que dicha tasa se calcula como la ratio entre el uso circular de materiales y el uso total de materiales. El uso circular de materiales se define como la cantidad de residuos reciclados en plantas de reciclaje nacionales menos las importaciones de residuos reciclables más las exportaciones de residuos reciclables en el extranjero. Por tanto, un aumento de las importaciones de materias primas reciclables conllevará una reducción de la tasa de circularidad (provoca un

GRÁFICO 5.10: Tasa de uso circular de materiales. Comparación internacional, 2010-2017
(porcentaje)

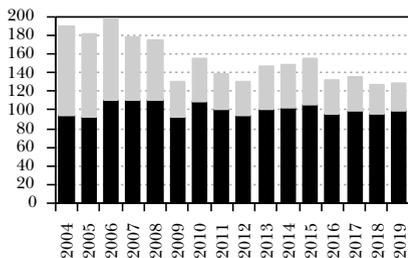


Fuente: Eurostat (2021a) y elaboración propia.

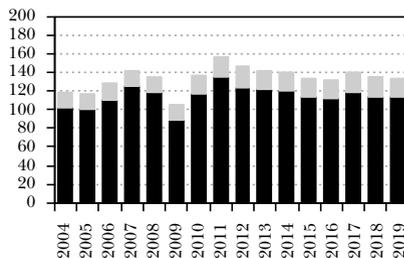
descenso del numerador en relación con el denominador), mientras que un aumento de las exportaciones tendrá el efecto contrario, al aumentar el numerador de dicha ratio. Los gráficos 5.11 y 5.12 muestran la evolución de las importaciones y las exportaciones de materias primas reciclables intra y extra-UE para los países considerados y los totales para la EU-27. Como se aprecia, España destaca sobre todo por sus importaciones per cápita (130 kg per cápita), similares a las de Alemania (133 kg) y muy superiores a las de Italia (111 kg) y, sobre todo, de Francia (44 kg). Por el contrario, sus exportaciones de materias primas reciclables son muy reducidas, cerca de los 40 kg por habitante en los últimos años, lo que representa alrededor de un tercio de las importaciones. Las exportaciones españolas son algo inferiores a las italianas (51 kg per cápita) y se encuentran muy lejos de las de Alemania (163 kg por habitante) o Francia (156 kg). Mientras España e Italia son importadores netos de materias primas reciclables, Alemania y Francia son exportadores netos, al igual que lo es la EU-27 en su conjunto, aunque en menor medida. Francia es el país que presenta el mayor volumen de exportaciones netas per cápita (112 kg

GRÁFICO 5.11: Importaciones de materias primas reciclables per cápita. Comparación internacional, 2004-2019
(kg per cápita)

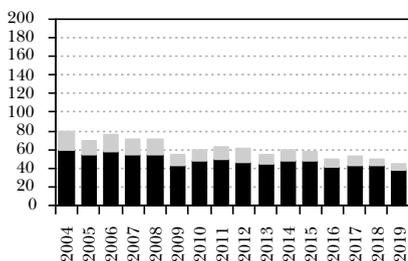
a) España



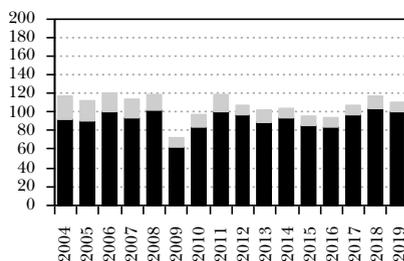
b) Alemania



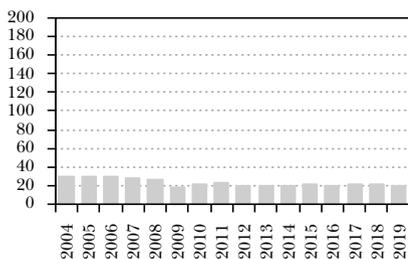
c) Francia



d) Italia



e) EU-27

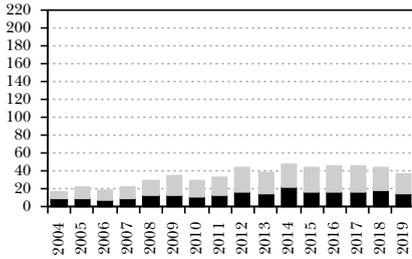


■ Intra-EU
■ Extra-EU

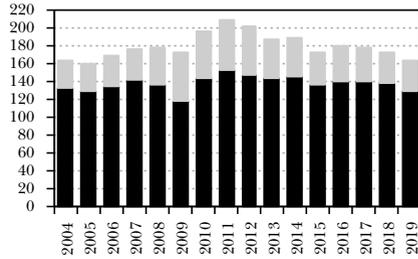
Fuente: Eurostat (2020e) y elaboración propia.

GRÁFICO 5.12: Exportaciones de materias primas reciclables per cápita. Comparación internacional, 2004-2019
(kg per cápita)

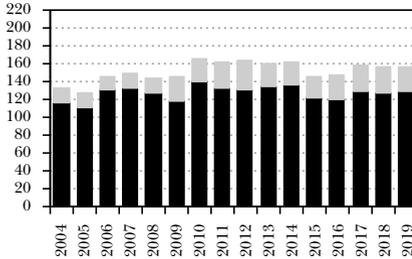
a) España



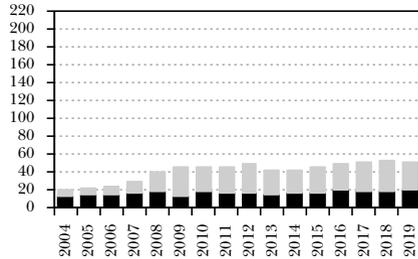
b) Alemania



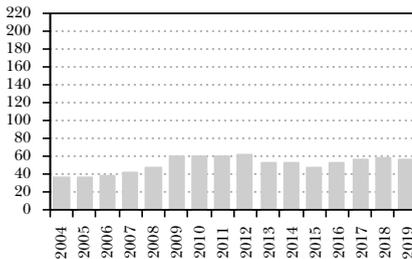
c) Francia



d) Italia



e) EU-27



■ Intra-EU
■ Extra-EU

Fuente: Eurostat (2020e) y elaboración propia.

por habitante en 2019). Estas diferencias en el comercio exterior contribuyen, también, a las discrepancias observadas entre países en la tasa de uso circular de materiales, pues unas mayores exportaciones netas suponen una mayor tasa. En el caso de España, el volumen de importaciones de materias primas reciclables, que supera ampliamente las exportaciones, presiona a la baja la tasa de uso circular de materiales. Lo contrario ocurre en otros países exportadores netos de materias primas reciclables, como es el caso, por ejemplo, de Francia.

Estas importaciones de materias primas para su reciclaje y tratamiento provienen, principalmente, de otros países de la UE en todos los países analizados. Sin embargo, en lo referente a las exportaciones, España e Italia exportan en mayor medida fuera de las fronteras de la Unión, un rasgo que no comparten con Alemania y Francia, que destinan sus exportaciones de materias primas reciclables a otros Estados miembros mayoritariamente.

En cuanto a la evolución a lo largo del tiempo, en España se observa cierta tendencia a la reducción de las importaciones y al aumento de las exportaciones de este tipo de materias primas. Este comportamiento también se observa en el resto de países considerados, excepto en el caso de Alemania, y en el agregado de la EU-27. El volumen de exportaciones e importaciones en estos países muestra la importancia que tiene, en estos momentos, del uso de materias primas secundarias en la UE, lo que supone un buen indicador del nivel de desarrollo y difusión de los modelos de producción basados en la economía circular. Mayores importaciones de residuos reciclables implicarán el desarrollo en el país importador de la industria que recupera y/o recicla estos materiales y los prepara para volver como *inputs* al sistema productivo y, por otro lado, las exportaciones suponen que los residuos se envían a otros países donde pueden ser reutilizados, generando ahorro de costes en los mismos en términos de nuevas extracciones de materiales. Sin embargo, esto último dependerá del uso que de esos materiales se haga en los países de destino.

5.2.2.4. Efectos de la implantación de la economía circular

Hasta ahora, los indicadores analizados se han centrado principalmente en la medición del avance de la economía circular desde

distintas perspectivas (generación de distintos tipos de residuos, reciclaje, circularidad del uso de materiales, etc.), pero igual de importante resulta el análisis de sus efectos sobre la economía en general. Los indicadores incluidos en este ámbito intentan medir los efectos que sobre el valor añadido, el empleo, etc. tiene el desarrollo de la economía circular, que requiere de la expansión de la industria del reciclaje, las reparaciones y la reutilización. El gráfico 5.13 muestra el peso que estos sectores tienen en el VAB (panel *a*), la inversión tangible (panel *b*) y el empleo total (panel *c*) de cada uno de los países analizados a lo largo de este capítulo. Como es posible apreciar, el peso que estas actividades tienen en el VAB y el empleo es aún limitado en la UE, situándose en el entorno del 1% del VAB y entre el 1,5 y el 2% del empleo. España destaca en el caso de ambos indicadores, junto con Italia, en la mayor parte de los años representados. Este resultado puede sorprender teniendo en cuenta nuestras menores tasas de reciclaje. Sin embargo, esta mayor participación, especialmente en el caso del empleo, puede ser debida a que estos sectores son tecnológicamente menos avanzados en España. La menor eficiencia y productividad explicaría el mayor peso en términos de empleo. De hecho, si se compara la productividad del trabajo de la industria del reciclaje y las reparaciones entre los países analizados, España es el país con los menores niveles (casi un 15% por debajo de la media de la EU-27 en 2017).

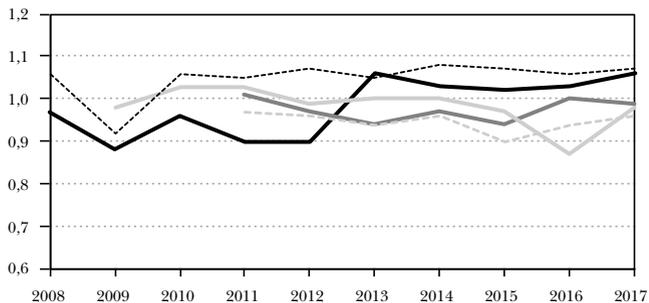
En el lado positivo conviene tener en cuenta, en el caso de España, que el valor añadido y el empleo generado en los sectores mencionados ha crecido a un ritmo superior al del resto de actividades de la economía. La evolución al alza de las tasas de reciclaje, analizadas en las páginas precedentes, ha jugado probablemente un papel importante en el crecimiento de estos sectores de actividad.

Sin embargo, la situación no es tan buena si se analiza el peso que estos sectores tienen en la inversión privada (tangible) total, ya que es muy reducido en todos los países seleccionados, situándose alrededor del 0,10%, y, además, no se observa una tendencia clara a su aumento en la última década. De hecho, el promedio de la EU-27 se ha reducido y lo mismo ha pasado en España. La falta de inversiones en estos sectores puede suponer un problema

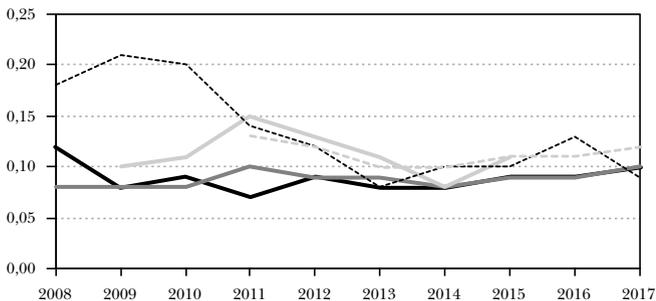
GRÁFICO 5.13: Evolución de la importancia de los sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización. Comparación internacional, 2008-2017

(porcentaje)

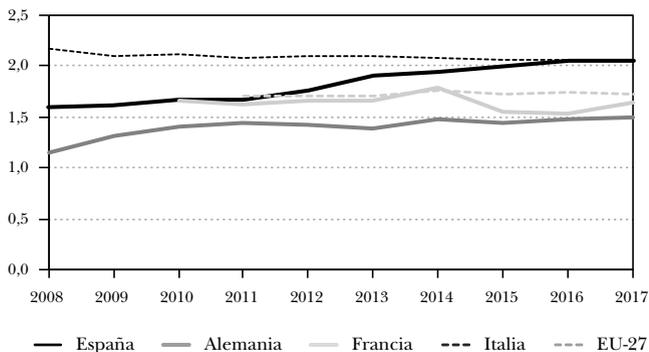
a) Peso sobre el VAB total



b) Peso sobre la inversión tangible privada



c) Peso sobre el empleo total

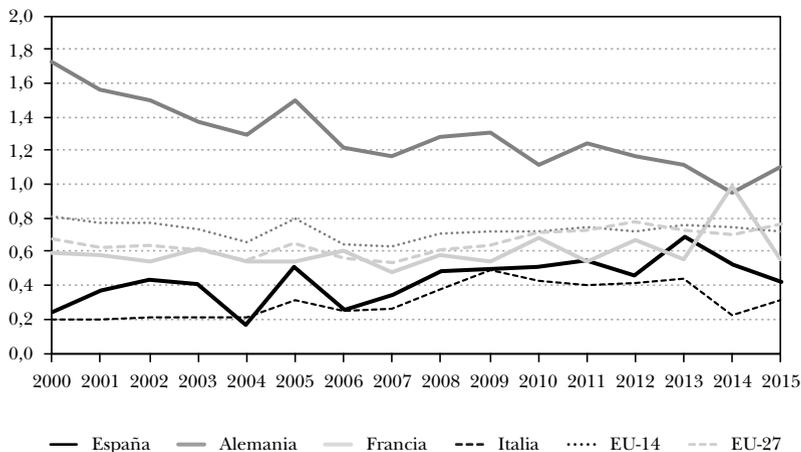


Fuente: Eurostat (2020a) y elaboración propia.

de cara al desarrollo futuro de estas actividades. La investigación, la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito también serán determinantes del avance de la economía circular en el futuro, y los resultados conseguidos por los países europeos en este área todavía son muy limitados. Así, si se tienen en cuenta las patentes registradas relacionadas con estos sectores asociados al reciclaje y la reutilización de materias primas secundarias, la EU-14 ni siquiera registra una patente por cada mil habitantes (gráfico 5.14). Tan solo Alemania supera esa cifra, aunque las patentes por habitantes en ese país eran mayores a principios de siglo que en la actualidad. Italia y España se sitúan en los últimos puestos, moviéndose en el intervalo de 0,2-0,6 patentes por cada mil habitantes durante todo el período. Por tanto, al igual que ocurre en otros ámbitos, la UE debería generar un mayor volumen de patentes y nuevas tecnologías que permitan y faciliten el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en el reciclaje de los residuos y la reutilización de materiales. Solo así será posible acelerar la transición a una economía circular, más respetuosa con el medio ambiente y más sostenible a largo plazo.

Además de los indicadores analizados, para ser capaces de monitorizar el avance de la economía circular en la Unión Europea, sería necesario disponer de indicadores relacionados no solo con el uso de materiales y su destino final, sino con la eficiencia con la que estos se utilizan, las innovaciones que se producen en el diseño de los productos para ampliar su durabilidad o mejorar su reciclabilidad, los nuevos modelos de negocio que surgen para cerrar el ciclo de vida de los productos haciéndolo circular, la denominada economía colaborativa, etc. Asimismo, también desde la perspectiva de los consumidores, sería conveniente incorporar nuevos indicadores relacionados con las percepciones y la sensibilización de los ciudadanos ante la necesidad de transitar a esta nueva forma de organización basada en la circularidad de los materiales. Esta información permitiría mejorar el diseño de incentivos para los consumidores o población en general, así como evaluar los resultados de los mismos en la promoción del tránsito a una economía circular.

GRÁFICO 5.14: Patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias. Comparación internacional, 2000-2015
(patentes por millón de habitantes)



Fuente: Eurostat (2020a) y elaboración propia.

5.2.3. Diagrama de Sankey

La Oficina Estadística Europea (Eurostat) también elabora, además del sistema de indicadores para el monitoreo de la evolución de la economía circular, los denominados *diagramas de Sankey* de flujos materiales, que integran la información que se deriva del AFM con las estadísticas de residuos y su tratamiento para proporcionar una imagen gráfica del nivel de circularidad en el uso de los materiales.

Un diagrama de Sankey representa básicamente tres tipos. Por un lado, los materiales extraídos con el objetivo de ser usados como materias primas o fuentes de energía en los procesos de producción y que conforman el *input* directo de materiales junto con las importaciones. Por otro, los materiales ya procesados que entran y salen de la sociedad, así como los usos que se les da y, por último, los materiales y productos desechados al medio ambiente como residuos (por ejemplo, residuos depositados en vertederos o emisiones atmosféricas) o recuperados y devueltos a la economía. Estos últimos son los que completan el ciclo de la economía circular, al regresar al sistema productivo como

nuevos *inputs* que evitan la extracción de nuevos materiales. No obstante, hay que tener presente que, a la hora de medir la economía circular, el diagrama de Sankey no incluye información sobre otras estrategias nacionales y de la Comisión Europea encaminadas a reducir el uso de materiales, como el alargamiento de las vidas útiles de los productos, o el apoyo a la reutilización de los mismos o al desarrollo de la economía colaborativa (*sharing economy*). En general, no hay información estadística sobre estos aspectos, pero, en el marco del diagrama de Sankey, estas estrategias resultarían en un aumento de la vida útil de los *stocks* disponibles, así como en una tendencia a su estabilización. Por tanto, aunque no estén medidas directamente en el diagrama, sus efectos en el tamaño de los flujos de materiales y los *stocks* sí están reflejados (Mayer *et al.* 2019).

Los diagramas de Sankey elaborados por Eurostat muestran las cantidades de materiales extraídas, importadas (incluyendo los residuos enviados para su tratamiento en el país receptor), recicladas o eliminadas, así como las emisiones relacionadas con los mismos. La figura 5.4 muestra la forma y la estructura de este tipo de diagramas, utilizando los datos correspondientes a la EU-27 en 2010 (panel *a*) y en 2019 (panel *b*), último año disponible. Para poder interpretar este diagrama, es necesario tener en cuenta que los flujos se mueven de izquierda a derecha, es decir, en la parte izquierda se sitúa la extracción e importación de materiales (materias primas extraídas o residuos reciclados), posteriormente, los usos que se les da a los mismos, y, en la parte derecha, se muestra su destino, como residuos al medio ambiente o como materiales recuperados que vuelven a entrar al sistema productivo, a través del reciclaje y las operaciones de relleno, en las que se utilizan los desechos con fines de recuperación en áreas excavadas o con fines de ingeniería en paisajismo y donde los desechos son un sustituto de materiales no desechables que habrían tenido que utilizarse para ese mismo fin. El ancho de las líneas o bandas del diagrama es proporcional a la cantidad de cada flujo, medido

en este caso en toneladas per cápita, y en el caso de la EU-27¹¹ es incluso posible distinguir los distintos tipos de materiales que componen cada uno de los flujos: biomasa, minerales metálicos, minerales no metálicos y combustibles fósiles y otros productos. No se incluye el agua, ni las fuentes de energía renovables que no impliquen flujos de materiales, como la electricidad de paneles fotovoltaicos o la energía eólica.

El diagrama se estructura en una serie de nodos, representados por las flechas en color oscuro, cuyas conexiones representan los flujos de materiales entre ellos. Los primeros nodos del sistema, más a la izquierda, son las importaciones y la extracción de recursos naturales, o extracción doméstica (EN), en la terminología del AFM.¹² La suma de ambos da lugar al siguiente nodo, el *input* directo de materiales (IDM), que recoge todos los materiales que son usados por la economía, bien en la producción o bien para ser destinados a consumo final. La parte central del diagrama de Sankey muestra los materiales procesados, que se definen como la suma del IDM y las denominadas materias primas secundarias, es decir, materiales procedentes de las actividades de reciclaje y relleno. El peso de estos materiales de reciclaje y relleno sobre los materiales procesados totales puede servir como indicador de la circularidad de la economía (si bien no tendríamos en cuenta las importaciones/exportaciones de materias primas secundarias). Los materiales procesados pueden exportarse o utilizarse a nivel nacional. La parte no exportada se denomina consumo nacional de materiales (CNM) en la terminología del AFM.

Los nodos más a la derecha del diagrama de Sankey muestran los distintos tipos de *outputs* que genera el sistema económico nacional: exportaciones, emisiones a la atmósfera, vertidos a las aguas, flujos de *productos disipados*, acumulación de materiales (acumulación de *stocks* según AFM) y residuos para su tratamiento en el territorio nacional. Este último nodo se divide, a su vez, en tres tipos de flujos: tratamiento de los residuos por incineración,

¹¹ Para la mayoría de los países individuales, entre los que se encuentra España, el diagrama de Sankey no ofrece esta desagregación por tipo de material.

¹² Véase el capítulo 2 de esta monografía para un mayor detalle de la estructura y las principales magnitudes del AFM.

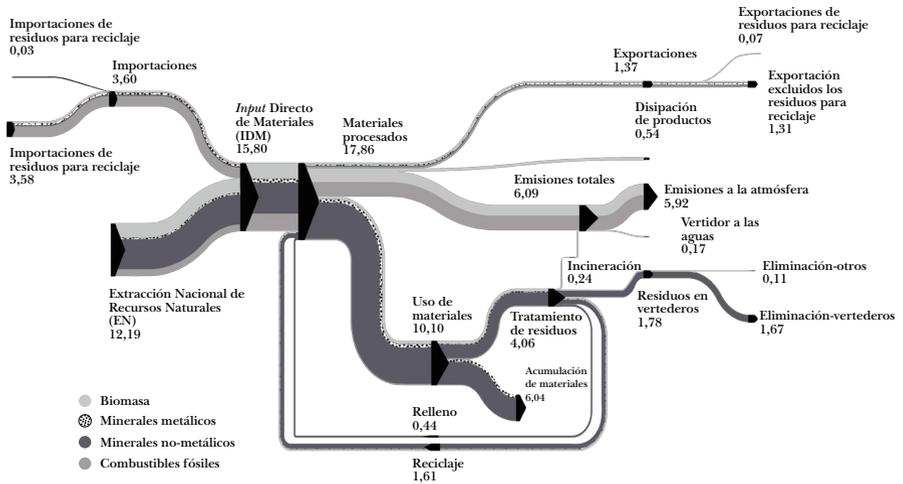
lo que produce emisiones atmosféricas; residuos que van a parar a vertederos; y procesos de recuperación de los residuos con el objetivo de que vuelvan a ser reutilizados como materiales secundarios por la economía. Esta última alternativa incluye tanto las operaciones de reciclaje como de relleno. Ambas cierran el ciclo de la economía circular. Esta última parte del diagrama de Sankey está estrechamente relacionada con la tasa de circularidad, ya definida en el epígrafe 5.1, pues permite analizar el tamaño del flujo circular de materiales en relación con la cantidad total de materiales utilizados en la economía. La tasa de circularidad es una versión más sofisticada y con mayor exactitud de esta idea. Sin embargo, existe coherencia entre la información gráfica que proporciona el diagrama de Sankey y la tasa de circularidad, pues ambos indicadores utilizan las mismas definiciones, clasificaciones, etc. Las únicas diferencias entre ambos es que la tasa de circularidad únicamente incluye el reciclaje y no el relleno y el hecho de que el diagrama de Sankey no tiene en cuenta las importaciones/exportaciones de materiales para su reciclaje, por lo que, en este sentido, la tasa de uso circular de materiales representa mejor el esfuerzo de un país por recolectar residuos para su recuperación, lo que indirectamente contribuye al suministro mundial de materiales secundarios y evita la extracción de nuevas materias primas. Aun así, el diagrama de Sankey permite aproximar la tasa de circularidad, además de ofrecer información sobre el tamaño agregado del metabolismo socioeconómico de un país o región (Mayer *et al.* 2019).¹³

Si nos fijamos en el panel *b* de la figura 5.4, correspondiente a 2019, la mayor parte de la extracción nacional se compone de minerales no metálicos y biomasa, mientras que el principal

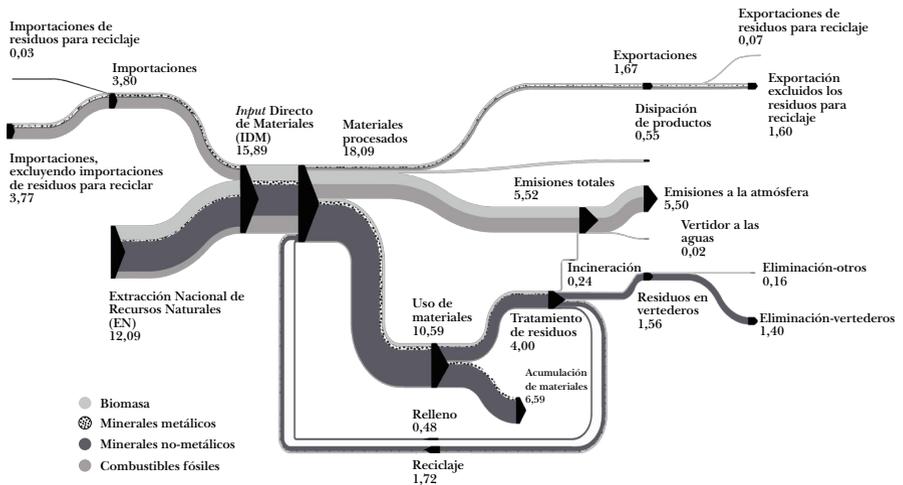
¹³ Los diagramas de Sankey son una herramienta útil a la hora de analizar el grado de circularidad de los materiales en la realidad socioeconómica, pues reflejan de forma clara y estructurada las relaciones entre el uso de materiales, su acumulación, las emisiones al medio ambiente y la generación de residuos y su recuperación. Sería, sin embargo, conveniente aumentar su detalle por tipo de materiales, pues el comportamiento, características e impactos medioambientales de cada uno puede ser muy distinto y no solo es importante hacer un seguimiento de los cambios en los niveles de circularidad, sino también de la calidad de la misma (Mayer *et al.* 2019; Nuss y Blengini 2018).

FIGURA 5.4: Diagrama de Sankey de flujos materiales de la EU-27, 2010 y 2019
(toneladas per cápita)

a) 2010



b) 2019



Fuente: Eurostat (2020a)

componente de las importaciones son los combustibles fósiles. La suma de ambos conceptos da como resultado un IDM de 15,9 toneladas per cápita. Si esta cifra se compara con los materiales procesados totales (18,1 toneladas por habitante), la diferencia corresponde a los procesos de recuperación de materiales, es decir, a la suma de reciclaje y relleno, por lo que da una idea de la importancia de la economía circular en la EU-27, que aún es reducida. La parte de los materiales procesados que no se exporta, se destina en su mayor parte a la acumulación de *stocks* (6,6 toneladas por habitante), que van a estar disponibles durante años en la economía, afectando a los flujos futuros de residuos y al ciclo de los materiales, así como a las necesidades de energía, en caso de que esta se requiera para su uso. El resto de materiales procesados vuelve al medio ambiente en forma de residuos o se somete a un proceso de recuperación que permita su reutilización en la economía, aunque esta parte, como ya se ha comentado, es aun relativamente pequeña. La categoría de residuos más importante es la de emisiones atmosféricas (5,5 toneladas/habitante), producidas por los combustibles fósiles y la biomasa (madera), como resultado de su quema para liberar energía. Los residuos depositados en vertederos le siguen en importancia, aunque a mucha distancia (1,6 toneladas per cápita) y son los minerales no metálicos los principales responsables de los mismos. La disposición de productos y los vertidos a las aguas tienen poca importancia en el caso de la EU-27 (0,6 y 0,02 toneladas por habitante, respectivamente). Mientras tanto, la recuperación de materiales, vía reciclaje y relleno, asciende a 2,2 toneladas por habitante. Esta cuantía dista bastante de las necesidades de *inputs* materiales de la EU-27, por lo que la economía europea está todavía lejos de poder ser calificada como *circular*.

A pesar de que la economía europea sigue estando basada en procesos de producción lineales, si comparamos el diagrama de 2019 con el de 2010, se observa una ligera mejora de la situación de la EU-27 en cuanto a las cifras absolutas, pues se ha producido una reducción de la extracción de recursos naturales que ha ido acompañada de una mayor utilización de materias primas secundarias. Asimismo, también se ha reducido la mayor parte de los deshechos generados: emisiones a la atmósfera, vertidos a las

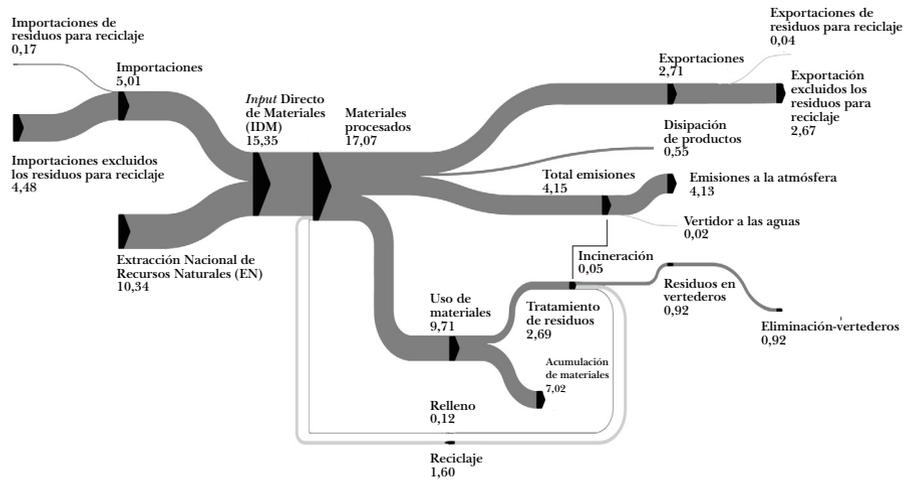
aguas y residuos generados que van a parar a vertederos. Tan solo la disipación de productos se ha mantenido entre 2010 y 2019. Si nos fijamos en la proporción que los materiales secundarios representan sobre los materiales procesados totales o sobre el *output* de materiales (descontando la acumulación de capital de los materiales procesados), la variación entre 2010 y 2019 es mínima. La primera ratio pasa de 11,5 a 12,2%, mientras que la segunda cambia de 17,3 a 19,1%. Por tanto, parece que los avances hacia la economía circular se producen en mayor medida por la reducción de los materiales empleados que por la mejora de las ratios relacionadas con el uso circular de los mismos.

La figura 5.5 muestra el diagrama de Sankey para España para dos años, 2010 (panel *a*) y 2019 (panel *b*). En este caso, no es posible desagregar los flujos del diagrama por tipo de material. Como se observa, el *input* directo de materiales per cápita español es inferior al de la EU-27 (13,03 toneladas frente a 15,9) y su composición también es distinta, pues en el mismo tienen un mayor peso las importaciones, como queda reflejado por la mayor anchura de este flujo en el diagrama. España destaca por lo elevado de sus exportaciones, si bien debe tenerse en cuenta que se trata de una economía mucho más pequeña y más abierta al exterior que la conformada por el conjunto de la UE, y que, en esta última, los intercambios entre países miembros dejan de ser clasificados como comercio exterior (en el apéndice A.3 pueden consultarse los diagramas de Sankey de Alemania, Francia e Italia).

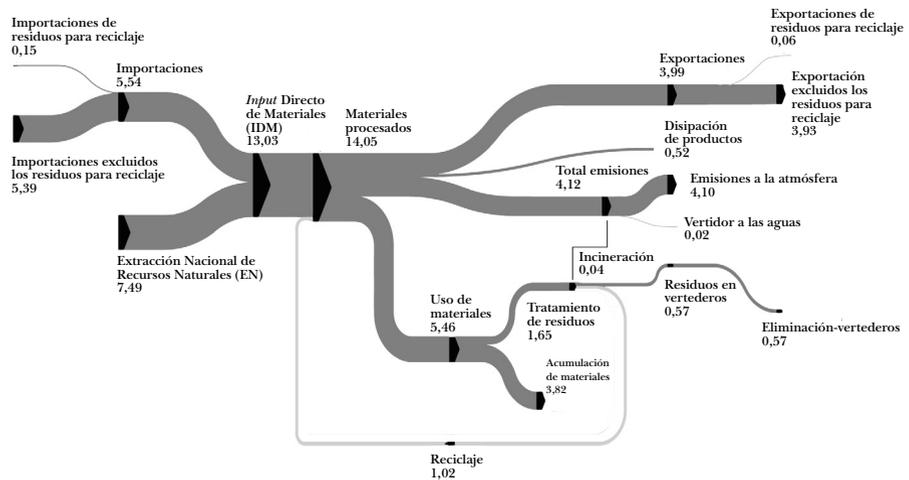
En cuanto a los *outputs* al medio ambiente, las emisiones a la atmosfera son también menores que las de la EU-27 en términos per cápita (4,1 toneladas frente a 5,5), siendo los vertidos a las aguas y la disipación de productos similares. Respecto al uso o destino de los materiales utilizados, la acumulación de los mismos en la economía y la sociedad es inferior en términos per cápita a la de la EU-27 (3,8 toneladas por habitante frente a 6,6) como también lo son los residuos generados por habitante (1,7 frente a 4 toneladas) y, como consecuencia, los recuperados, así como los destinados a vertederos. Sin embargo, la composición de dichos residuos según su destino es similar en España y en la EU-27. Entre un 55 y un 60% de ellos se destina al reciclaje o relleno, de forma que vuelven a ser utilizados por el sistema económico,

FIGURA 5.5: Diagrama de Sankey de flujos materiales de España, 2010 y 2019
(toneladas per cápita)

a) 2010



b) 2019



Fuente: Eurostat (2020a).

mientras que el resto van a parar, en su mayor parte, a vertederos, pues la cuantía de los mismos que se incinera es aún reducida, sobre todo en el caso de España. Por tanto, según el diagrama de Sankey, la situación de España es algo mejor que la de la EU-27 en términos de uso de recursos y generación de residuos y desechos al medio ambiente, pues estos son menores. En lo referente a la información más relacionada con el desarrollo de la economía circular, la proporción de los residuos que se recuperan para ser reutilizados es algo superior a la del conjunto de la UE, aunque el resultado es el contrario si se comparan los residuos recuperados con los materiales procesados o con el uso total de materiales. Estas ratios son mayores en el caso de la EU-27, indicando que España está más retrasada en el uso de materias primas secundarias, procedentes de las operaciones de reciclaje y relleno. Este era un resultado que ya se obtenía al analizar la tasa de uso circular de materiales (gráfico 5.10), si bien esta tasa incluye en su cálculo las importaciones de materiales secundarios. Sin embargo, hay que tener también en cuenta que el aumento de las actividades de reciclaje no siempre tiene que ir acompañado de una reducción de la demanda de recursos, ya que, en algunos casos, el reciclaje puede aumentar indirectamente la demanda de otros materiales o de energía (Geyer *et al.* 2016).

Si comparamos la evolución del diagrama de Sankey en el tiempo, se observa que España ha reducido sus *inputs* directos de materiales en estos años, de 15,4 toneladas per cápita en 2010 a 13,03 en 2019. Esa reducción ha hecho que tanto la acumulación de materiales como el *output* generado en forma de residuos o de emisiones al medio ambiente en 2019 sea inferior al de 2010, como se comprueba al comparar el grosor de los flujos de los dos diagramas. Sin embargo, si la cuantía de residuos que se destinan al reciclaje o relleno se compara con los residuos totales o con los materiales procesados, la situación era mejor en 2010 que en la actualidad, pues los materiales reciclados (materias primas secundarias) suponían un porcentaje algo superior. En cambio, en la EU-27 ambas ratios han mejorado ligeramente entre 2010 y 2019. Este resultado muestra la necesidad de que España lleve a cabo esfuerzos adicionales encaminados al desarrollo de la economía circular, de forma que, además de reducir la cuantía de materiales utilizados, se recurra

en mayor medida a su reciclaje cuando estos se conviertan en desechos o residuos del proceso de producción. Sin embargo, esta estrategia no es suficiente y también deberían apoyarse otras medidas, como el alargamiento de la vida útil de los productos, una mayor intensidad en el uso de los *stocks* disponibles y de sus capacidades que reduzca las tasas de acumulación necesarias, la reducción del uso de los combustibles fósiles, las mejoras tecnológicas en el área de la biomasa, etc. Estas medidas ayudarían tanto a disminuir las emisiones y residuos como a incrementar la circularidad socioeconómica (Ghisellini, Cialani y Ulgiati 2016) en España.

El próximo epígrafe de este capítulo se dedica, precisamente, a analizar con mayor detalle el estado de implantación y desarrollo de la economía circular en España, así como las distintas iniciativas nacionales que han surgido para potenciarla.

5.3. La economía circular en España

En España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha sido el encargado de elaborar la denominada Estrategia Española de Economía Circular (Gobierno de España 2020) con el objetivo de impulsar un nuevo modelo de producción y consumo basado en el mantenimiento en la economía de los productos, materiales y recursos el mayor tiempo posible y la reducción al mínimo de los residuos. Esta estrategia establece unas orientaciones estratégicas de carácter transversal y multidisciplinar y marca una serie de objetivos para el año 2030 (figura 5.6), cuyo seguimiento y evaluación se realizará a través de algunos de los indicadores propuestos a nivel europeo ya expuestos a lo largo del epígrafe anterior, a los que se añaden las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas al ámbito de los residuos y la eficiencia en el uso del agua.¹⁴ Estos objetivos son coherentes

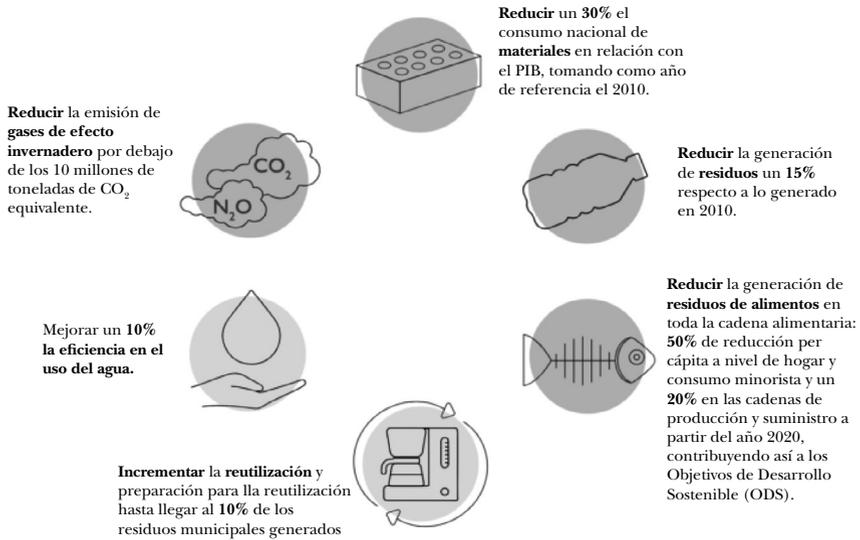
¹⁴ La eficiencia en el uso del agua se ha incorporado a la Estrategia Española de Economía Circular como un objetivo singularizado debido a la importancia que tiene el agua en la península ibérica. Por su especial incidencia en la economía española y la posición de liderazgo de nuestro país en la reutilización del agua se le ha dado un tratamiento específico.

con las principales iniciativas internacionales en el ámbito de la protección del medio ambiente, como el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, así como con las líneas de acción impulsadas en el marco de la Unión Europea. En concreto, los objetivos definidos en la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) pueden enmarcarse dentro de los pilares básicos del Pacto Verde Europeo, que pueden resumirse en: (i) alcanzar la neutralidad climática en 2050; (ii) proteger los ecosistemas y la biodiversidad, reduciendo la contaminación y creando un entorno sin sustancias tóxicas; (iii) garantizar una transición justa e integradora; (iv) promover las inversiones públicas y privadas sostenibles, así como las innovaciones en este ámbito; y (v) reforzar el papel de la UE como líder mundial en materia de cambio climático y transición ecológica. En todas estas áreas, el desarrollo de la economía circular es un aspecto transversal que juega un papel importante en la consecución de los planes y estrategias que están siendo definidos y acordados en la actualidad. En este sentido, es posible que nuevos planes derivados del desarrollo y puesta en práctica del Pacto Verde Europeo conlleven modificaciones de los objetivos actuales de la EEEC, para hacerlos más ambiciosos de acuerdo con las directrices europeas.

El cuadro 5.2 muestra un resumen del valor que en la actualidad toman estos indicadores relacionados con la economía circular definidos a nivel europeo en España, su comparación con el promedio de la EU-14 y EU-27, así como su evolución desde el primer año para el que cada indicador está disponible, indicando con una flecha ascendente o descendente, si esa evolución ha sido positiva o negativa. Asimismo, se han señalado con un fondo gris aquellos valores de los indicadores en los que la situación española es peor que la de la EU-27 y que, por tanto, deberían mejorar. De esta forma, este cuadro supone una especie de cuadro de mando de la situación de la economía circular en nuestro país en la actualidad y de su tendencia en los últimos años. Supone, pues, el punto de partida sobre el que implementar los planes de actuación definidos en la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) y posteriormente medir los avances conseguidos.

A modo de resumen, pues dichos indicadores ya han sido comentados con mayor detalle en el epígrafe 5.2.2, en relación con

FIGURA 5.6: Objetivos de la Estrategia Española de Economía Circular para el año 2030



Fuente: Gobierno de España (2020).

el área de producción y consumo, España ha hecho un esfuerzo importante para reducir los residuos generados, consiguiendo situar la generación de residuos urbanos per cápita y de residuos totales (no minerales) sobre el PIB por debajo de los niveles del resto de países considerados en 2018. Sin embargo, la ratio de estos residuos sobre el consumo total de materiales ha aumentado. Este resultado se explica por las distintas evoluciones del PIB y el CNM, pues mientras el primero ha crecido casi un 20% entre 2004 y 2018, el segundo se ha reducido a la mitad en esos años. La crisis económica iniciada en 2008, que afectó, sobre todo, al sector de la construcción, tuvo un mayor impacto sobre el CNM (a través de la reducción del consumo de minerales no metálicos) que sobre el PIB, y, además, ese impacto fue más duradero en el tiempo. Esto explica la peor situación de la economía española cuando se utiliza este indicador.

Si nos centramos en los indicadores relacionados con el tratamiento de los residuos, la evolución de España en los últimos

años mejora, pues las tasas de reciclaje de todos los tipos de residuos aumentan. Sin embargo, excepto en el caso de algún tipo de residuo concreto, como los residuos electrónicos, todavía estamos por debajo de nuestros socios europeos más desarrollados en cuanto a tasas de reciclaje. La peor posición española la encontramos en la tasa de reciclaje de los residuos urbanos (18,3% frente al 32,3% de la EU-14 o el 30,5% de la EU-27). Además, a pesar del aumento del reciclaje, la tasa de uso circular de materiales española se encuentra por debajo de la media de la Unión Europea y ha disminuido entre 2010 y 2017, al contrario de lo que ha pasado en la EU-27. Recordemos que este indicador muestra la proporción que los materiales recuperados y reutilizados representa en relación con el flujo global de materiales usados en una economía. Por tanto, será necesario hacer esfuerzos en este ámbito si se persigue el desarrollo de la economía circular en nuestro país y que este no se quede descolgado del resto de países europeos, que parece que han apostado más claramente por esta estrategia.

En cuanto al comercio exterior de materias primas reciclables per cápita, España destaca por sus importaciones, mientras que las exportaciones de este tipo de materiales, aunque han aumentado en las últimas décadas, son muy poco importantes si se comparan con las de otros países de la EU-27 como Alemania o Francia.

El penúltimo bloque de indicadores del cuadro 5.2 se centra en los efectos que el desarrollo de la economía circular tiene sobre la economía en general. España se sitúa alrededor de la media europea en lo que respecta al peso que las actividades relacionadas con la economía circular (actividades de reciclaje, reparaciones y reutilización) tienen en el VAB (1%), la inversión privada (0,1%) y el empleo total (2%), si bien es necesario tener presente que su importancia sigue siendo limitada en los países de la UE. Por el contrario, el número de patentes españolas relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias se sitúa, en términos relativos, por debajo de la media de la EU-27 y bastante alejado del de países más avanzados como Alemania, que presenta un número de patentes en este campo por millón de habitantes que más que duplica la cifra española (1,11 frente a 0,43). Como dato positivo, este indicador casi se ha duplicado entre 2000 y 2015, último año con información disponible.

CUADRO 5.2: Cuadro de mando de la economía circular en España

	EU-14	EU-27	España	Tasa de variación anual media acumulativa (porcentaje)	
Indicadores del área de producción y consumo					
b) Generación de residuos urbanos per cápita (kg)	511,67	493,09	476,27	↓ -0,27	(1995-2018)
c) Generación de residuos, excluyendo los principales residuos minerales por unidad de PIB (kg por miles de euros de PIB)	57,64	66,77	62,33	↓ -2,35	(2004-2016)
d) Generación de residuos, excluyendo los principales residuos minerales, sobre el consumo nacional de materiales (porcentaje)	14,10	12,86	17,20	↑ 4,87	(2004-2016)
Indicadores del área de tratamiento de residuos					
a) Tasa de reciclaje de los residuos urbanos (porcentaje)	32,35	30,47	18,26	↑ 4,22	(1995-2018)
b) Tasa de reciclaje de residuos, excluyendo los principales residuos minerales (porcentaje)	58,23	55,84	46,28	↑ 1,11	(2010-2014)
c) Tasa de reciclaje de residuos de envases y embalajes	69,04	67,48	68,52	↑ 3,64	(1997-2017)
d) Tasa de reciclaje de residuos electrónicos	-	38,80	41,00	↑ 15,89	(2009-2018)
e) Reciclaje de residuos biológicos per cápita	99,50	83,84	84,49	↑ 4,21	(1999-2018)
f) Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición	86,20	86,56	78,78	↑ 3,48	(2010-2016)
Indicadores del área de materiales brutos secundarios					
a) Tasa de uso circular de materiales	-	11,2	7,4	↓ -4,75	(2010-2017)
b) Comercio de materias primas reciclables.					
b1) Exportaciones per cápita (kg per cápita)	-	57,00	36,47	↑ 5,58	(2004-2019)
b2) Importaciones per cápita (kg per cápita)	-	19,87	129,61	↓ -2,51	(2004-2019)
Indicadores del área de competitividad e innovación					
a1) VAB generado por los sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización (porcentaje del VAB total)	-	0,96	1,06	↑ 0,99	(2008-2017)
a2) Inversión privada tangible en los sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización (porcentaje de la inversión total)	-	0,12	0,10	↓ -2,01	(2008-2017)
a3) Empleo generado por los sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización (porcentaje del empleo total)	-	1,72	2,04	↑ 2,74	(2008-2017)
b) Patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias por millón de habitantes	0,72	0,76	0,43	↑ 3,71	(2000-2015)
Indicadores relacionados con los gases de efecto invernadero					
a) Generación de gases de efecto invernadero sobre el VAB (gramos por euro de PIB real)	-	289,29	258,62	↓ -2,76	(2008-2018)
b) Emisiones de gases de efecto invernadero per cápita (unidades de CO ₂ equivalente por habitante)	-	8,70	7,50	↓ -1,48	(2000-2018)

Nota: En el cuadro se muestra el valor que cada indicador toma en el último año para el que está disponible. En la columna correspondiente a la tasa de variación se indica el período para el que cada indicador está disponible y al que la tasa de variación hace referencia. Adicionalmente, se ha añadido una flecha ascendente o descendente que indica el sentido positivo o negativo de la variación. Los valores de los indicadores en los que la situación de España es peor que la de la EU-27 se han sombreado en gris. En la tasa de reciclaje de residuos, excluyendo los principales residuos minerales, la EU-14 no incluye a Grecia.

Fuente: Eurostat (2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2021a) y elaboración propia.

El cuadro 5.2 añade a los indicadores de seguimiento definidos por la Comisión Europea, un bloque final de información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, pues su reducción también es uno de los objetivos de la EEEC (véase figura 5.6) y, aunque no es un indicador directamente relacionado con la economía circular, la progresiva implantación de la misma reduciría el nivel de emisiones de este tipo de gases. Como se observa, las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita y también sobre el VAB son menores en España que en el conjunto de la EU-27 y se han reducido a una tasa media anual del 1,5% y del 2,8% respectivamente desde principios de siglo, en ambos casos por encima de la reducción experimentada en el conjunto de la UE. Sin embargo, estas reducciones aún resultan insuficientes, dados los compromisos establecidos en el Acuerdo de París, por el que cada país de la UE debería reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 40% hasta 2030, con respecto a las de 1990. En 2018, estas emisiones en España estaban todavía más de un 15% por encima de las de 1990, por lo que es necesario tomar medidas urgentes si se quiere cumplir el objetivo marcado (Comisión de Expertos sobre Transición Energética 2018).

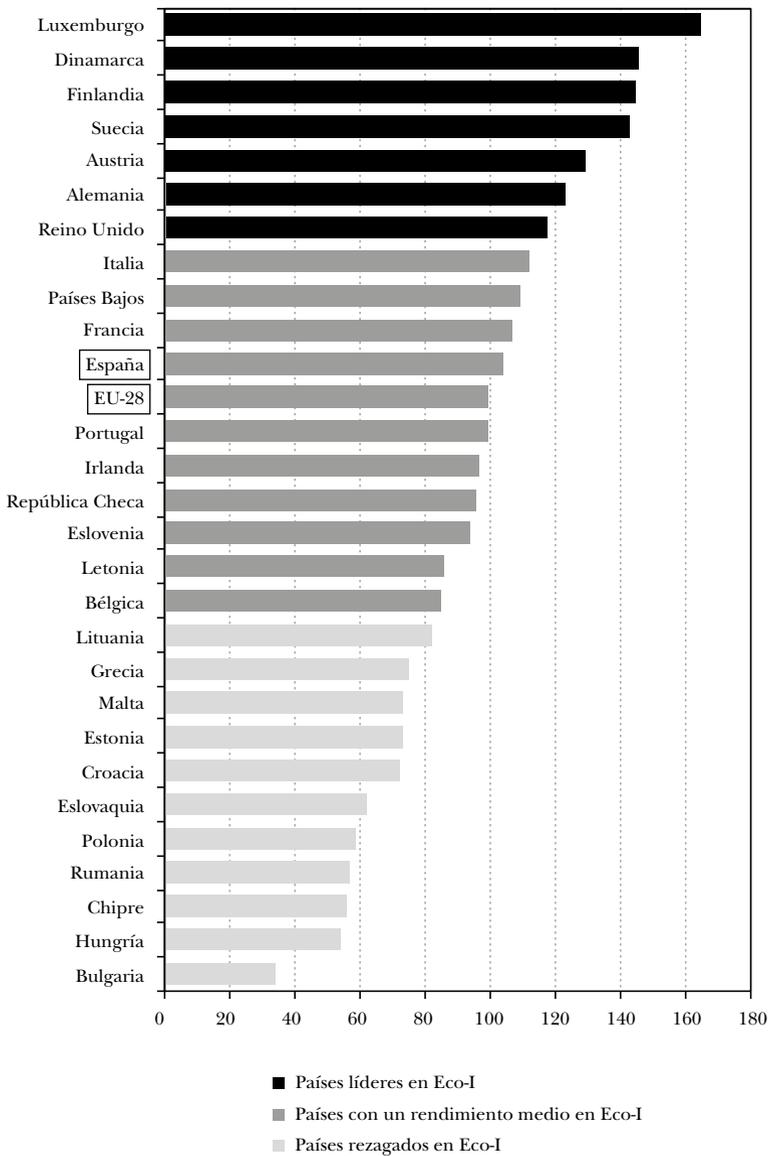
Así pues, como conclusión, podría decirse que, a pesar de los avances realizados en los últimos años, a España aún le queda bastante camino por recorrer en el desarrollo de la economía circular, tanto en lo referente a la reducción de la generación de residuos como a su reciclaje. Una mejora en ambos campos le permitiría avanzar en el uso circular de materiales, cuya tasa está aún lejos del resto de países de la UE. Aun así, a pesar de este retraso, España está por encima de la media europea en cuanto al peso en el VAB y el empleo de los sectores relacionados con el reciclaje, la recuperación y la reutilización, lo que pone de relieve el potencial de generación de actividad y riqueza que estos sectores pueden tener en el país. No obstante, para lograr aprovechar este potencial, habría que aumentar las inversiones en I+D y la generación de patentes en este ámbito, algo en lo que España falla en general, y no solamente en lo relativo a este terreno. El desarrollo de la economía circular debe necesariamente contar con un mayor esfuerzo a la hora de generar y utilizar productivamente el conocimiento

relacionado con la minimización de residuos, y su reutilización o eliminación en forma sostenible.

España no destaca en lo referente a la ecoinnovación, pues según el índice correspondiente (Steinert *et al.* 2020), sigue en una posición relativamente atrasada si se compara con sus socios europeos más avanzados. Según este índice, calculado a partir de 16 indicadores¹⁵ agrupados en cinco áreas (*inputs* de la ecoinnovación, actividades relacionadas con la ecoinnovación, productos de la ecoinnovación, resultados en términos de eficiencia en el uso de recursos y resultados socioeconómicos), España se situaba en 2019 en el grupo de países con un desempeño intermedio (gráfico 5.15), y, aunque estaba ligeramente por encima de la media de la UE, seguía alejada de los países líderes en este ámbito (Luxemburgo, Dinamarca, Finlandia, Suecia, Austria o Alemania). Los peores resultados se obtienen en los indicadores referentes a las áreas de resultados socioeconómicos e *inputs* de la ecoinnovación, mientras que la posición española en el resto de indicadores está por encima de la media europea, destacando los del área de las actividades relacionadas con la ecoinnovación. Las barreras de índole política y regulatoria, la falta de concienciación de las empresas, la dificultad de obtener financiación para este tipo de innovaciones, así como la falta de estímulos públicos, hace que España no destaque en un ámbito como el de la ecoinnovación, que podría reforzar la transición a una sociedad con un metabolismo socioeconómico caracterizado por un mayor grado de circularidad (Comisión Europea 2019b). Por estas razones, resulta

¹⁵ El área de *inputs* de la ecoinnovación comprende indicadores relacionados con los gastos o inversiones (financieras o en recursos humanos) cuyo objetivo es apoyar las actividades de ecoinnovación; el área de actividades de la ecoinnovación incluye indicadores para supervisar el alcance y el grado de implementación de estas actividades en las empresas; los indicadores del área de productos de la ecoinnovación muestran los resultados inmediatos de las actividades de ecoinnovación, por ejemplo en términos de patentes o publicaciones relacionadas con ellas; el área de resultados en términos de eficiencia incluye indicadores relacionados con efectos más generales de la ecoinnovación en el uso de recursos, por ejemplo la mejora de la productividad de los recursos, y por último, los del área de resultados socioeconómicos son indicadores relacionados con los efectos más amplios de la ecoinnovación sobre la sociedad y la economía en general (como la creación de empleo o de valor añadido). Para un mayor detalle de los indicadores y la metodología aplicada en la construcción del índice de ecoinnovación, véase Bernard *et al.* (2020) y Comisión Europea (2020c).

GRÁFICO 5.15: Índice de Ecoinnovación europeo
(EU-28=100)



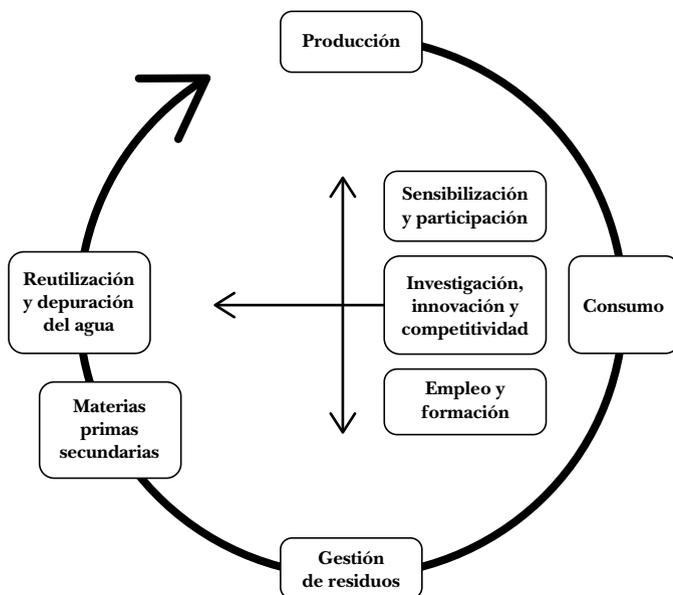
Fuente: Comisión Europea (2021a).

tan importante la correcta puesta en práctica de los ejes y líneas de actuación definidos en la EEEC sobre cuya base se deben diseñar las políticas y los planes de actuación concretos que, además, están muy interrelacionados entre sí (figura 5.7).

La transición hacia la economía circular no puede concebirse como una serie de modificaciones aisladas, sino que requiere cambios estructurales complejos en los modelos tradicionales de producción y consumo, para los que se hace necesaria la colaboración de todos los niveles de gobierno, tanto central como autonómicos y locales, para facilitar la progresiva introducción de los principios de la economía circular en todos los ámbitos afectados. Es necesario implicar a todos los agentes de la cadena de valor para conseguir resultados. Con ese objetivo, la transición hacia una economía cada vez más circular requiere diseñar distintos tipos de políticas económicas e industriales, políticas dirigidas a algunos sectores específicos,¹⁶ fiscales, de empleo, así como de sensibilización de los consumidores (campañas de información y concienciación en distintos medios orientadas a grupos específicos o al conjunto de la población o hacia productos específicos). Además, resulta imprescindible que el sector privado se involucre también en estas iniciativas. Con este fin ya se firmó en 2017 el Pacto por una Economía Circular, suscrito en la actualidad por más de 350 entidades. Se trata de un compromiso voluntario en formato de decálogo que fomenta la colaboración y la coordinación entre los agentes económicos y sociales y las administraciones públicas con el objetivo de hacer frente de forma común a los retos medioambientales, económicos y tecnológicos a los que es necesario enfrentarse en la transición hacia una economía circular. Asimismo, durante el proceso de elaboración de la EEEC,

¹⁶ Aunque la EEEC tiene un carácter transversal y aspira a convertirse en el marco de referencia para el conjunto de administraciones públicas, empresas y particulares, sus actuaciones se centran en mayor medida en una serie de sectores prioritarios, algunos de los cuales son específicos de España mientras otros son también áreas prioritarias en la UE. Teniendo esto en cuenta, también es importante contar con el apoyo y la colaboración de patronales, sindicatos y de las asociaciones sectoriales más importantes. Estos sectores prioritarios en España son los de construcción y demolición, agroalimentación, industria en su conjunto, con especial atención al sector textil y de la confección, bienes de consumo y turismo.

FIGURA 5.7: Ejes de actuación de la Estrategia de Economía Circular y sus Planes de Acción



Fuente: MITECO (2020a).

se constituyó la Comisión Interministerial de Economía Circular, formada por aquellos Ministerios¹⁷ cuyas políticas tienen un impacto directo en la transición hacia una economía circular, y que deben coordinar todas las líneas de actuación que, de alguna forma, tienen relación con su desarrollo.

Por otro lado, además de algunos planes y estrategias elaborados y aprobados a nivel autonómico (Morató *et al.* 2017, 2019), la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) también desarrolló en 2019 la Estrategia Local de Economía Circular

¹⁷ Ministerio de Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática, Ministerio de Política Territorial y Función Pública, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana, Ministerio de Ciencia e Innovación, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Sanidad, Ministerio de Consumo, Ministerio de Igualdad, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ministerio de Trabajo y Economía Social, Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Ministerio de Interior, Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, Ministerio de Educación y Formación Profesional, Ministerio de Universidades.

(FEMP 2019) con recomendaciones prácticas para ayudar a las entidades locales en cuatro ejes estratégicos: minimización de la utilización de recursos naturales, gestión del consumo de agua, sostenibilidad de los espacios urbanos, y espacios y conductas saludables. Estos ejes se organizan a través de cuatro políticas de carácter transversal: utilización de la compra pública innovadora, como herramienta para facilitar la implantación de la economía circular; impulso al desarrollo de nuevas tecnologías que permitan aplicar soluciones innovadoras; transparencia y gobernanza compartidas; y comunicación y sensibilización de los ciudadanos para promover actitudes corresponsables y sostenibles que interioricen la economía circular como parte de sus hábitos de vida.

Estas estrategias y planes de actuación referidos de forma directa a la economía circular también deben integrarse con el resto de políticas nacionales que persiguen otros fines ambientales, como el Marco Estratégico de Energía y Clima, que incluye el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y la Estrategia de Transición Justa, o la Estrategia Española de Bioeconomía¹⁸ (Ministerio de Economía y Competitividad 2016) y el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022 (Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente 2015). La búsqueda de la complementariedad entre todos estos planes y políticas públicas relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad es necesaria si España quiere cumplir los objetivos fijados por la EEEC y los marcados por el Plan de Acción de la UE para la economía circular.

¹⁸ El término bioeconomía significa una economía derivada de la producción de recursos biológicos renovables y de la conversión de estos recursos y los flujos de residuos en productos con valor añadido, como piensos, bioproductos o bioenergía (véase Unión Europea 2012). Este concepto está muy relacionado con la economía circular.

6. Medición del *stock* de capital natural

6.1. Introducción

A lo largo de la primera parte de esta monografía se han descrito los flujos de materiales que son extraídos del medio natural y usados por el sistema productivo y la sociedad en general, así como su evolución a lo largo del tiempo. La comparación de estos flujos con otros de índole económica ha permitido analizar el grado de sostenibilidad del crecimiento económico de las últimas décadas. Una información complementaria al análisis de estos flujos es el estudio del *stock* disponible de algunos de estos materiales y otros recursos naturales, pues dicho *stock* también va a determinar la sostenibilidad en el futuro de los actuales niveles de extracción y producción. Si los niveles de actividad actuales agotan y/o degradan los activos naturales disponibles con una rapidez mayor de la que admite su regeneración, su disponibilidad a largo plazo puede verse comprometida, dando lugar a pérdidas de bienestar futuras. Por esa razón, es importante mejorar la gestión de los activos ambientales, teniendo en cuenta el uso sostenible de los recursos y la capacidad para continuar proporcionando *inputs* a la economía y la sociedad. De ahí la importancia de disponer de una medición de los recursos naturales disponibles (en unidades físicas, pero también monetarias) y su evolución a lo largo del tiempo, de forma que sea posible analizar tanto los aumentos (debidos, por ejemplo, a nuevos descubrimientos o a crecimientos naturales) como las reducciones (debidas, por ejemplo, a la extracción o a pérdidas naturales) de su *stock*.

En la actualidad no existe una definición de *stock* de capital natural perfectamente delimitada y ampliamente aceptada, sino que, dependiendo del ámbito en el que se aborde su análisis o los objetivos que tenga el mismo, esta puede ser muy diferente (Badura *et al.* 2017). Lo que sí está claro es que el análisis y la estimación del valor de los recursos naturales disponibles, especialmente los no renovables, está suscitando cada vez mayor interés, tanto en el mundo académico como en el de las instituciones públicas y de gobierno de los distintos países. Por esta razón, en la actualidad existen distintas iniciativas en este ámbito que tratan de diseñar normas y métodos para el cálculo del capital natural. Entre ellas, destaca a nivel internacional, el *SEEA Central Framework* (Naciones Unidas *et al.* 2014), que proporciona el marco conceptual para analizar la interacción entre el medio ambiente y la economía, y el *SEEA Ecosystem Accounting* (Naciones Unidas 2021), que lo complementa. Esta publicación conjunta de Naciones Unidas, la Comisión Europea, el Fondo Monetario Internacional, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos y el Banco Mundial ofrece los principales conceptos y definiciones sobre contabilidad ambiental y económica acordados internacionalmente y constituye una herramienta muy valiosa para la compilación de estadísticas integradas, la derivación de indicadores consistentes y comparables, y la medición del avance hacia los objetivos de desarrollo sostenible.

El SEEA intenta incorporar distintos aspectos ambientales al sistema de cuentas nacionales (SCN), que constituye el marco para la recogida, organización, elaboración y publicación de la información sobre la actividad económica de cada país o región y sobre su principal magnitud, el producto interior bruto (PIB). A pesar de que este indicador, o más específicamente, el PIB per cápita, se asocia a menudo con el nivel de bienestar de la población, las diferencias entre estos dos conceptos son importantes. El PIB es, en rigor, solo una medida de la producción, por lo que su cálculo deja fuera muchos aspectos del bienestar. En primer lugar, el PIB tan solo incluye las transacciones de bienes y servicios realizadas a través del mercado, lo que significa dejar al margen toda la actividad que tiene lugar dentro de los hogares (Pérez *et al.* 2021). Tampoco capta la distribución de los ingresos, por lo que

no refleja la existencia de desigualdades económicas en la sociedad ni su intensidad. Por otro lado, no tiene en cuenta todos los costes asociados a la producción de bienes y servicios, es decir, no contabiliza la existencia de posibles externalidades, vinculadas al uso o degradación de los recursos naturales, especialmente de los no renovables. Las pérdidas de lo que se puede denominar capital natural no computan como depreciación, al contrario de lo que ocurre con la depreciación del capital producido (edificios, maquinaria, etc.). Algunos autores consideran esta no consideración de la depreciación del capital natural en el PIB como una de las mayores limitaciones de esta magnitud como guía de la política económica (Dasgupta 2009), pues una política focalizada en el crecimiento del PIB puede tener como resultado una pérdida de capital natural, que reduzca el bienestar y la riqueza agregada. En este sentido, la estimación de una medida de riqueza o capital natural permitiría incluir criterios de sostenibilidad en el diseño de estrategias de crecimiento y desarrollo. Esta es una de las recomendaciones de la Comisión para la Medición del Rendimiento Económico y el Progreso Social formada en Francia en 2008, integrada por expertos académicos y estadísticos, con el objetivo de identificar las debilidades más importantes del PIB y proponer mejoras en los sistemas de información que aspiran a representar la realidad económica y social de los países.

El informe de dicha comisión, publicado en 2009 (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009), recomienda considerar conjuntamente los ingresos, el consumo y la riqueza, y prestar más atención a los indicadores de bienestar que quedan fuera del enfoque de las cuentas nacionales, como las medidas subjetivas de bienestar, y las medidas de calidad de vida relacionadas con la educación, la salud o la sostenibilidad medioambiental. En consecuencia, es importante que la medición de la riqueza incluya el valor de distintos tipos de *stock* de capital tradicionales —producido, humano, social—, pero también el natural, cuya medición resulta imprescindible para evaluar la sostenibilidad del crecimiento económico.

Como explica el SEEA, el principal problema que presenta la inclusión del capital natural en el SCN es la medición del mismo y, especialmente, la necesidad de disponer de información sobre los precios a utilizar para llevar a cabo su valoración. La no existencia

de precios de mercado para la mayor parte de los recursos naturales hace que sea necesario valorarlos utilizando precios estimados o imputados indirectamente a partir de otra información. Además, también hay que tener en cuenta que no todos los aspectos de la naturaleza pueden traducirse en valores monetarios. Aun así, la valoración de aquellos recursos naturales para los que este ejercicio sea posible puede contribuir a mejorar, desde el punto de vista medioambiental, las políticas de desarrollo y crecimiento económico (Turner 2016), promoviendo el uso eficiente de recursos y la ecoinnovación.

Existe un amplio rango de métodos de valoración del capital natural (Badura *et al.* 2017), basados en la imputación de un precio de mercado o un coste estimado a las existencias disponibles o en la valoración de los flujos de servicios que proporcionan los recursos naturales a partir de información sobre las rentas que generan en la producción. También los métodos de valoración basados en preferencias reveladas, mediante encuestas realizadas a la población, consultas a expertos, etc. (Freeman, Herriges y Kling 2014) se han utilizado para asignar un valor a ciertos recursos naturales. En el caso de que la información disponible sea la de las rentas generadas por los recursos naturales, el SEEA propone el método del valor actual neto (VAN) para estimar su valor. Según este enfoque, el valor de cada activo natural puede aproximarse como el flujo de servicios que se espera obtener durante su vida, utilizando un tipo de descuento para convertir las rentas futuras en presentes. Sin embargo, este método tampoco está exento de problemas, pues es necesario escoger una tasa de descuento adecuada, así como determinar cuál es la vida del activo (durante la que se espera que genere rentas) hasta su agotamiento.

A pesar de todos estos problemas, en la actualidad ya existen distintas iniciativas dedicadas a la estimación y valoración del capital natural a escala internacional y nacional. Entre las primeras, destacan principalmente dos. La primera de ellas es la llevada a cabo por el Banco Mundial (2006, 2011; Lange, Wodon y Carey 2018), que mide la riqueza de los países, incluyendo como parte de la misma el capital natural; y la segunda es la desarrollada por el Programa del medio ambiente de las Naciones Unidas (UNEP

2018). Este programa ha elaborado un índice de riqueza inclusiva (IWI) que incluye en su cálculo no solo los activos producidos — edificios, maquinaria, infraestructuras, etc.— o el capital humano, sino también el capital natural —bosques, ríos, tierras cultivadas, recursos del subsuelo, ecosistemas etc.—. También existen estimaciones de capital natural realizadas por los institutos de estadística nacionales o instituciones similares, destacando, en este caso, las realizadas para Australia (ABS 2012, 2013, cap. 7), Canadá (Provenzano, Barber-Dueck y Floyd 2016; Provenzano y Barber-Dueck 2017) y, en el ámbito europeo, las del Reino Unido (ONS y Defra 2020; ONS 2020).

En el caso de España, el Instituto Nacional de Estadística (INE) no realiza ninguna estimación oficial del valor de los recursos naturales, si bien existen algunas iniciativas que, aunque suelen ser mediciones parciales o puntuales en el tiempo y se centran, sobre todo, en los bosques o zonas verdes, intentan medir algunos de los recursos naturales de los que disfruta el país (Esteban 2010; proyecto VANE [Vallejo 2021] o algunos de los trabajos de la Fundación Matrix [2021]).

Las estimaciones que acompañan esta monografía pretenden ofrecer una base de datos más completa y detallada sobre el valor de los recursos naturales en España y su evolución en el tiempo, así como su distribución territorial entre las distintas comunidades autónomas. La referencia metodológica principal es el trabajo desarrollado por el Banco Mundial (2018a, 2018b) y su base de datos de riqueza nacional (*wealth accounts*) (2020). Por tanto, nuestra estimación y definición de capital natural va a seguir la metodología desarrollada por dicha institución. No obstante, la disponibilidad de información más completa si solamente se realiza la estimación para España en lugar de para un mayor número de países, hace que, en ocasiones, las fuentes de partida seleccionadas sean distintas, así como los métodos finalmente aplicados, con el objetivo de adaptarlos mejor a las características propias de nuestro país. Ambos hechos justifican que, en algunos casos, las estimaciones aquí realizadas presenten algunas diferencias con las ofrecidas por el Banco Mundial.

Por otro lado, este trabajo aborda la distribución territorial del capital natural en España, por lo que ofrece la posibilidad de rea-

lizar comparaciones entre las distintas comunidades autónomas. Entendemos que este es el principal valor añadido de la base de datos elaborada.

En los siguientes epígrafes de este capítulo se describen con mayor detalle los activos medioambientales considerados en la valoración del capital natural, así como los métodos de estimación aplicados y las fuentes de información empleadas en cada caso. El análisis de los resultados obtenidos se deja para capítulos posteriores.

6.2. Activos medioambientales

El Marco Central del SEEA considera siete activos ambientales: los recursos minerales y energéticos, la tierra, los recursos del suelo, los recursos madereros, los recursos acuáticos, otros recursos biológicos (distintos de los madereros y acuáticos) y los recursos hídricos¹⁹ (cuadro 6.1). Esta podría considerarse la clasificación más exhaustiva empleada por las oficinas de estadística.²⁰ Sin embargo, la base de datos del Banco Mundial, que este trabajo toma como referencia, no incluye todos estos activos en sus estimaciones, sino que tan solo ofrece información sobre los activos recogidos en el cuadro 6.2. Los criterios de selección de estos activos se basan en la información disponible de forma regular a lo largo del tiempo para realizar su estimación, de manera que los activos cuya estimación no es factible con la información disponible se omiten. Estos son también los criterios seguidos en la elaboración de la base de datos que acompaña esta monografía, en la que se

¹⁹ En el Marco Central del SEEA el volumen de agua de los mares no se considera comprendido entre los recursos hídricos. El volumen del aire de la atmósfera tampoco está comprendido entre los activos ambientales.

²⁰ El *SEEA Ecosystem Accounting* (Naciones Unidas 2021), recientemente publicado, no se centra tanto en los activos individuales como el *SEEA Central Framework* (Naciones Unidas *et al.* 2014), sino que lo hace en el contexto o sistema en el que esos activos naturales se ubican. Por ejemplo, mientras el *SEEA CF* pone el foco en los recursos madereros, el *SEEA EA* se centra en el bosque y todos los servicios que ofrece de forma agregada.

CUADRO 6.1: Clasificación de los activos ambientales del SEEA 2012

1. Recursos minerales y energéticos
1.1. Recursos del petróleo
1.2. Recursos de gas natural
1.3. Recursos del carbón y de la turba
1.4. Recursos minerales no metálicos (con exclusión del carbón y de la turba)
1.5. Recursos minerales metálicos
2. Tierra
3. Recursos del suelo
4. Recursos madereros
4.1. Recursos madereros cultivados
4.2. Recursos madereros naturales
5. Recursos acuáticos
5.1. Recursos acuáticos cultivados
5.2. Recursos acuáticos naturales
6. Otros recursos biológicos (excepto los madereros y los acuáticos)
7. Recursos de agua
7.1. Agua superficial
7.2. Agua subterránea
7.3. Agua del suelo

Fuente: Naciones Unidas *et al.* (2014).

incluyen precisamente los mismos activos que los publicados en la base de datos del Banco Mundial (cuadro 6.2).

En consecuencia, tanto el valor del *stock* de capital natural agregado publicado por el Banco Mundial como el aquí presentado, está subestimado, pues se deja fuera la valoración de algunos recursos naturales que pueden ser significativos en determinados territorios (como los recursos energéticos renovables, los ecosistemas acuáticos, los recursos pesqueros, etc.). No obstante, también hay que tener en cuenta que algunos de estos pueden estar incluidos implícitamente en los sí estimados. Por ejemplo, es posible suponer que el valor de los polinizadores naturales o las aguas subterráneas esté ya incluido en el valor de las tierras de cultivo o

CUADRO 6.2: Clasificación de activos del Banco Mundial (2018)

1. Recursos forestales
a. Recursos forestales madereros (RFM)
b. Recursos forestales no madereros (RFNM)
2. Tierras de cultivo
3. Tierras de pastos
4. Áreas protegidas
5. Recursos energéticos y minerales
a. Petróleo
b. Gas natural
c. Carbón
d. Minerales metálicos

Fuente: Banco Mundial (2020) y elaboración propia.

en el de las áreas protegidas, y ciertos ecosistemas acuáticos pueden estar considerados en los recursos forestales no madereros.

Por otro lado, a pesar de su relevancia en el ámbito del Análisis de Flujos de Materiales (AFM) (véase el capítulo 3), la estimación de los recursos minerales y energéticos se deja fuera el conjunto de minerales no metálicos, debido principalmente a su menor importancia en términos monetarios.

6.3. Metodología para la estimación del capital natural

Como ya se ha comentado, la estimación que aquí se presenta se ha basado fundamentalmente en la metodología seguida por el Banco Mundial (2018a). Partiendo de dicha metodología, se ha intentado mejorar y ampliar las estimaciones para España, utilizando fuentes de información nacionales, habitualmente más completas y detalladas que las bases de datos empleadas por el Banco Mundial y que, en aras de disponer de información homogénea a nivel internacional, suelen ofrecer información menos detallada y disponible para un mayor número de países. La utilización de esta información otorga una mayor fiabilidad y calidad a las estimaciones aquí realizadas, pues permite tener en cuen-

ta ciertas características concretas y propias de España, que no suelen reflejar las estadísticas o bases de datos internacionales. Por otro lado, también posibilitan el análisis de la composición de algunos activos que el Banco Mundial solo estima de forma agregada.

Además, nuestras estimaciones también presentan la información sobre el capital acumulado en España por comunidades autónomas. Esa es posiblemente la contribución más importante del trabajo, pues permite estudiar la distribución dentro del territorio nacional de la riqueza disponible en forma de recursos naturales y establecer comparaciones con la desagregación territorial de otras variables o magnitudes monetarias.

Por otro lado, la estimación aquí realizada también presenta limitaciones, pues en algunos casos los precios seleccionados para valorar los distintos tipos de recursos naturales o la estimación de las rentas que generan pueden no incluir todos los servicios que estos proporcionan. Determinados servicios como la regulación del clima, la formación del suelo, la participación en el ciclo de nutrientes, etc. resultan muy difíciles de valorar y, por tanto, de incorporar a una estimación monetaria como la realizada en el marco de este trabajo.²¹

Debido a las características tan diversas de los distintos recursos naturales considerados, la metodología seguida para la estimación del valor de cada uno de ellos es distinta. A continuación, se hace un breve resumen del método de valoración empleado en cada caso.

²¹ Véanse los informes elaborados en el marco del proyecto Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas para una enumeración exhaustiva de los servicios prestados por los ecosistemas naturales. El SEEA Ecosystem Accounting (Naciones Unidas 2021) además propone ya la consideración no solo de los servicios relacionados con la producción en el marco del SCN, sino también de otros como la filtración de aire, la regulación del agua o los servicios recreativos que los ecosistemas proporcionan. También llama la atención sobre la necesidad de abordar el análisis conjunto de los servicios que distintos recursos naturales ofrecen y que pueden presentar complementariedades entre ellos.

6.3.1. Estimación del valor de los recursos forestales

Dentro de los recursos forestales se distinguen dos componentes: los recursos forestales madereros (RFM) y los no madereros (RFNM). Tanto la información de base como el método de estimación para cada componente son distintos, por lo que a continuación se describe su estimación de forma separada.

Recursos forestales madereros (RFM)

Los recursos forestales madereros incluyen tanto la madera como la leña. A partir de los datos del Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que ofrecen datos de cantidades o producción y de precios, es posible realizar una estimación del valor de estos recursos año a año. Hay que resaltar, no obstante, que esta información no está disponible para todos los años, sobre todo la referida a los precios, por lo que, en ocasiones, ha sido necesario completar la información disponible mediante distintas técnicas de interpolación o realizando supuestos sobre el comportamiento del volumen o precio de los RFM en las distintas regiones.

Una vez se dispone de las series de producción de madera y leña, así como sus precios, ya es posible realizar la estimación de la renta anual que proporcionan estos productos. Dicha renta, \bar{R}_t , se define como una media móvil de 5 años desde $t-4$ a t de la renta que produce la madera (o la leña) anualmente, es decir,

$$\bar{R}_t = \sum_{i=t-4}^t \frac{[M_i \times P_i] \times a_i}{5} \quad (6.1)$$

siendo M_i la producción de la madera o leña por m^3 en el año i , P_i el precio de la madera o leña de un m^3 en cargadero en el año i y a_i la fracción de valor que se considera renta. Esta última proporción se obtiene directamente de los datos de contabilidad nacional de España del INE, a partir de los cuales es posible calcular el valor que el excedente bruto de explotación (convenientemente ajustado para que no incluya las rentas del trabajo correspondientes a las rentas mixtas) representa sobre la producción total del sector de *silvicultura y explotación forestal*, en el que se enmarca

la producción de madera y leña. Esa proporción está cercana al 30% en los años más recientes, aunque era bastante más elevada al principio del período considerado. En la segunda mitad de la década de los noventa, se situaba alrededor del 70% de la producción total.

Los recursos madereros se valoran de acuerdo con el valor actual descontado de esas rentas de la producción de madera durante la vida útil esperada de los recursos madereros.²² Este valor, $RFMT_t$, viene dado por la siguiente ecuación:

$$RFMT_t = \sum_{i=t}^{t+T-1} \frac{\bar{R}_i}{[1+r]^{i-t}} \quad (6.2)$$

donde \bar{R}_i es la renta derivada de la producción de recursos madereros en el año t ; r es la tasa de descuento; y T es el horizonte temporal de la valoración de activos.

Al igual que en la base de datos elaborada por el Banco Mundial, en las estimaciones aquí realizadas se ha supuesto una tasa de descuento de 4%. Esta decisión se fundamenta principalmente en la conveniencia de disponer de estimaciones comparables de capital natural para otros países, como las que ofrece el Banco Mundial, y en el hecho de que no existe un consenso amplio sobre cuál es la tasa de descuento a aplicar en el caso de los activos medioambientales (véase Khan y Greene 2013; Freeman, Groom y Chantry Educational Service 2016; Naciones Unidas *et al.* 2014). A este respecto, el SEEA Central Framework (Naciones Unidas *et al.* 2014), en su Anexo 5.2, recomienda utilizar una tasa de descuento basada en el valor de mercado, de forma que la estimación del valor del capital natural sea consistente con la valoración del resto de activos producidos y sea posible obtener una estimación de la riqueza agregada de una economía. Por tanto, y a pesar de que dicha información basada en el valor de mercado de los activos naturales no está disponible para la mayor parte de los mismos,

²² Hay que tener en cuenta que las rentas de la producción futuras dependen también de la demanda de este tipo de recursos en el futuro, así como de cambios en las tecnologías de extracción y tratamiento de la madera.

recomienda estimar las tasas de descuento a partir de las cuentas nacionales y la información del sistema financiero.²³ En este contexto, una tasa de descuento del 4% es la misma que la aplicada en España para el cálculo del *stock* de capital acumulado en otros tipos de activos producidos (véase Fundación BBVA e Ivie 2021a).

Por otro lado, como se señala en el informe del Banco Mundial, la vida útil de los recursos madereros está determinada por la tasa de extracción de madera (Q) en relación con la tasa de crecimiento natural (N). Si $Q > N$, las tasas actuales de extracción son insostenibles y la vida útil de los recursos es limitada. Si $Q \leq N$, se supone que la extracción es sostenible, y la vida útil del recurso se toma como infinita. En el caso español, y considerando el volumen maderable por comunidades autónomas reportado por los inventarios forestales nacionales (IFN) 2, 3 y 4,²⁴ no solo se ha compensado la extracción de madera, sino que el volumen maderable ha crecido. En conclusión, en el caso español parece que la mejor opción es considerar que el horizonte es infinito.²⁵ Esta es también la opción escogida por el Banco Mundial en su base de datos.

Recursos forestales no madereros (RFNM)

Además de la producción maderera, el terreno forestal proporciona una serie de servicios adicionales que son vitales para la sociedad. Estos servicios, que podemos denominar, a efectos de su valoración, recursos forestales no madereros, pueden dividirse en tres categorías principales: (i) recreación, caza y pesca; (ii) protección de cuencas hidrográficas y (iii) otros productos forestales no madereros (OPFNM). Mientras los primeros incluyen básicamente servicios recreativos para la población en general, los segundos están relacionados con el control de los flujos de agua,

²³ Fuera del marco establecido por el SEEA (Naciones Unidas *et al.* 2014) y el sistema de cuentas nacionales (SCN), podría considerarse más adecuado emplear una tasa social de descuento, que tuviera en cuenta las distintas características de los recursos naturales, su demanda, el hecho de si son renovables o no, su vida media, etc.

²⁴ El IFN2 se realizó a lo largo del período 1987-1998, el IFN3 se llevó a cabo en el período 1998-2008 y el IFN4 se inició en 2008 y todavía no está concluido.

²⁵ Véase el apéndice A.4 para un mayor detalle de las implicaciones que tiene en el cálculo el supuesto de una vida infinita para los recursos forestales madereros.

la erosión del terreno, etc. Finalmente, los OPFNM incluyen toda una serie de productos que las áreas forestales proporcionan, como algunos frutos forestales (castañas, bellotas, piñones, etc.), resinas, corcho, esparto, hongos, trufas, plantas medicinales, etc.

La estimación del valor de estos servicios se realiza de forma similar a la de los recursos forestales madereros. En este caso, también se estima el valor actual neto descontado a partir del valor anual estimado de dichos servicios. Este valor se obtiene a partir de un metanálisis realizado en Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015). Estos autores analizaron 123 estudios de recursos forestales no madereros en 42 países, desarrollando un modelo de meta-regresión espacial que permite predecir valores de los servicios del ecosistema para parcelas de bosque de 10 km x 10 km en todo el mundo. Agregando los valores de todas las cuadrículas de cada país, obtienen el resultado global para ese país. Además del valor de los servicios de los bosques mencionados, el estudio de Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015) también proporciona estimaciones de otra categoría, el *valor del hábitat y la protección de las especies*, aunque esta categoría no se incluye en la estimación del capital natural del Banco Mundial, y tampoco en la valoración aquí realizada.

El estudio de estos autores está basado en la realización de metaregresiones. El propósito de las metaregresiones es predecir estadísticamente el valor del servicio del ecosistema (variable dependiente), que se extrae de la literatura, como función de las características del estudio y del área de estudio (variables independientes). En una metaregresión, cada observación de la variable dependiente es igual a la evaluación del servicio realizada en un estudio que se ha tomado en consideración. Por lo tanto, en cada metaregresión, el número de observaciones es igual al número de estudios incluidos en la investigación.

De esta forma, los autores concluyen que el valor de los servicios de recreación, caza y pesca se explica en función de la densidad de población, el PIB per cápita, la temperatura promedio y la riqueza de especies. El de los servicios de protección de cuencas

CUADRO 6.3: Estimación del valor por hectárea de los servicios prestados por los recursos forestales no madereros según Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015)

	Total RFNM	Recreación, caza y pesca	Protección de cuencas	Otros productos forestales no madereros
Dólares de 2013	278,9	35,7	228,2	15,0
Euros de 2015	201,7	27,0	172,4	11,3

Fuente: Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015) y elaboración propia.

viene determinado por el PIB y el bioma²⁶ y, para la predicción del valor de los otros productos forestales no madereros, se utilizan como variables explicativas la densidad de población y el PIB per cápita, suponiendo efectos fijos a nivel de continente.

Siguiendo este procedimiento y utilizando datos sobre la cobertura del suelo (Globcover 2009 [ESA]), los autores estiman los beneficios anuales para todos los países del mundo de los tres servicios considerados que prestan los bosques. Estos servicios están calculados tanto por hectárea como para el conjunto del país y se expresan en dólares de Estados Unidos de 2013. Las estimaciones correspondientes a España se presentan en el cuadro 6.3, tanto los valores originales como los transformados a euros de 2015, que son los que se utilizan en nuestra estimación.

En el caso de los otros productos forestales no madereros, hubiera sido posible aplicar un método similar al aplicado para la estimación del valor de los recursos madereros, ya que el Anuario de Estadística Forestal y el Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación ofrecen información relativa a la elaboración de estos productos, tanto sobre su valor agregado como sobre su precio. Sin embargo, esta información no es completa para todos los tipos de productos, años y regiones. La escasa fiabilidad de esta información, cuyos problemas se señalan en los propios anuarios, además del hecho de que los resultados obte-

²⁶ Un bioma es una determinada parte del planeta que comparte clima, flora y fauna. Los autores incluyen como factor de ubicación tres tipos de bioma: *boreal*, *tropics*, y *temperate*.

nidos no son para nada consistentes con los del Banco Mundial, ha aconsejado la aplicación del mismo método que en el caso del resto de recursos forestales no madereros, para los que no se dispone de información adicional específica de España y se utilizan los resultados de la metaregresión de Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015).

Con la información del valor anual de los servicios considerados por hectárea, es posible calcular el valor total de dichos servicios en España y sus regiones, multiplicándolos por la superficie forestal.²⁷

En España, la superficie forestal por comunidad autónoma se obtiene de los Anuarios de Estadística Forestal y de los Anuarios de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. La frontera entre el monte arbolado y el desarbolado se establece según las definiciones internacionales de FRA (*Forest Resource Assessment* de Naciones Unidas) y *Forest Europe*, entre otros. El monte arbolado equivale al concepto de bosque (*Forest*) según los criterios internacionales e incluye las superficies forestales con una Fracción de Cobertura (FCC) de las especies arbóreas igual o superior al 10%. Sin embargo, la información disponible para los primeros años contemplados no permite separar el monte arbolado del resto, sino que solamente permite distinguir la superficie forestal con una FCC igual o superior al 5%. Por esta razón, en esos casos, la superficie empleada es la que contiene una FCC igual o superior al 5%. Por otra parte, no se hace distinción entre bosque natural y bosque plantado.

Una vez se ha calculado el valor de los servicios de cada año de los ecosistemas forestales no maderables,²⁸ el valor capitalizado de

²⁷ En el caso de Protección de cuencas, se tiene en cuenta la superficie forestal total, mientras que en para los servicios de Recreación, caza y pesca y los Otros productos forestales se toma la superficie correspondiente a los bosques accesibles.

²⁸ Se supone, al igual que en el caso de los recursos forestales madereros, que la demanda para este tipo de servicios permanece constante con el paso del tiempo, aunque esta podría variar tanto en el tiempo como en el espacio. Por ejemplo, cambios en las preferencias de la población por los servicios recreativos, de caza o de pesca correspondientes a recursos forestales podrían aconsejar la asignación de un valor distinto para los mismos en diferentes momentos del tiempo.

estos servicios es igual al valor presente de los servicios anuales, descontados en el futuro:

$$VP(S) = S + \frac{S}{r} \quad (6.3)$$

donde S es la suma de los valores de servicio por hectárea para las tres categorías consideradas; y r es la tasa de descuento fijada en el 4%. A los servicios recibidos durante el presente año no se les aplica descuento. Por tanto, al igual que el Banco Mundial, se considera un horizonte infinito, pues se supone que los valores monetarios por hectárea estimados para 2013 en Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015) son constantes a lo largo del tiempo y se ajustan a la inflación utilizando los deflatores del PIB. Además, los valores se estiman para el área forestal actual, suponiendo que no haya cambios en la cubierta forestal en el futuro.

6.3.2. Estimación del valor de las tierras de cultivo y los pastos

Las tierras cultivadas y las de pastos y pastizales también suponen un recurso natural a valorar. De hecho, en el caso español, es uno de los más importantes. La valoración de estos recursos puede realizarse de dos formas distintas. La primera parte de la combinación de información, sobre la superficie de las tierras de cultivo y los precios de venta de la tierra, mientras que la segunda se basa en la información sobre las rentas anuales generadas por estas tierras y el cálculo del valor presente neto descontado de esas rentas que se obtendrán en el futuro. Aunque el Banco Mundial sigue la segunda opción en sus estimaciones, en este trabajo se ha preferido la primera, dada la disponibilidad de información al respecto a nivel nacional y regional. Así, en este caso, la estimación se ha realizado a partir de la información anual que sobre la superficie cultivada incluye el Anuario Estadístico del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y los precios que proporciona la Encuesta de Precios de la Tierra, también elaborada por dicho Ministerio. Esta información está disponible por tipo de cultivo y distinguiendo por comunidades autónomas. De esta forma, multiplicando las hectáreas dedicadas a cada tipo de cultivo en

cada región por su precio, es posible obtener una valoración de la tierra en cada región para cada año considerado. Este trabajo se ha realizado para los años 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2018, último año con información disponible en el momento de elaboración de esta monografía.

La aplicación práctica de este procedimiento presenta varios problemas. En primer lugar, la clasificación por tipos de cultivos del Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación no es la misma que la considerada por la Encuesta de Precios de la Tierra, por lo que es necesario elaborar una correspondencia entre ambas. Dicha correspondencia aparece en el cuadro 6.4. La primera columna del cuadro presenta la clasificación utilizada por la Encuesta de Precios de la Tierra, mientras que la segunda muestra los cultivos a cuya superficie se le ha aplicado dicho precio. De esta forma, se dispone del valor de la tierra de cada comunidad autónoma dedicada a 9 tipos de cultivos de secano (tierras de labor, frutales no cítricos de hueso, de pepita y de frutos secos, viñedo de mesa y de transformación, olivar de mesa y de transformación, prados naturales, pastizales y erial) y 18 de regadío (tierras de labor, hortalizas de regadío al aire libre, cultivos de regadío protegidos, arroz, fresón, naranjo, mandarino, limón, frutales no cítricos de hueso, de pepita, de fruto seco, carnosos, platanera, viñedo de mesa y de transformación, olivar de mesa y de transformación y prados naturales). La suma de todos ellos es igual al valor de las tierras cultivadas y dedicadas a pastos cada año o *stock* de capital en tierras de cultivo y pastos.

Otro problema es la falta de información regional para la superficie o los precios de determinados cultivos algunos años, o la falta de información relativa a alguna comunidad autónoma concreta un año dado. En todos estos casos, se ha procedido a su estimación. Los datos de superficie se han estimado a partir de los datos de los anuarios más cercanos en el tiempo y los de precios aplicando los precios de otras regiones cercanas geográficamente o de cultivos de características similares. De esta forma, se ha obtenido la superficie y el precio de cada tipo de cultivo considerado para cada una de las comunidades autónomas, base para el cálculo del valor de las mismas.

CUADRO 6.4: Correspondencia entre la clasificación de cultivos de la Encuesta de Precios de la Tierra y la del Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

Clasificación de cultivos de la Encuesta de Precios de la Tierra	Clasificación de cultivos del Anuario de Estadística
SECANO	
Tierras de labor	Cultivos de Herbáceos secano + Barbecho y otras tierras no ocupadas secano
Frutales no cítricos	
Frutales de hueso	Frutales de hueso secano + Frutales de fruto carnoso secano
Frutales de pepita	Frutales de pepita secano
Frutales de fruto seco	Frutales de fruto seco secano + Otros cultivos leñosos
Viñedo	
Uva de mesa	Uva de mesa + Uva para pasificación + Viveros de uva (secano)
Uva de transformación	Uva para vinificación regadío
Olivar	
Aceituna de mesa	Olivar de aceituna de mesa secano
Aceituna de transformación	Olivar de aceituna de almazara secano
Aprovechamientos	
Prados naturales	Prados naturales secano
Pastizales	Pastizales secano
Erial a pastos	Erial a pastos
REGADÍO	
Tierras de labor	Cultivos de Herbáceos regadío + Barbecho y otras tierras no ocupadas regadío – Arroz – Hortalizas regadío (incluyendo fresa y fresón) – Flores y plantas ornamentales regadío
Hortalizas aire libre	Hortalizas regadío aire libre + Flores y plantas ornamentales regadío aire libre – Fresa y fresón aire libre
Cultivos protegidos	Hortalizas regadío protegido + Flores y plantas ornamentales regadío protegido – Fresa y fresón protegido
Arroz	Arroz
Fresón	Fresa y fresón aire libre + protegido
Frutales cítricos	
Naranja	Naranja + Naranja amargo + Pomelos + Otros cítricos
Mandarino	Mandarino
Limón	Limonero
Frutales no cítricos	
Frutales de hueso	Frutales de hueso regadío
Frutales de pepita	Frutales de pepita regadío
Frutales de fruto seco	Frutales de fruto seco regadío + Otros cultivos leñosos
Frutales carnosos	Otros frutales de fruto carnoso regadío – Platanera
Platanera	Platanera
Viñedo	
Uva de mesa	Uva de mesa + Uva para pasificación + Viveros de uva (regadío)
Uva de transformación	Uva para vinificación regadío
Olivar	
Aceituna de mesa	Olivar de aceituna de mesa regadío
Aceituna de transformación	Olivar de aceituna de almazara regadío
Prados naturales	Prados naturales

Fuente: MAPA (Anuario de Estadística 2021) y elaboración propia.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que, a pesar de que la utilización de precios de mercado de las tierras de cultivo concuerda perfectamente con los criterios del sistema de cuentas nacionales, desde otras perspectivas más amplias que evalúen las relaciones entre economía y medio ambiente teniendo en cuenta también otros aspectos relacionados con la cultura, la ecología o los temas sociales, estos precios pueden ser demasiado bajos. Estos enfoques más amplios conceden un valor superior a la tierra, más allá de su precio de mercado, por sus funciones de retención de la población y de generación de capital social o bien por su contribución al patrimonio de un determinado territorio. Sin embargo, la estimación de unos precios que incluyan todas estas funciones que pueden ser atribuidas a las tierras de cultivo (y también a otros tipos de tierras, como las áreas protegidas), resulta muy complicada, aunque podría ser muy útil para valorar el papel de estos ecosistemas a la hora de afrontar ciertas amenazas ambientales como los grandes incendios u otros eventos naturales con consecuencias catastróficas.

6.3.3. Estimación del valor de las áreas protegidas

Las áreas naturales protegidas también suponen un recurso natural importante de cada territorio, siendo España un país destacado en este ámbito a nivel europeo. La estimación del valor de estas áreas en España y sus comunidades autónomas se lleva a cabo de forma similar a la de las tierras de cultivo. Para valorar este capital natural se utilizan datos de superficie de estas áreas protegidas en cada región y estos se multiplican por los precios asociados a dichas áreas.

En lo referente a los datos de superficie de las áreas protegidas, la principal fuente de información es la base de datos mundial sobre áreas protegidas (WDPA, *World Database on Protected Areas*) y la base de datos mundial sobre otras medidas eficaces de conservación basadas en áreas (OECM, *Other Effective area-based Conservation Measures*)²⁹. Ambas forman parte de la iniciativa Protected Planet

²⁹ La WDPA se creó en 1981 y almacena datos sobre áreas protegidas de todo el mundo desde su respectivo año de creación, que oscila actualmente entre 1819 y 2019. La base de datos sobre OECM se creó en 2019 y almacena datos de otras medidas eficaces de conservación basadas en áreas de todo el mundo desde su año de establecimiento, si bien se encuentra todavía en proceso de elaboración.

(UNEP-WCMC 2021), dirigida conjuntamente por el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (UNEP, *UN Environment Programme*) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, International Union for the Conservation of Nature). Esta base de datos contiene información sobre las áreas protegidas y OECM designadas a nivel nacional en virtud de convenios y acuerdos regionales e internacionales, además de las que no se han designado legalmente. Las designaciones internacionales comprenden las del Convenio Ramsar, el Convenio del Patrimonio Mundial (la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, por sus siglas en inglés) y sitios bajo el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO. Los acuerdos regionales incluyen los sitios bajo la Red Natura 2000 (europea), así como las Áreas Protegidas Marinas designadas bajo convenios regionales como son el Convenio para la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste (OSPAR), entre otros.

WDPA ofrece información sobre la superficie total, así como la marina, de las áreas protegidas situadas en territorio español, distinguiendo por comunidad autónoma. El primer paso ha sido, pues, eliminar de la superficie total la parte correspondiente a la superficie marina, pues la valoración de esta última no se incluye entre los objetivos de este estudio por los problemas que plantea. Posteriormente, se ha verificado la no existencia de distintas áreas o parajes naturales cuya superficie se solape, de forma que se eviten las dobles contabilizaciones.³⁰ Finalmente, se ha agregado la información de la superficie protegida de cada comunidad autó-

³⁰ Existen muchas áreas protegidas superpuestas en la base de datos WDPA (Deigniet *et al.* 2017). Estas pueden consistir en áreas superpuestas con distintas categorías de gestión de la UICN o superposiciones entre áreas protegidas nacionales y designaciones bajo convenios regionales o internacionales. Por ejemplo, un mismo espacio geográfico podría ser un parque nacional bajo legislación nacional pero también un sitio del Patrimonio de la Humanidad o un sitio Ramsar bajo acuerdos internacionales. Las demarcaciones de estas podrían no coincidir, pero el solapamiento podría aun así ser considerable. Esta característica se debe a que una geografía dada puede estar sujeta a distintos instrumentos legales que crean cada uno de ellos sus propias áreas designadas. Por ello, a la hora de estimar la superficie protegida de cada comunidad autónoma, ha sido necesario crear una capa *plana* que no contenga solapamientos para garantizar que no hay un doble cómputo de superficie protegida.

noma teniendo en cuenta el año en el que entró en vigor el estatus actual de protección, es decir, un área protegida designada en 1996 formará parte de la superficie protegida a partir de ese año, pero no en los años anteriores. De esta forma, es posible disponer de la evolución temporal de la superficie protegida entre 1995 y 2018 en España y en cada una de las regiones que la componen.

La valoración de esta superficie de las áreas protegidas se realiza aplicando los precios de la superficie de pastizales obtenidos a partir de la encuesta de precios de la tierra (véase epígrafe 6.3.2). Evidentemente, podría utilizarse un precio más elevado, pues el valor de estas áreas debería ser superior, teniendo en cuenta los ecosistemas y la biodiversidad que concentran. Sin embargo, al no disponerse de información ni de una metodología ampliamente aceptada para estimar su precio o valor, se ha preferido utilizar un precio que estaría situado en el límite inferior del rango o intervalo de estimaciones posibles. Esta es la misma decisión tomada por el Banco Mundial para elaborar sus series de capital natural. No obstante, hay que tener presente este supuesto a la hora de interpretar los resultados, pues desde una perspectiva más amplia o más cercana a la ecología o las ciencias de la naturaleza, estos precios no estarían considerando algunos de los servicios prestados por estos ecosistemas en lo referente a su participación en distintos procesos o ciclos naturales (ciclo de nutrientes, control de la erosión, retención de carbono, etc.) o su papel como parte del patrimonio cultural y estético (véase Comisión de Expertos sobre Transición Energética 2005).

6.3.4. Estimación del valor de los recursos energéticos y minerales

El Banco Mundial considera como capital natural los activos del subsuelo no renovables. En este grupo incluye los recursos energéticos fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y los minerales metálicos (bauxita, cobre, oro, mineral de hierro, plomo, níquel, roca de fosfato, plata, estaño y cinc). Ambos grupos constituyen un tipo singular de activos ambientales que pueden extraerse y utilizarse en actividades económicas. Dado que no pueden renovarse, es de particular interés valorar el *stock* existente, teniendo en cuenta la tasa de extracción y agotamiento de esos activos, de

forma que sea posible analizar la sostenibilidad de las industrias que los explotan. La valoración del *stock* y de los flujos de recursos minerales y energéticos permite establecer su relación con agregados monetarios tales como el valor agregado y el excedente de explotación de las industrias extractivas.

En el caso de España y sus comunidades autónomas, la estimación va a cubrir los mismos recursos energéticos y los siguientes minerales metálicos: cobre, oro, mineral de hierro, plomo, níquel, plata, estaño, cinc y wolframio. En este segundo grupo, se ha añadido el wolframio, a diferencia del Banco Mundial, que no lo incluye en sus estimaciones, y se han descartado la bauxita y la roca de fosfato, cuya producción es actualmente nula en España.

La estimación del *stock* de recursos energéticos y minerales del subsuelo se realiza de forma similar a la de los recursos madereros. El valor del *stock* de los activos naturales del subsuelo se obtiene como el valor presente descontado de las rentas futuras que pueden generarse a partir de su extracción hasta el momento de su total extinción. Este valor, V_t , puede calcularse como:

$$V_t = \sum_{i=t}^{t+T-1} \frac{\bar{R}_i}{[1+r]^{it}} \quad (6.4)$$

donde \bar{R}_i es la media móvil de cinco años de la renta derivada de la producción de estos recursos del subsuelo (desde el año $t-4$ al año t); r es la tasa de descuento (se supone un 4%); y T representa la vida del recurso considerado, teniendo en cuenta la cantidad de reservas disponibles en cada caso. Al igual que en el caso de los activos madereros, dicha renta, R_t , se define como,

$$\bar{R}_t = \sum_{i=t-4}^t \frac{[Q \times P_i] \times a_i}{5} \quad (6.5)$$

siendo Q la cantidad extraída de cada recurso (energético o minerales metálicos), P_i el precio de dicho recurso y a_i la fracción de valor que se considera renta del valor de la producción (obtenida multiplicando precios por cantidades extraídas o bien a partir de

las cifras oficiales de producción publicadas). Esta última ratio, renta/producción, se obtiene directamente de los datos de contabilidad nacional de España del INE, utilizando la proporción que el excedente bruto de explotación (ajustado para que no incluya la parte de las rentas mixtas correspondientes al factor trabajo) representa sobre la producción total del sector de *industrias extractivas*, que incluye la extracción de este tipo de recursos minerales y energéticos. Esa proporción se mueve alrededor del 20% de la producción durante los años comprendidos entre 1995 y 2018. La desagregación ofrecida por la contabilidad nacional no permite distinguir un valor distinto de a para cada tipo de recurso, por lo que se utiliza el mismo valor para todos los tipos considerados en la estimación.

Así pues, para poder aplicar este método de estimación, se necesita, en primer lugar, la producción de cada uno de estos recursos, es decir, la cantidad de material extraído y su precio para valorarlo. En segundo lugar, también es necesario disponer de información sobre la vida total de cada tipo de recurso. El Banco Mundial utiliza, para ello, la información sobre reservas disponibles de cada activo. La comparación entre las reservas existentes y la extracción anual de cada activo permite estimar el número de años que quedan hasta la extinción total del recurso, cifra que aproxima el valor de T .

Las principales fuentes de información para la obtención de datos de producción y su valor o precios son la publicación *Panorama Minero* y la Estadística Minera Anual, ambas elaboradas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME 2021a, 2021b). Se trata de dos publicaciones anuales que contienen los principales datos de usos, producción nacional, comercio exterior, producción mundial y precios de las sustancias minerales producidas en España. Ambas fuentes ofrecen información sobre la extracción (en unidades físicas) y el valor de los recursos energéticos (petróleo, gas natural y carbón) y también de los siguientes metales y minerales: cobre, oro, mineral de hierro, plomo, níquel, plata, estaño, cinc y wolframio, que como ya se ha indicado, son los que se van a considerar en nuestras estimaciones. En el caso de los hidrocarburos, también se ha tenido en cuenta la información recogida en las series estadísticas de la Corporación de Reservas

Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES)³¹ y en la base de datos internacional *International Energy Statistics*, publicada por el US Energy Information Administration (EIA 2021).

Una vez recogidos los datos de producción y los precios de estos minerales, es posible disponer de una estimación del valor de dicha producción y de la parte de la misma que puede considerarse renta, es decir, la parte que resulta de descontar los consumos intermedios o gastos en los que se incurre para llevar a cabo la actividad minera de extracción.

Por otro lado, para poder aplicar la expresión (6.4), también se necesita disponer de información sobre el número de años en los que esas rentas estimadas van a poder obtenerse en el futuro, es decir, el valor de T . El Banco Mundial estima este dato a partir de la información de reservas ofrecida principalmente por la base de datos internacional *International Energy Statistics*, publicada por el US Energy Information Administration, las estadísticas anuales publicadas por British Petroleum (BP), la información ofrecida por el *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* (BGR) alemán y la contenida en las publicaciones USGS *Minerals Yearbooks* y *Mineral Commodity Summaries*. El Banco Mundial calcula la ratio entre las reservas disponibles y el volumen anual de extracción para estimar el valor de T . Sin embargo, en muchos casos, para aquellos países para los que las fuentes citadas no ofrecen información sobre las reservas disponibles, aplica un valor promedio de T mundial o regional. Esta no parece la mejor solución, dada la diversidad de reservas que pueden existir en los distintos países, y que pueden no tener ninguna relación con el volumen de reservas mundial o de su región. Por este motivo, y dado que en muchos casos estas fuentes de datos no ofrecen información específica para nuestro país, la selección del valor de T se ha hecho de forma algo distinta, teniendo en cuenta las características y particularidades propias del sector de la minería en España. A

³¹ CORES es una Corporación de derecho público sin ánimo de lucro, tutelada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, con personalidad jurídica propia, que actúa en régimen de Derecho Privado. En diciembre de 2013, CORES fue designada Entidad Central de Almacenamiento según la definición establecida en la Directiva 2009/119/CE y en sus órganos de gobierno están representados tanto la Administración como el sector petrolífero y de gas natural.

continuación, se exponen las decisiones tomadas en este ámbito para cada tipo de recurso.

En el caso de los minerales metálicos, la publicación *Panorama Minero* del IGME ofrece datos de reservas y recursos existentes en España procedentes de distintos Inventarios Nacionales de Recursos que se han ido elaborando sobre los distintos minerales metálicos y de la información suministrada por las empresas a cargo de la explotación de las principales minas en las que se lleva a cabo la extracción. Sin embargo, las ratios que se obtienen al comparar estas cifras de reservas con la producción anual de los distintos minerales son muy irregulares e incluso erráticas en algunos casos. Este comportamiento se debe a que el sector de la minería metálica se caracteriza por su elevada variabilidad, cuya actividad depende, en gran medida, de la evolución de los precios internacionales, de decisiones geopolíticas de determinados países productores, de cuestiones legislativas, de la existencia de conflictos sindicales, etc. Todas estas razones hacen imposible estimar la vida media de los recursos de minerales metálicos en España a partir de esta información. Por esa razón, y después de realizar una consulta con expertos del IGME, se ha tomado la decisión de considerar una vida media de 12 años para todos los minerales metálicos considerados. Esta decisión se debe a que, en general, el plazo de explotación de una mina se sitúa entre los 10 y los 15 años en nuestro país. Ese es el período considerado como útil o activo que suelen tener en cuenta las empresas del sector a la hora de llevar a cabo las inversiones necesarias para iniciar o proseguir la explotación de un yacimiento. Por tanto, en nuestra estimación vamos a suponer que a las explotaciones activas actualmente como mucho les quedan 12 años de viabilidad. Evidentemente, esa cantidad de años puede ampliarse si futuras mediciones o estudios permiten aumentar las posibilidades de extracción de una determinada explotación por un número mayor de años, aunque también habría que contar con los permisos legales para hacerlo. Sin embargo, al no disponerse de esta información para el futuro, la opción más conservadora y prudente de cara a no sobreestimar el valor del *stock* de minerales metálicos es la finalmente seleccionada. En este caso, las rentas anuales se han mantenido constantes a partir de 2019 utilizando un promedio de los últimos cinco

años. No obstante, hay que tener en cuenta que este supuesto podría no ser realista si se producen mejoras tecnológicas en la extracción de los distintos minerales, o si existen cambios en la demanda de los mismos al surgir nuevos usos o al ser sustituidos por otros materiales, etcétera.

El caso de los recursos energéticos (carbón e hidrocarburos) es distinto, al tratarse de fuentes energéticas que se prevé que vayan a ser sustituidas por otras fuentes renovables y/o más limpias en un futuro que cada vez parece más próximo. En este caso, la consideración de una vida de las explotaciones de 12 años también resulta adecuada, pero con la inclusión de algunas restricciones que hay que tener en cuenta a la hora de estimar el valor del *stock* de estos productos.

En el caso de las reservas de carbón, a pesar de que los datos³² de reservas existentes permitirían continuar con la extracción de carbón durante años, hay que tener en cuenta la legislación vigente y los distintos planes de descarbonización que en los últimos años se han impulsado a nivel nacional e internacional y que van encaminados a la desaparición de las explotaciones mineras del sector. En el caso español, el 31 de diciembre de 2018 cesó la actividad de la minería del carbón como resultado de la aplicación de la Decisión del Consejo de la UE relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas no competitivas (2010/787/UE). Aunque alguna de las explotaciones ofrecía posibilidades de continuidad, la perspectiva del cierre de las centrales térmicas de carbón en un plazo relativamente corto ha hecho que ninguna explotación continúe con la extracción. Así pues, y aunque no puede decirse que todas las explotaciones se encuentren cerradas, ya que el cierre de una mina requiere una serie de trabajos de desmantelamiento, restauración, seguridad, etc., desde el punto de vista de la producción, sí se podrían considerar finalizadas. Por tanto, a pesar de que existen reservas y de que su explotación sería

³² Existen diversas fuentes que ofrecen información específica para España sobre las reservas de carbón, como el último Inventario Nacional de Recursos del Carbón, realizado por el Ministerio de Industria y Energía en 1992, la base de datos internacional International Energy Statistics, publicada por el US Energy Information Administration o las estadísticas anuales publicadas por BP.

posible, siempre que fuera viable técnica, ambiental y económicamente, en la actualidad no se da esa circunstancia, por lo que en la estimación del valor del carbón que aquí se presenta, las rentas generadas a partir de 2019 son nulas.

En el caso del petróleo y el gas natural,³³ ocurre algo parecido. La apuesta de la Comisión Europea por las energías limpias y las mejoras esperadas en la generación de las mismas en los próximos años hace que se espere una reducción importante de las rentas generadas por ambos recursos en los próximos años hasta su desaparición. Además, en España la mayor parte de las concesiones de explotación en este ámbito (con la única excepción del proyecto Viura en La Rioja) están llegando al final de su vida útil, con producciones decrecientes y yacimientos prácticamente agotados. Por estas razones, vamos a suponer que ambos recursos energéticos van a extraerse en nuestro país únicamente hasta 2030 y de forma decreciente, aplicando la evolución de los últimos años. Por tanto, a partir de ese año, las rentas generadas por la extracción de los mismos pueden considerarse despreciables. Sin embargo, hay que tener presente que cambios en las condiciones actuales, como cambios en los precios de los hidrocarburos y, por tanto, en su rentabilidad, o las modificaciones que pueda finalmente introducir la Ley de Cambio Climático y Transición Energética en esta área, podrían alterar estos supuestos.

³³ En este caso, la información sobre las reservas disponibles en España puede obtenerse de las series estadísticas de CORES y de la base de datos internacional *International Energy Statistics*, publicada por el US Energy Information Administration (EIA). Las series de CORES ofrecen datos de reservas de recursos de petróleo desde 1996 y de gas natural desde 2004 hasta la actualidad, mientras que la US EIA publica datos de reservas de crudos de petróleo desde 1995 hasta la actualidad y de gas natural desde 1990 hasta 2015.

7. La cuantificación del valor del capital natural en España

7.1. Valor agregado del *stock* de capital natural

Como ya se ha señalado en el capítulo anterior, el producto interior bruto (PIB) per cápita se utiliza frecuentemente como una medida del nivel de vida o bienestar de un país o región. Sin embargo, el PIB no es una medida satisfactoria del bienestar de un país y, por tanto, su crecimiento no tiene por qué comportar necesariamente una mejora del mismo. Por ejemplo, una evolución positiva del PIB puede tener como resultado una pérdida importante de capital natural, lo que puede reducir el bienestar futuro. En la actualidad, son numerosas las iniciativas que buscan promover el diseño de medidas alternativas o complementarias al PIB que permitan tomar en consideración otros aspectos del desarrollo y el bienestar. Incluso una de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) número 17 de Naciones Unidas es la de «aprovechar las iniciativas existentes para elaborar indicadores que permitan medir los progresos en materia de desarrollo sostenible y complementen el producto interior bruto, y apoyar la creación de capacidad estadística en los países en desarrollo» (véase figura 5.2).

Las principales contribuciones sobre las orientaciones a seguir para elaborar nuevos indicadores que vayan más allá del PIB se basan, principalmente, en la ampliación de las actividades con capacidad de generar valor (también las que quedan fuera del mercado) y en la consideración de la sostenibilidad temporal de los flujos de los que depende el bienestar a lo largo del tiempo,

teniendo en cuenta la situación de los *stocks* de riqueza que los generan e incluyendo en ellos no solo los edificios, infraestructuras y equipamiento, sino también los recursos naturales (Nordhaus y Tobin 1973; Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009; Coyle 2015; Jorgenson 2018; Pérez y Uriel [dirs.] 2023). En este sentido, la riqueza agregada de un país podría ser un indicador del nivel de bienestar que complementa la imagen que ofrece el PIB, que recoge el flujo de renta generada cada año, pero no tiene en cuenta el *stock* de bienes de los que dispone la economía y la sociedad, y que, en última instancia, son claves para determinar la capacidad futura de las economías de crecer y dotar a sus habitantes de niveles de bienestar aceptables. Por otro lado, la medición de la riqueza debe incorporar no solo el capital acumulado en activos más tradicionales, sino también otro tipo de capitales, como el valor del suelo urbano, el capital humano, el capital social o el natural.

Teniendo esto en cuenta, la estimación del capital natural en un marco que respete las normas contables del sistema de cuentas nacionales (SCN) permite ampliar y complementar la información disponible sobre la actividad económica de un determinado país o región, pues ofrece la posibilidad de introducir en los análisis de crecimiento la evolución de los recursos naturales, y con ella, el concepto de sostenibilidad. Desde esta perspectiva, la inclusión del capital natural en los ejercicios de contabilidad del crecimiento tiene efectos sobre la medición de la denominada productividad total de los factores (PTF) (véase Solow [1956, 1957] y Jorgenson [1995]), que puede verse incrementada o reducida dependiendo de si el capital natural crece con menor o mayor intensidad que el capital producido (Brandt, Schreyer y Zipperer 2017), que es el que habitualmente se contempla en este tipo de análisis. Por tanto, la inclusión del capital natural permite valorar de forma más precisa los factores en los que se apoya el crecimiento económico. Al mismo tiempo, la medición del capital natural y de la riqueza agregada permite disponer de información para elaborar indicadores de bienestar más completos, pues la riqueza con que cuenta un país (incluyendo los recursos naturales) debe ser mantenida a lo largo del tiempo para garantizar ciertos niveles de bienestar entre la población en el futuro.

En el caso español, existen distintas estimaciones nacionales sobre el *stock* de capital en activos producidos (INE 2021d; Fundación BBVA e Ivie 2020, 2021a), el capital humano (Fundación Bancaja e Ivie 2014; Fundación BBVA e Ivie 2021b), el capital social (Fundación BBVA e Ivie 2015) y el capital suelo asociado a las áreas urbanas (situado bajo viviendas o locales comerciales o industriales) (Fundación BBVA e Ivie 2012; Uriel y Albert 2012), pero no sobre el valor del capital natural.³⁴ La estimación aquí realizada permite cubrir esta laguna de información, ofreciendo una valoración de los recursos naturales en España y sus regiones, así como información sobre su evolución a lo largo de las últimas décadas. El análisis de los datos nacionales se lleva a cabo en este capítulo, mientras que la desagregación geográfica de los mismos se deja para el capítulo siguiente.

Como se observa en el gráfico 7.1, el valor del capital natural español agregado en 2018 era de 467.558 millones de euros corrientes.³⁵ Si se compara con el valor en 1995 (195.335 millones), su evolución ha sido positiva, pues su valor se ha multiplicado por 2,4 entre ese año y 2018, sin que se observe ningún año de retroceso. Sin embargo, si eliminamos el efecto de los precios (panel *b* del gráfico 7.1), los resultados indican que el volumen de recursos naturales se ha mantenido más o menos constante en los años considerados, situándose en valores cercanos a los 430.000 millones de euros de 2015. En este caso, la variación experimentada por el capital natural es ligeramente negativa, aunque ni siquiera supera el -0,5% acumulado entre 1995 y 2018.

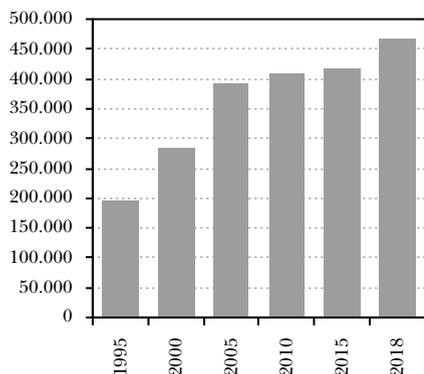
Si su evolución se analiza en términos per cápita, lo que podría considerarse como un indicador de crecimiento sostenible a largo plazo, se observa que el capital natural por habitante se reduce entre 1995 y 2018, principalmente entre 1995 y 2010 (gráfico 7.2).

³⁴ Hay que tener en cuenta que esta medida del valor del capital natural presenta ciertas limitaciones. Entre ellas, se encuentra el hecho de no considerar algunos recursos naturales como los hídricos, los pesqueros, etc. (véase el epígrafe 6.2 del capítulo 6). Por otro lado, la estimación realizada se basa en unos supuestos concretos (basados principalmente en el marco establecido por el SEEA Central Framework) que, en caso de modificarse, podrían dar lugar a estimaciones diferentes.

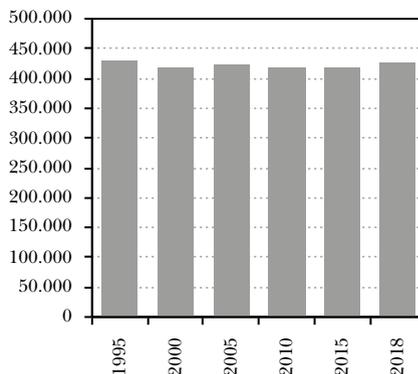
³⁵ Téngase en cuenta que esta estimación únicamente incluye los recursos naturales enumerados en el cuadro 6.2 del capítulo 6.

GRÁFICO 7.1: Stock de capital natural agregado. España, 1995-2018

a) Millones de euros corrientes



b) Millones de euros constantes de 2015

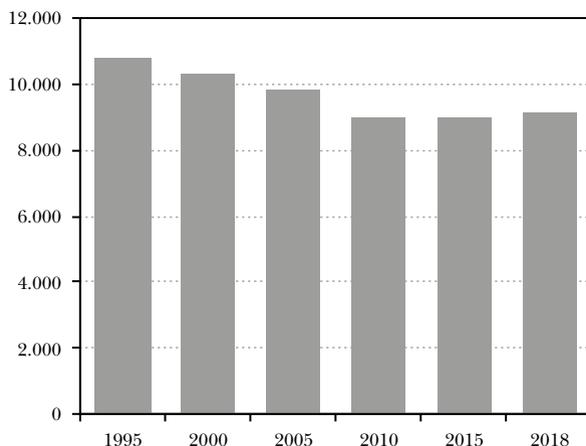


Fuente: Elaboración propia.

A partir de ese año, las dotaciones de capital natural per cápita se han mantenido, situándose algo por encima de los 9000 euros (de 2015) por habitante. Este resultado se debe, principalmente, a la evolución de la población en esos años, que se incrementó mucho en el período expansivo que va desde 1995 hasta 2008 gracias a los enormes flujos de población que recibió España del exterior, y se estabilizó a partir de entonces, coincidiendo con la crisis económica y posterior recuperación (Goerlich *et al.* 2015). La evolución conjunta de ambas magnitudes hace que, con el paso del tiempo, el capital natural por habitante se haya reducido en España más de un 15% desde 1995, comprometiendo desde este punto de vista el crecimiento económico y el bienestar de las futuras generaciones.

También merece la pena comparar la evolución del capital natural con la de la actividad económica. Ambas informaciones se complementan, ya que, para conocer la salud de una economía, es necesario fijarse no solo en datos de flujos de actividad como el PIB, sino también en información sobre el capital o la riqueza disponible, pues de este último va a depender la capacidad de crecer en el futuro. Y entre esa riqueza se encuentra el capital natural. En

GRÁFICO 7.2: Stock de capital natural per cápita. España, 1995-2018
(euros de 2015 por habitante)



Fuente: Eurostat (2021d) y elaboración propia.

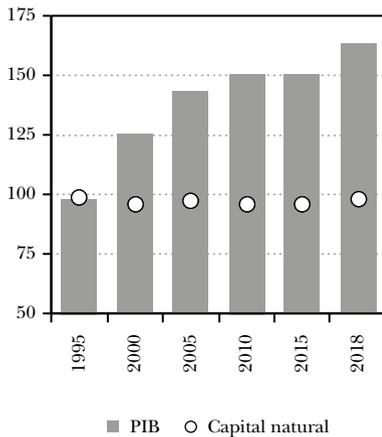
general, el papel de los recursos naturales en la producción no se tiene en cuenta en los análisis habituales de crecimiento económico. Aunque las rentas generadas a partir de algunos de estos recursos se incluyen en el PIB, el papel del capital natural como un *input* productivo más suele ignorarse. Sin embargo, su inclusión en los análisis de crecimiento supone un avance importante para estudiar la sostenibilidad del desarrollo económico y los pilares en los que este se basa.³⁶

El gráfico 7.3 muestra conjuntamente la evolución del PIB y del *stock* de capital natural, así como su ratio. Mientras el PIB, a pesar del parón que supuso la crisis financiera, se ha multiplicado por 1,6 entre 1995 y 2018 en términos reales, el capital natural se ha mantenido prácticamente constante en esos años. Esta no es una mala noticia, ya que indica que el crecimiento económico del país no ha comportado una pérdida de capital natural, sino que este se ha mantenido. No obstante, en este punto hay que recordar que

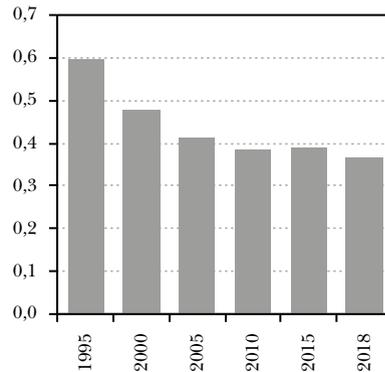
³⁶ Distintos trabajos demuestran la contribución explícita del capital natural al crecimiento económico. Véase, por ejemplo, Brandt, Schreyer y Zipperer (2014, 2017), Cárdenas, Haščič y Souchier (2018) o Banco Mundial (2018b).

GRÁFICO 7.3: Evolución del stock de capital natural y actividad económica. España, 1995-2018

a) Capital natural y PIB reales
(1995 = 100)



b) Ratio capital natural/PIB
(euros de 2015 por unidad de producto)



Fuente: Eurostat (2021b) y elaboración propia.

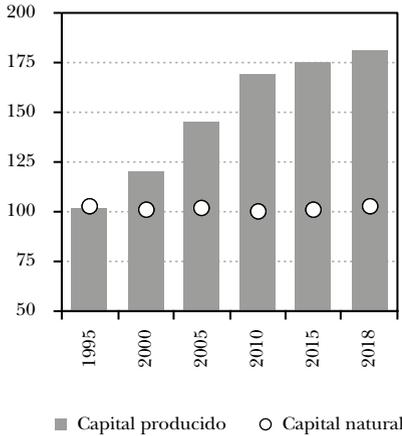
la estimación aquí realizada es parcial y no incluye todos los activos medioambientales que podrían considerarse, sino aquellos cuya valoración resulta operativa con la información disponible. Con esta salvedad, vale la pena resaltar el hecho de que la ratio de capital natural sobre el PIB ha seguido un perfil decreciente en las últimas décadas, pero ello ha sido causado principalmente por el aumento del denominador, por lo que el aumento de la actividad económica no ha comportado una merma significativa en el capital natural, al menos no en el incluido en nuestra estimación.

La comparación entre la evolución del capital natural y la población o el PIB ofrece información muy valiosa sobre la capacidad de crecimiento sostenible de la economía a largo plazo y permite diseñar planes de acción para darle continuidad en función de su evolución reciente.

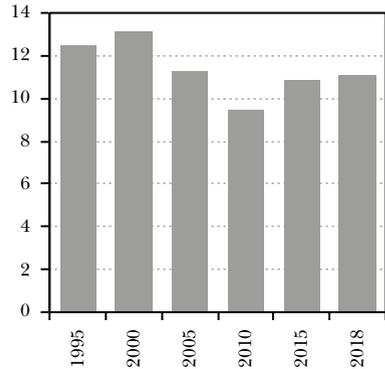
Las cuentas nacionales, aunque no toman en consideración el valor del capital natural, sí consideran otro tipo de capitales acumulados en activos como viviendas, otras construcciones o infraestructuras, equipo de transporte, maquinaria, e incluso algu-

GRÁFICO 7.4: Stock de capital natural y stock de capital producido (activos SCN). España, 1995-2018

a) Evolución del capital natural y producido (1995=100)



b) Capital natural/Capital producido (porcentaje)



Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a) y elaboración propia.

nos activos intangibles reconocidos como tales por el SCN (*software*, I+D, y otros), es decir, en todos aquellos activos que podrían denominarse *producidos* en contraposición a los naturales. Este es el tipo de activos cuya depreciación sí se considera en el diseño de las cuentas del SCN. Si el valor nominal del capital acumulado en recursos naturales se compara con este *stock* de capital más tradicional, formado por activos producidos, se observa que en 2018 supone un 11,1% del mismo, si bien su peso era algo mayor en los primeros años del período estudiado (gráfico 7.4). El notable esfuerzo inversor de la economía española en la etapa expansiva comprendida entre 1995 y 2007 hizo que el *stock* acumulado en activos producidos creciera mucho en esos años (Mas *et al.* 2018; Perez y Mas [dirs.] 2020), provocando la reducción de la ratio capital natural/capital producido. A partir de 2008, con los recortes en la inversión que trajo consigo la crisis, el crecimiento del *stock* de activos producidos empezó a frenarse, lo que ha hecho que el valor de los recursos naturales se sitúe desde 2015 en el entorno del 11% del valor del capital producido tradicional. Sin embargo,

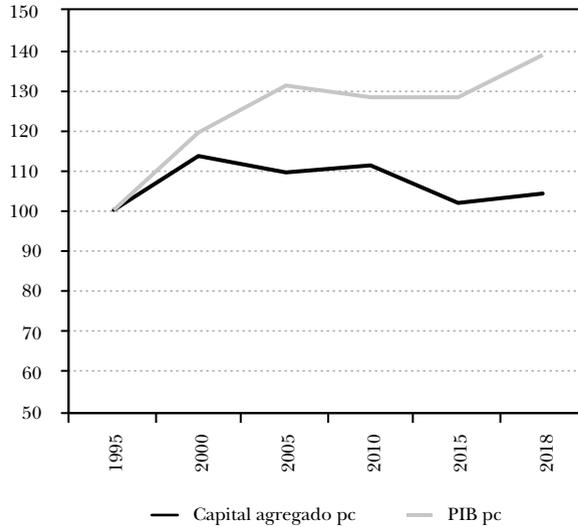
este resultado no implica que el capital natural sea poco importante en España, pues su peso sobre el capital producido es más del doble del que tienen algunos activos como el equipo de transporte o las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) (5,2 y 4,3%, respectivamente).

Además del capital producido, existen otro tipo de capitales, junto con el natural, que deberían considerarse a la hora de medir la riqueza de la que dispone un país, definida como la base productiva sobre la que sustentar el crecimiento actual y futuro y de la que, por tanto, van a depender los niveles de bienestar de las generaciones del mañana. En la base de datos del Banco Mundial, el capital natural se agrega junto con el capital producido y el capital humano para obtener una aproximación a la riqueza o capital³⁷ disponible en cada país, sobre el que se basa la generación de valor añadido. Naciones Unidas (UNEP 2018) utiliza una aproximación similar en la elaboración de su índice de riqueza inclusiva (IWI).

En el caso de España, además del capital producido, también disponemos de información actualizada sobre el capital humano (Fundación BBVA e Ivie 2021b), por lo que es posible calcular esa riqueza agregada definida de la misma forma. El gráfico 7.5 muestra la comparación entre esta medida de la riqueza agregada y el PIB per cápita en términos reales entre 1995 y 2018. Como se observa, el crecimiento de ambas magnitudes es muy similar entre 1995 y 2000, pero a partir de ese año ambos perfiles se separan. Mientras el PIB per cápita sigue creciendo hasta 2005 para estancarse a partir de entonces como consecuencia de la crisis financiera y volver a crecer los últimos años con la recuperación iniciada en 2014, el capital agregado se estanca ya entre el año 2000 y el 2010. Cae entre ese año y 2015 y crece muy ligeramente hasta 2018. Por tanto, aunque el crecimiento económico medido por la evolución del PIB per cápita ha sido positivo entre 1995 y 2018, multiplicándose dicha magnitud casi por 1,4, la evolución de la riqueza agregada por habitante ha sido mucho más modesta. Las

³⁷ El Banco Mundial (2018b) también tiene en cuenta los activos netos con el resto del mundo en su definición de riqueza o capital agregados. Sin embargo, en este análisis vamos a prescindir de esta magnitud.

GRÁFICO 7.5: Stock de capital agregado (natural + producido + humano) per cápita (pc) y PIB real per cápita. España, 1995-2018
(1995 = 100)



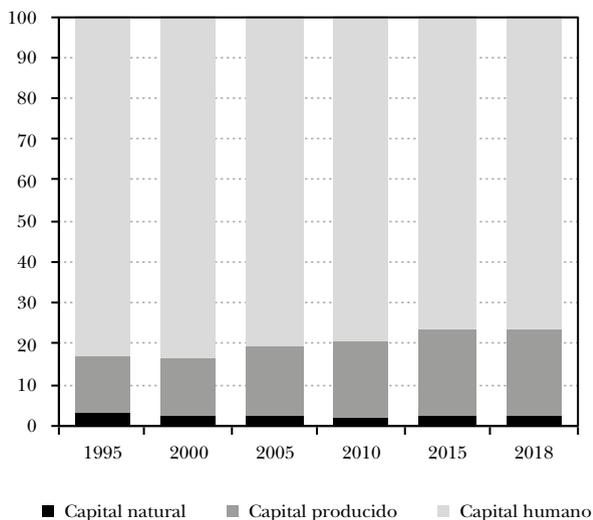
Fuente: Eurostat (2021b, 2021d), Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

dotaciones agregadas de capital per cápita ni siquiera llegan a crecer un 5% acumulado entre 1995 y 2018. Por tanto, de acuerdo con esta aproximación, la situación económica y la evolución de los niveles de bienestar de la economía española serían peores de los que se infieren de un análisis limitado a la evolución del PIB.

En cuanto a la importancia del capital natural en el capital agregado, su peso, como ya se ha visto, es muy inferior al del capital producido en nuestro país. Y todavía lo es más si se compara con el capital humano, que es el más importante de los tres. El capital natural representa, sobre la riqueza total, alrededor de un 2,2% durante el período analizado (gráfico 7.6).³⁸ Aunque su peso ha aumentado ligeramente (0,5 puntos porcentuales), el

³⁸ En este gráfico y en los siguientes de esta monografía, la desagregación porcentual de las distintas magnitudes monetarias se calcula a partir de las cifras nominales.

GRÁFICO 7.6: Estructura del capital agregado (natural + producido + humano). España, 1995-2018
(porcentaje)



Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

gran ganador de las últimas décadas ha sido el capital producido, que ha aumentado su peso en el agregado 6 puntos porcentuales. El tercer componente, el capital humano, ha experimentado una pérdida de peso a favor de los otros dos. Este resultado concuerda con el obtenido en otros estudios similares (UNEP 2018; Banco Mundial 2018b; Brandt, Schreyer y Zipperer 2017). Generalmente, el peso del capital producido es el que más ha aumentado en las últimas décadas en los países desarrollados, mientras que el capital natural y el humano han crecido de forma más modesta o incluso, en ocasiones, se han reducido. En el caso español, la reducción del capital humano se produce, principalmente, por el proceso de envejecimiento de la población en edad de trabajar, que es la que se tiene en cuenta para su cálculo. Cuanto más joven sea esa población, mayor será el número de años de vida laboral futura durante los que se van a generar rentas del trabajo y, en consecuencia, mayor será el capital humano. En España, el

aumento de la edad media de este grupo de población (de 38,4 años en 2000 a 42 en 2018) es el principal responsable de la caída de este tipo de capital (Serrano, Albert y Soler 2022).

El mayor dinamismo del capital producido en los países desarrollados concuerda con las conclusiones que se obtienen a partir del análisis de flujos de materiales. Como ya se comentó en el capítulo 4, los países que actualmente representan una parte menor de la extracción global de recursos son los más desarrollados, que ya disponen de un elevado nivel de *stock* de capital producido gracias a que en el pasado concentraron el grueso de la extracción mundial. Esta es la misma tendencia observada en los países más atrasados a medida que avanzan en los estadios del desarrollo económico. Estos países son los que ejercen, en la actualidad, una presión superior sobre los recursos naturales disponibles, con el objetivo de acumular nuevos capitales producidos sobre los que basar su crecimiento y alcanzar mayores niveles de bienestar de su población. Esto no implica necesariamente que un mayor crecimiento implique la destrucción de capital natural en favor de otros capitales, sino que se haga un uso más eficiente del mismo y se gestione de forma que permita invertir en otro tipo de activos que aumenten la productividad y el crecimiento económico.

A esta medida de riqueza agregada, formada por el capital producido, el humano y el natural, se les podría unir el capital social, es decir, el que recoge el valor de un conjunto de recursos presentes en las relaciones sociales (confianza, cooperación, credibilidad en las leyes, instituciones, etc.) y el capital que representa el suelo urbano, sobre el que se sitúan los edificios residenciales y otros edificios o construcciones no residenciales, como locales comerciales, oficinas, naves industriales, etc. Los trabajos del Banco Mundial y Naciones Unidas mencionan también el capital social, aunque no lo incluyen en su medida de riqueza debido a la falta de información internacional al respecto. Sin embargo, ninguna de las dos aproximaciones considera el capital que supone el suelo urbano. Desde nuestro punto de vista, un indicador que aproxime la riqueza de un país debería incorporar también el valor del suelo sobre el que se asientan las viviendas y otro tipo de construcciones, al igual que el capital natural incluye las tierras de cultivo y de pasto en su valoración.

En el caso de España, las estimaciones disponibles relativas al capital suelo de tipo urbano están muy desfasadas en el tiempo (Uriel y Albert 2012). Sin embargo, no incluir el valor del suelo urbano en la riqueza agregada supone prescindir de activos que tienen un elevado valor, especialmente en los países desarrollados, como es el caso de España. Por esta razón, y aunque en los análisis internacionales no suele incluirse, el gráfico 7.7 muestra la estimación de esta riqueza agregada incluyendo el valor del suelo urbano, que queda limitada a los años 1995, 2000, 2005 y 2010.³⁹ El hecho de considerar el valor del suelo urbano hace que la riqueza agregada aumente un 15,7% en 2010, último año disponible. No obstante, su evolución en términos reales es similar. El crecimiento acumulado entre 1995 y 2010 es del 11,5%, mientras que, sin considerar el capital suelo, este aumento era del 11,6%. Por tanto, las conclusiones al comparar la evolución de la riqueza agregada con la del PIB siguen siendo las mismas. Evidentemente, lo que sí va a cambiar es el peso del capital natural en el agregado, pues al considerar un tipo de capital adicional, la participación del resto se reduce. Así pues, ahora el capital natural supone unos porcentajes cercanos al 2%, pero sin superarlo ningún año. En concreto, en 2010 su participación en el agregado era del 1,7%. El capital suelo, por su parte, suponía un 13,6%, el capital producido, un 18%, y el capital humano, un 66,7%.⁴⁰

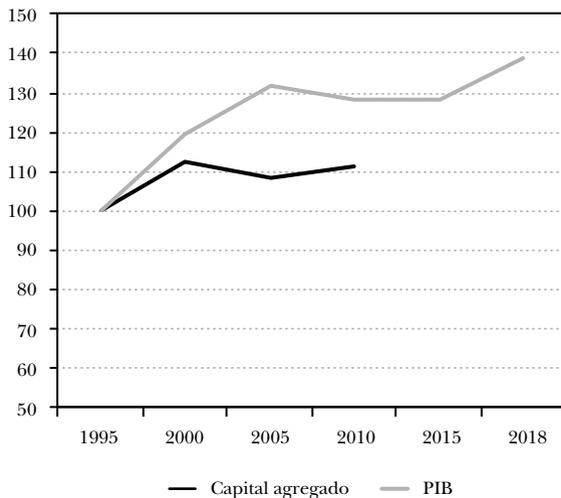
Aunque la inclusión del suelo urbano no comporta grandes cambios en cuanto a las conclusiones que es posible extraer del análisis de la riqueza agregada de España, sería interesante incorporarlo en las comparaciones con otros países, así como en el análisis regional, pues se trata de un activo más que debe tenerse en cuenta a la hora de comparar las bases productivas con las que cuentan los distintos territorios. Sin embargo, la no disponibili-

³⁹ La base de datos de la Fundación BBVA e Ivie (2012), a partir de la que se calculan los datos del valor del suelo urbano, tan solo ofrece información hasta ese año.

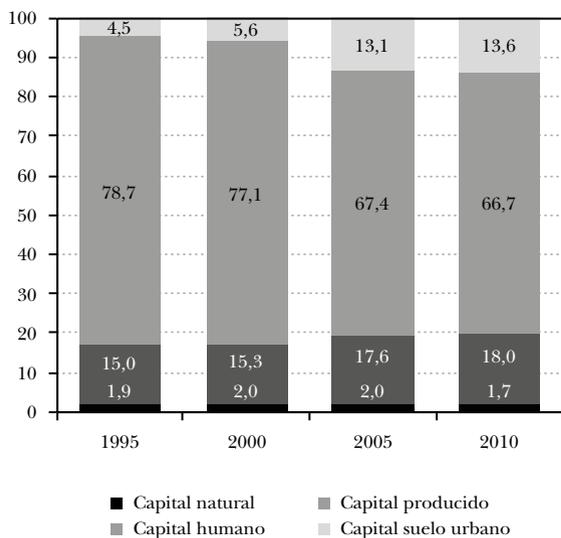
⁴⁰ Debido a que los resultados obtenidos no son muy diferentes si se considera el capital suelo urbano o si se prescinde de él, en el siguiente capítulo vamos a prescindir del mismo, ya que la información disponible por comunidades autónomas es más limitada y, de esa forma, nuestra medida de la riqueza es más similar a la empleada en el ámbito internacional. Aun así, el apéndice A.6 ofrece una estimación regional de esta medida de riqueza ampliada, que incluye el valor del suelo.

GRÁFICO 7.7: Stock de capital agregado ampliado (natural + producido + humano + suelo urbano). España, 1995-2018

a) Stock agregado y PIB per cápita
(1995=100)



b) Composición del capital agregado
(porcentaje)

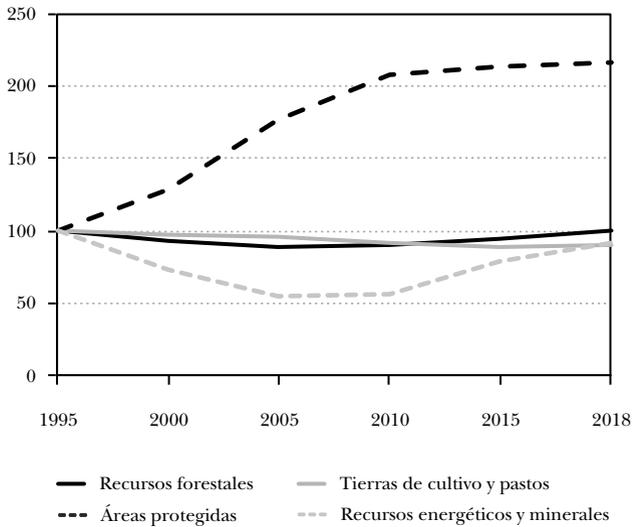


Fuente: Eurostat (2021b, 2021d), Fundación BBVA e Ivie (2012, 2021a, 2021b) y elaboración propia.

GRÁFICO 7.8: Stock de capital natural según tipo de activo. España, 1995-2018

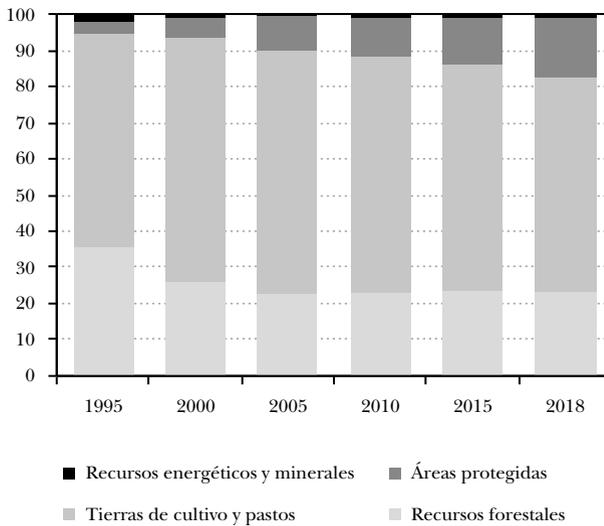
a) Capital real

(1995=100)



b) Composición por tipo de activo

(porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

dad de información sobre este activo a nivel internacional (y sus mayores limitaciones a nivel regional), hace que este ejercicio no sea posible y que ni el Banco Mundial ni Naciones Unidas se hayan planteado su inclusión en sus trabajos.

7.2. Composición del *stock* de capital natural

La evolución del capital natural agregado depende de la evolución seguida por cada uno de los recursos naturales considerados para su estimación. Este apartado se dedica, precisamente, al análisis de la composición del capital natural en España, así como de la evolución individual de cada tipo de activo. Esta información permite explicar el comportamiento observado a nivel agregado y los resultados obtenidos en el epígrafe anterior.

El capital natural se desagrega, según la definición seguida en nuestra estimación, en nueve activos individuales: recursos forestales madereros, recursos forestales no madereros, tierras de cultivo, tierras de pastos, áreas protegidas, petróleo, gas natural, carbón y minerales metálicos. Sin embargo, para simplificar el análisis, estos activos pueden clasificarse en cuatro grupos por sus similitudes: recursos forestales, tierras de cultivo y pastos, áreas protegidas y recursos energéticos y minerales. Los tres primeros pueden considerarse recursos renovables, mientras los recursos energéticos y minerales forman el grupo de recursos naturales no renovables. El gráfico 7.8 muestra la composición del capital natural en los años 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2018, así como la evolución real de cada uno de sus componentes. En el caso español, los recursos renovables son los que tienen un mayor peso, mientras que los no renovables suponen una parte muy pequeña del *stock* (no alcanzan ni un 1% del total). El componente más importante es el representado por las tierras de cultivo y pastos, que suponen en 2018 casi el 60% del capital natural total en España, un porcentaje similar al que tenía este grupo en 1995. En segundo lugar, los recursos forestales suponen un 23,3% en 2018, aunque su peso se ha reducido en más de 12,5 puntos desde 1995. Dicha pérdida de peso se corresponde con la ganancia experi-

mentada por el valor de las áreas protegidas, que en la actualidad suponen un 16,5% del total.

El análisis de la evolución del valor de cada tipo de recurso en términos reales (panel *a* del gráfico 7.8) sirve para explicar los cambios acontecidos en la estructura del capital natural ya comentados. Mientras el valor de las áreas protegidas se ha más que duplicado en los 23 años analizados, el valor del resto de recursos se ha mantenido o ha experimentado alguna reducción, especialmente importante en el caso de los recursos energéticos y minerales en los años intermedios del período analizado. Este aumento del valor de las áreas protegidas es positivo, no solo por los servicios que estos ecosistemas proporcionan a la sociedad en general, sino también porque suponen la base del ecoturismo o turismo de naturaleza, una actividad con gran potencial para generar riqueza en estas zonas y sus alrededores (Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación [SGAPC] 2017; Secretaría General de Turismo 2004).⁴¹

El detalle con el que se ha realizado la estimación del valor de los recursos naturales permite ampliar el análisis de la evolución de cada uno de forma individualizada, excepto en el caso de las áreas protegidas para las que la estimación se realiza de forma agregada, sin distinguir por tipos de protección. A esta tarea se destinan cada uno de los siguientes epígrafes, que se centran en el análisis de cada uno de los grupos de activos básicos analizados hasta ahora.

⁴¹ Según el Ministerio para la Transición Ecológica (García 2019), el impacto económico directo e indirecto del turismo de naturaleza en España es de 4479,3 millones de euros al año. Estos beneficios se generan en gran medida en el entorno de la Red Natura 2000.

7.2.1. Recursos forestales

Los recursos forestales pueden dividirse entre madereros y no madereros. Los primeros valoran las existencias de madera y leña en el territorio español, mientras los segundos incluyen distintos servicios ofrecidos por el terreno forestal, como servicios recreativos, de protección de cuencas hidrográficas, así como otros productos forestales no madereros que también pueden obtenerse de los bosques.

Entre los recursos forestales, los más importantes con diferencia son los no madereros (gráfico 7.9), es decir, aquellos servicios que son prestados por los bosques más allá de las actividades económicas de mercado asociadas a los mismos, más relacionadas con la extracción de madera y leña. En 2018 estos activos forestales no madereros tenían un valor de algo más de 100.000 millones de euros, el 93,2% del valor total de los recursos forestales, mientras la madera y la leña suponían solo el 6,8% (7.400 millones de euros). Al principio del período, en 1995, el peso de los recursos madereros era algo mayor (10,3%), pero han ido perdiendo importancia con el paso del tiempo, también en términos reales, como permite apreciar el panel *c* del gráfico 7.9. Entre 1995 y 2018, el valor de estos recursos se ha reducido un 20,2%, mientras que el valor del resto de servicios proporcionados por los bosques ha aumentado un 1,5%. Sin embargo, el valor de estos últimos también fue decreciente entre 1995 y 2007, lo que explica que su valor en 1995 sea muy similar al que tienen en 2018, último año analizado.

La valoración de los recursos forestales no madereros se ha realizado a partir del metanálisis llevado a cabo por Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015), que permitía fijar unos valores o precios para realizar la valoración de estos recursos. Estos precios se han ajustado conforme a la variación de los precios medios de la economía española para disponer del valor del capital en este tipo de recursos valorado a precios de cada año. Por esta razón, el análisis de la evolución de los mismos carece de interés, al coincidir con la del nivel general de precios de la economía en su conjunto. Por el contrario, en el caso de los recursos madereros, sí se han utilizado datos de precios reales de la madera y la leña extraída de los bosques. Como se observa en el panel *d* del grá-

fico 7.9 la evolución de dichos precios ha sido bastante irregular desde 1995. Crecieron hasta 2007, al igual que el resto de precios de la economía, aunque con alguna reducción en años puntuales, y siguieron un perfil descendente hasta el año 2013, en el que se situaron a un nivel similar al de 1995. Es posible que la crisis por la que atravesó España en esos años afectara a los precios del sector maderero, por sus interrelaciones con el sector de la construcción (Unión Empresarial de la Madera y el Mueble de España [UNE-madera] 2018). Desde ese año han regresado a una senda alcista. No obstante, el deflactor del agregado de recursos forestales está determinado por el correspondiente a los recursos forestales no madereros, que son los que más peso tienen en el agregado.

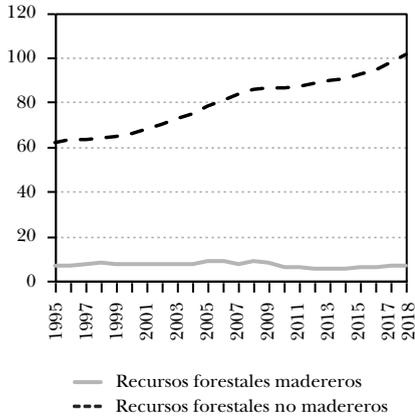
7.2.2. Tierras de cultivo y pastos

En el caso español, las tierras cultivadas y dedicadas a pastos y pastizales suponen el recurso natural más importante de los considerados en este trabajo. Ambos tipos de tierras suponían en 2018 casi el 60% del total de los recursos naturales valorados y ascendían, de forma conjunta, a casi 280.000 millones de euros. Evidentemente, la mayor parte corresponde a las tierras cultivadas, representando los pastos y tierras de aprovechamiento alrededor del 12% de este agregado (gráfico 7.10). A pesar de su elevado peso, no obstante, el valor de este recurso se ha reducido entre 1995 y 2018. El capital que supone la tierra dedicada a los cultivos ha experimentado un descenso acumulado en términos reales del 10,6%, mientras que el que supone la tierra dedicada a pastos se ha reducido un 8,5%. Su valor en 2018 era aproximadamente el 90% del valor que tenían en 1995. Sin embargo, el mismo análisis realizado en términos corrientes (teniendo en cuenta la evolución de los precios de la tierra) arroja unos resultados muy distintos, pues en ese caso el valor de estos recursos ha crecido a una tasa media anual del 4%. En este caso, el valor de las tierras de cultivo ha aumentado un 152% entre 1995 y 2018, mientras que el de las tierras de pastos y aprovechamientos lo ha hecho un 96,8% de forma acumulada. Estos resultados dependen de la evolución tanto de la superficie dedicada a cultivos y pastos como de los precios de cada tipología de tierra. El análisis de ambas variables permite ver cómo los precios se han incrementado notablemente

GRÁFICO 7.9: Valor y precios de los recursos forestales según tipo. España, 1995-2018

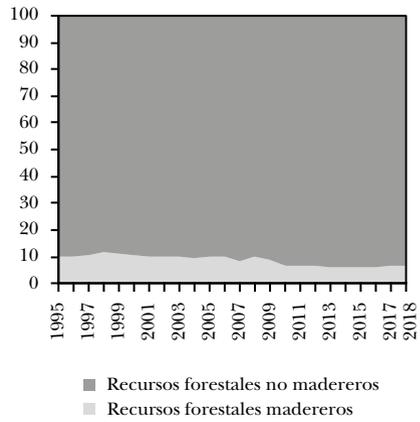
a) Valor nominal

(miles de millones de euros)



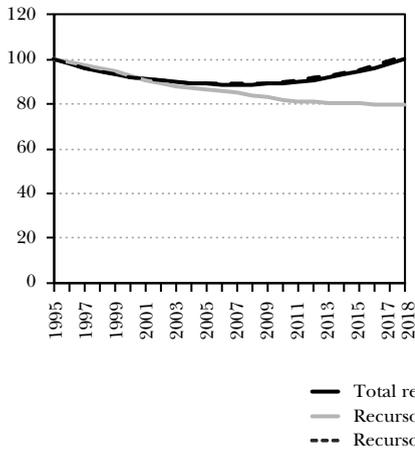
b) Composición por tipo de activo

(porcentaje)



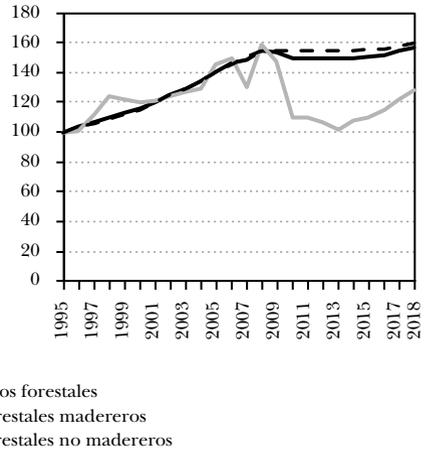
c) Evolución real

(1995 = 100)



d) Precios

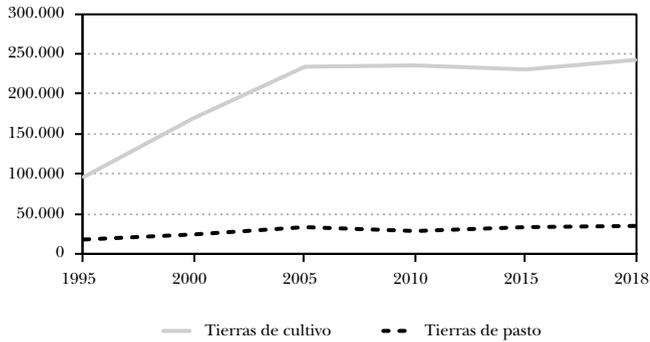
(1995=100)



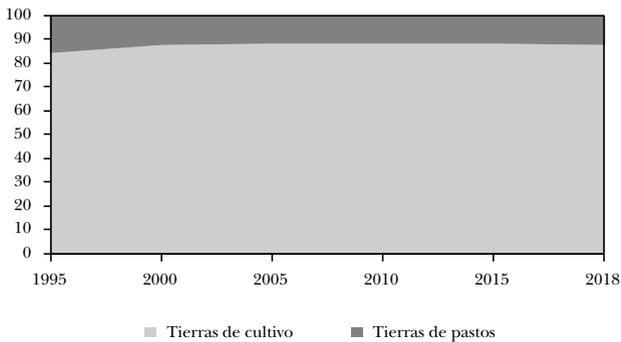
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 7.10: Valor de las tierras de cultivo y pastos. España, 1995-2018

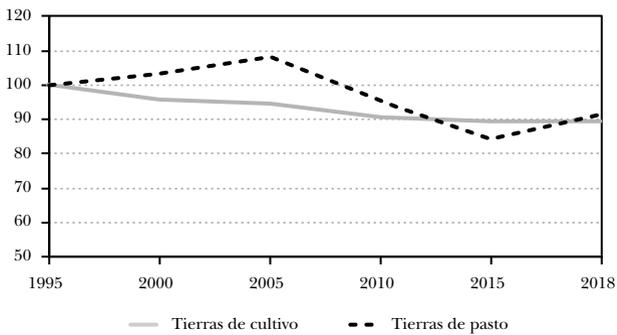
a) Valor nominal
(millones de euros)



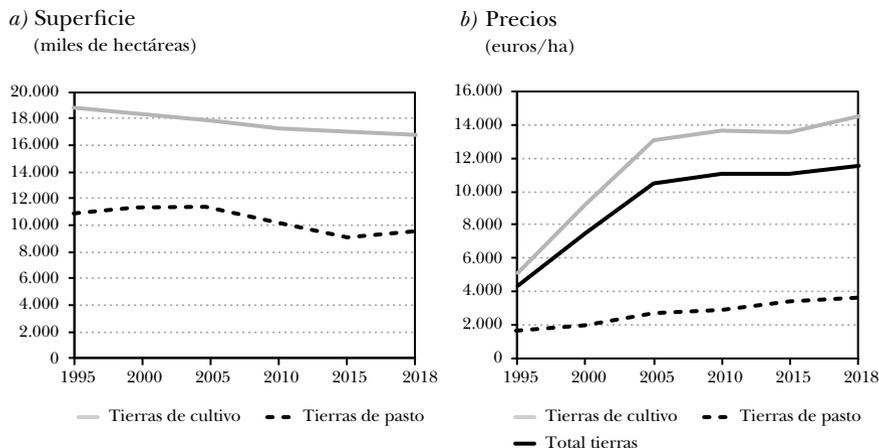
b) Composición por tipo de activo
(porcentaje)



c) Evolución real
(1995=100)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 7.11: Evolución de la superficie y los precios de la tierra dedicada a cultivos y pastos. España, 1995-2018

Fuente: MAPA (Anuario de Estadística, Encuesta de Precios de la Tierra) y elaboración propia.

en el período analizado, mientras que la superficie dedicada a cultivos y pastos ha seguido un perfil decreciente, algo más acusado en el caso de los pastos (gráfico 7.11).⁴² Llama la atención el aumento de los precios entre 1995 y 2005, especialmente en el caso de las tierras de cultivo.

Detrás de esta reducción de la superficie dedicada a cultivos están las tendencias más recientes en el ámbito de las actividades agrícolas, que se han enfrentado a cambios importantes en las últimas décadas, entre ellos, un intenso proceso de liberalización comercial que ha hecho necesario buscar distintas estrategias para ganar competitividad y mejorar la productividad de las explotaciones. La consecuencia ha sido el abandono de las tierras con menores rendimientos y la intensificación de las más productivas (Reig 2011).

La valoración de las tierras de cultivo se ha realizado considerando el mayor detalle de cultivos posible (además del detalle

⁴² Los precios de las tierras de pastos han sido empleados también para valorar la superficie de las áreas protegidas.

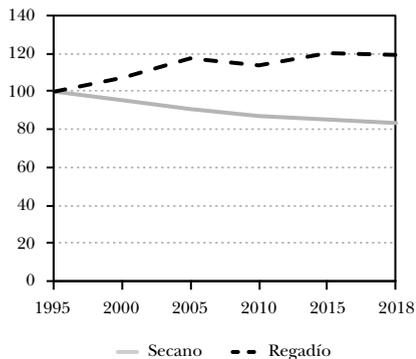
regional que se analizará en el capítulo 8), lo que permite ampliar el análisis de esta sección considerando las diferencias existentes entre la evolución de cada uno. En primer lugar, es posible distinguir entre el valor de las tierras de secano y de regadío. Como se aprecia en el gráfico 7.12, el peso de ambos tipos de plantaciones sobre el capital en tierras de cultivo es muy similar. Las tierras de regadío representan un 48% del total, mientras las de secano representan el 52% restante. En cuanto a su evolución real, se observa un aumento del valor de las tierras de regadío desde 1995, y un comportamiento opuesto del valor de las de secano. Esto explica, en parte, la pérdida de peso de estas últimas en el capital agregado. A pesar de tener un peso similar en términos monetarios, la superficie dedicada a cultivos de regadío es mucho menor que la destinada a cultivos de secano. En 2018 ni siquiera suponía una cuarta parte de la superficie de cultivo total. Sin embargo, sus mayores precios, que además muestran incrementos más acusados que los de las tierras de secano, explican ese mayor peso (gráfico 7.13). Incluso sin tener en cuenta la evolución de los precios, en términos reales el capital en tierras de cultivo de regadío está aumentando, mientras el de tierras de secano parece seguir una trayectoria opuesta (panel *a* del gráfico 7.12), conclusión que también puede derivarse de la evolución de la superficie dedicada a cada tipo de cultivo (panel *a* del gráfico 7.13). En general, la transformación de tierras de secano en regadío ha sido una estrategia empleada tradicionalmente en España con el objetivo de mejorar los rendimientos y los ingresos agrarios. Sin embargo, como indican diversos estudios (EEA 2006; OCDE 2019b), la expansión del regadío también conlleva ciertos efectos negativos sobre el medio ambiente (salinización y sobreexplotación de recursos hídricos, desaparición de zonas de humedales, contaminación, amenazas a la biodiversidad existente en otros tipos de cultivos no intensivos, etc.)

El gráfico 7.14 ofrece el detalle del valor de la tierra según el tipo de cultivo al que se dedica.⁴³ La mayor parte del valor se

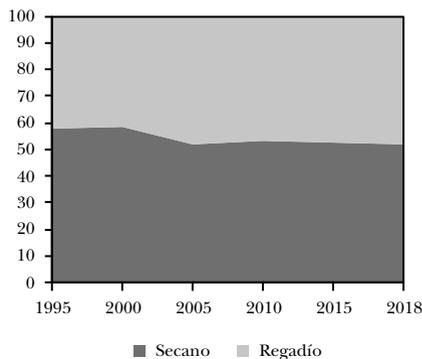
⁴³ Las tierras dedicadas al cultivo de hortalizas y frutos cítricos se clasifican siempre como tierras de regadío, mientras que los agregados de frutales no cítricos, viñedo y olivar incluyen tanto tierras de secano como de regadío.

GRÁFICO 7.12: Evolución del valor de la tierra dedicada a cultivos de secano y regadío. España, 1995-2018

a) Valor real
(1995=100)



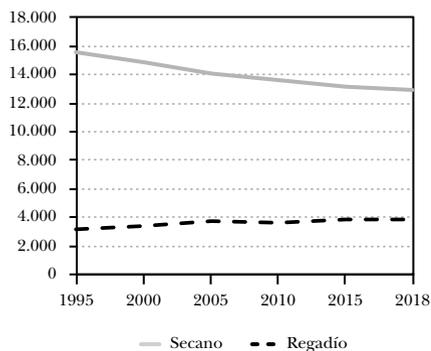
b) Composición del valor de la tierra
(porcentaje)



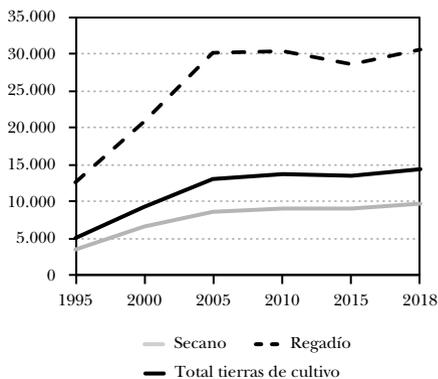
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 7.13: Evolución de la superficie y los precios de la tierra dedicada a cultivos de secano y regadío. España, 1995-2018

a) Superficie
(miles de hectáreas)



b) Precios
(euros/ha)

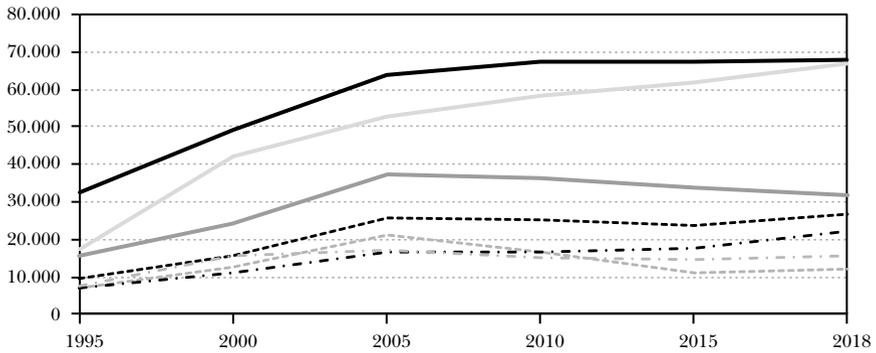


Fuente: MAPA (Anuario de Estadística, Encuesta de Precios de la Tierra) y elaboración propia.

**GRÁFICO 7.14: Evolución del valor de la tierra según tipo de cultivo.
España, 1995-2018**

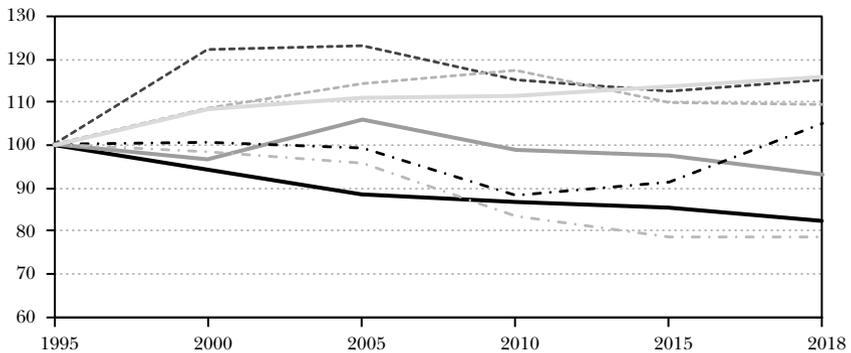
a) Valor nominal

(millones de euros corrientes)



b) Valor real

(1995=100)



— Tierras de labor de secano — Tierras de labor de regadío - - - Hortalizas, arroz y fresón
 - - - Frutales cítricos - · - Frutales no cítricos · · · Viñedo — Olivar

Fuente: Elaboración propia.

concentra en las tierras de labor⁴⁴ de secano (un 28% del total en 2018, casi 68.000 millones de euros), seguidas de las dedicadas a olivar (27,5% del total en 2018). A pesar de que en términos nominales el perfil de ambos grupos de cultivos es creciente, las tierras dedicadas a olivar han aumentado mientras las de labor se han reducido (panel *b* del gráfico 7.14). Con un peso inferior se sitúa el valor de las tierras de labor de regadío (13%) y las dedicadas al cultivo de hortalizas, arroz y fresón (11%). Las dedicadas al cultivo de frutales cítricos y no cítricos, así como a viñedo, tienen un valor inferior, suponiendo siempre un porcentaje del total inferior al 10%.

Si en lugar del peso sobre el agregado, se tiene en cuenta la evolución real del capital que suponen los diversos tipos de tierras de cultivo, los dos cultivos cuyo valor más ha aumentado son el olivar y las hortalizas, arroz y fresón, seguidos de los frutales. Las tierras dedicadas al resto de cultivos han visto reducida su valoración con el paso de los años, como muestra el panel *b* del gráfico 7.14. La misma conclusión puede extraerse si se observa la evolución de la superficie dedicada a cada uno de estos tipos de cultivos (gráfico 7.15).

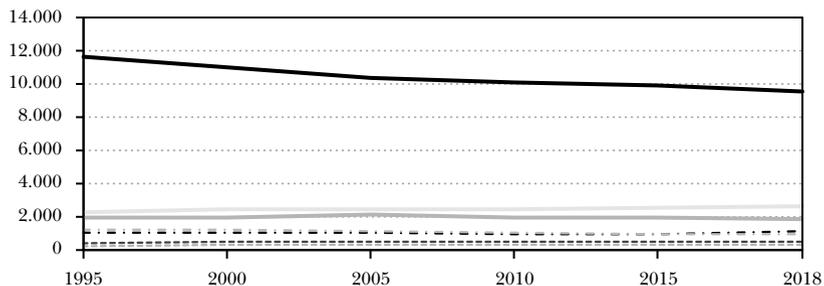
La evolución de los precios de la tierra, utilizados para realizar la valoración de este recurso natural, también presenta perfiles muy distintos dependiendo del cultivo al que se dedica la misma. Como se observa en el gráfico 7.15, los mayores precios corresponden a las tierras dedicadas al cultivo de frutales cítricos y a las de hortalizas, arroz y fresones, ambos tipos de regadío. Las tierras dedicadas a frutales cítricos alcanzaron su máximo en 2005, para descender después, mientras que las dedicadas al cultivo de hortalizas tienen un perfil creciente todos los años incluidos en el análisis. Con precios bastante inferiores, aparecen las tierras dedicadas al olivar y a frutales no cítricos, mientras que los menores precios son los correspondientes a las tierras de labor de secano. El panel *c* del gráfico 7.15 muestra las variaciones experimentadas por los precios de la tierra de cada tipo de cultivo, fijando el valor

⁴⁴ Las tierras de labor incluyen principalmente los cultivos herbáceos (cereales y leguminosas de grano, tubérculos, cultivos industriales y forrajeros), excepto los de hortalizas y flores y plantas ornamentales y las tierras de barbecho.

GRÁFICO 7.15: Evolución de la superficie y los precios de la tierra según tipo de cultivo. España, 1995-2018

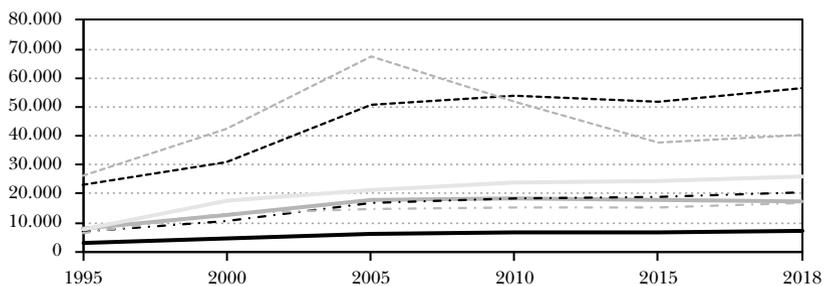
a) Superficie

(miles de hectáreas)



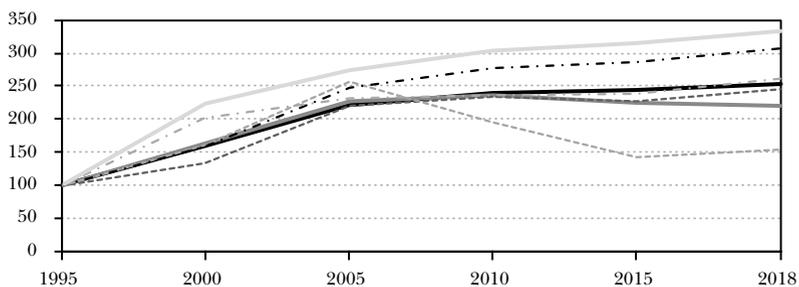
b) Precios

(euros/ha)



c) Precios

(1995=100)



Tierras de labor de secano
 Tierras de labor de regadío
 Hortalizas, arroz y fresón
 Frutales cítricos
 Frutales no cítricos
 Viñedo
 Olivar

Fuente: MAPA (Anuario de Estadística, Encuesta de Precios de la Tierra) y elaboración propia.

de 1995 igual a 100. Los precios de las tierras destinadas al cultivo de olivar y de frutales no cítricos son los que más han crecido, más que triplicándose entre 1995 y 2018. Le siguen los precios de las tierras con cultivos de viñedo, tierras de labor de secano y hortalizas, arroz y fresón. Por el contrario, algunas de las tierras que presentaban los precios más elevados, las dedicadas a frutales cítricos, son las que muestran la evolución más modesta de los mismos. En este caso, incluso se produjeron reducciones del precio entre 2005 y 2015, estancándose los precios a partir de entonces.

7.2.3. Recursos energéticos y minerales

Los recursos energéticos y minerales tienen poca importancia en el capital natural español, pues, como ya se ha visto en apartados anteriores, suponen menos de un 1% del total. Además, su importancia ha seguido una tendencia decreciente con el paso del tiempo.

Este agregado está formado por dos tipos de recursos, los energéticos (carbón e hidrocarburos) y los minerales metálicos. Es importante diferenciar ambos tipos de recursos porque su evolución en las últimas décadas ha sido muy distinta (gráfico 7.16).

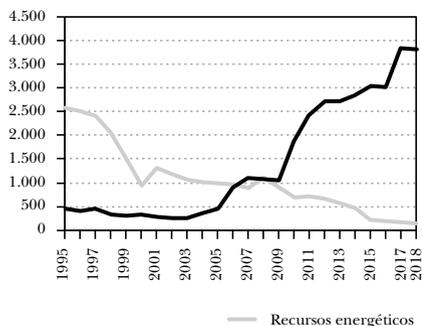
En 1995, primer año analizado, los recursos energéticos suponían el 85% de este agregado, mientras que en la actualidad ni siquiera llegan a suponer el 4%. En términos reales, la caída acumulada desde 1995 ha sido del 98%. Este descenso tan importante está justificado por las distintas iniciativas, tanto regionales, como nacionales e internacionales, que han surgido en estos años para apoyar e impulsar la transición energética hacia el uso de energías limpias y renovables que permitan una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los distintos planes en materia de energía y clima desarrollados por las Administraciones competentes han impulsado la eficiencia energética, así como la sustitución de las energías fósiles más tradicionales por otras más limpias y renovables. Este cambio ha hecho que la extracción de productos energéticos en España se haya reducido considerablemente desde 1995. De los tres tipos de recursos energéticos considerados, es el carbón el que experimenta la mayor reducción (gráfico 7.17). Su extracción en España finalizó en diciembre de 2018, como resultado de la aplicación de la Decisión

del Consejo de la UE relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas no competitivas (2010/787/UE). Por tanto, según la metodología de cálculo empleada, el valor de este recurso energético pasa a ser cero a partir de entonces, pues ya no es posible obtener rentas a partir de su extracción. Esto explica el descenso tan intenso experimentado por su valoración. Algo parecido, aunque con menor intensidad, ocurre en el caso del resto de recursos energéticos considerados, gas natural y crudos de petróleo. España nunca ha destacado en la producción de este tipo de recursos y, en la actualidad, la mayoría de las concesiones de explotación en este ámbito (con la única excepción del proyecto Viura en La Rioja) están llegando al final de su vida útil, con producciones decrecientes y yacimientos prácticamente agotados, por lo que su valor sigue también una pauta descendente. Además, los fondos Next Generation EU, creados para hacer frente a los efectos de la covid-19, pueden acelerar este proceso, pues uno de sus ejes es la transición energética.

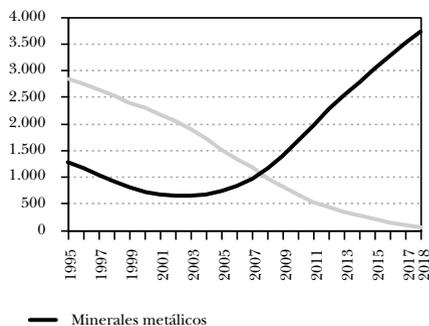
El valor de los minerales metálicos ha seguido una evolución opuesta a la de los recursos energéticos, iniciando a partir de 2003 una etapa de intenso crecimiento, tanto en términos reales como nominales. El capital que suponen estos recursos se ha multiplicado casi por 3 desde 1995 en términos reales (gráfico 7.16), aunque su importancia sigue siendo mucho menor que la de otros activos naturales, como las tierras de cultivo o los recursos forestales. Este tipo de minerales se caracterizan por la elevada variabilidad tanto de su producción o extracción como de sus precios, determinados en su mayor parte por los mercados internacionales. En la actualidad, el principal componente del capital agregado en minerales metálicos es el cobre, que supone casi un 70% del total (gráfico 7.18). Su valor ha experimentado el crecimiento más importante desde 1995 en términos reales, multiplicándose por un factor superior a 15. El cinc es el segundo mineral en importancia (20%), pero su peso en el valor agregado se ha reducido más de 20 puntos porcentuales desde 1995, pues en aquel año era el mineral más importante en el *stock* (40%). Los cambios en los precios de los minerales, así como los ajustes en la producción que muchas veces conllevan, explican estos comportamientos tan irregulares. El níquel también fue importante en la primera déca-

GRÁFICO 7.16: Valor de los recursos energéticos y minerales. España, 1995-2018

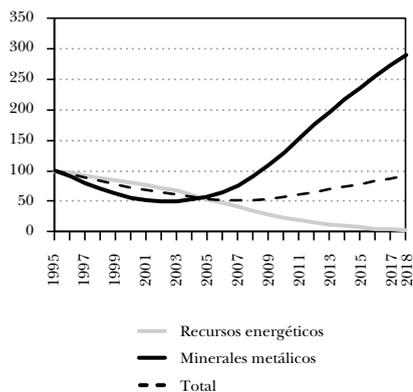
a) Millones de euros corrientes



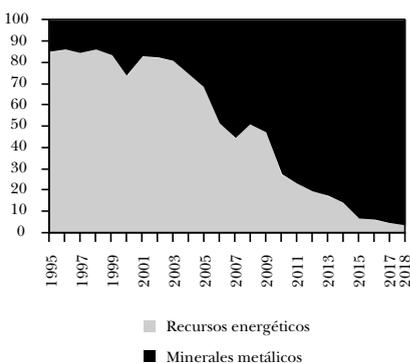
b) Millones de euros de 2015



c) Valor real (1995=100)



d) Composición (porcentaje)

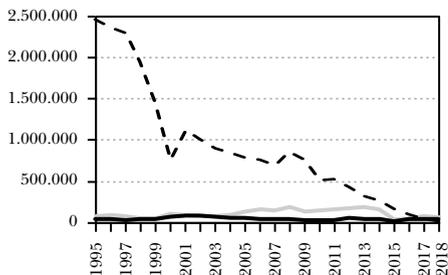


Fuente: Elaboración propia.

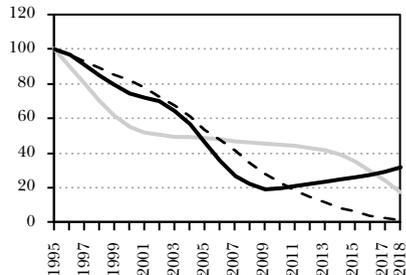
da del siglo XXI. Alcanzó su peso máximo en 2007, año en el que suponía el 25% del capital en recursos minerales, pero desde entonces su participación no ha dejado de reducirse, hasta tener un peso despreciable en el total en 2018. También el oro ha perdido importancia en el agregado con el paso del tiempo. El resto de minerales (estaño, mineral de hierro, plata, plomo y wolframio) han experimentado menos variaciones de su peso. Los componentes más importantes de este grupo en 2018 son la plata y el wolframio (suponen un 3,1% y un 2,1% del capital total, respectivamente).

GRÁFICO 7.17: Valor de los recursos energéticos según tipo. España, 1995-2018

a) Millones de euros corrientes

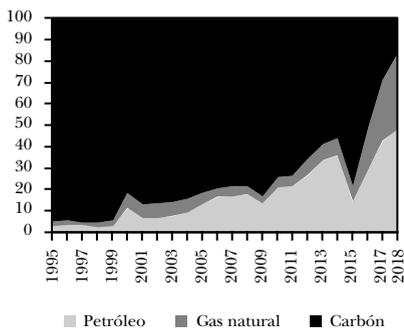


b) Valor real (1995=100)



— Petróleo — Gas natural - - - Carbón

c) Composición (porcentaje)



■ Petróleo ■ Gas natural ■ Carbón

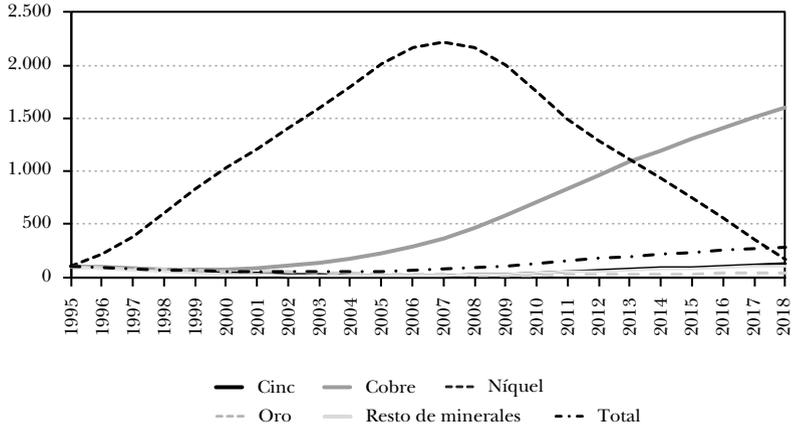
Fuente: Elaboración propia.

En 1995 eran la plata y el plomo (9,1% y 4,2% del total). Estos cambios en la composición del *stock* vienen determinados por las variaciones de los precios de los distintos minerales, y también por las cantidades extraídas cada año. Recuérdese que el valor de estos recursos se calcula partiendo de las rentas que se obtienen anualmente de su extracción.⁴⁵

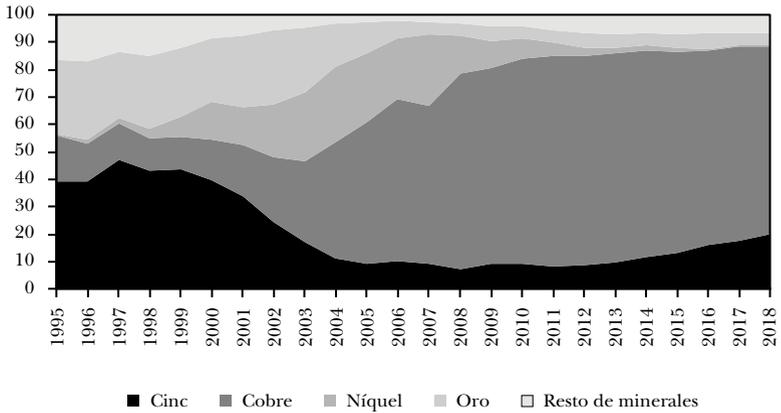
⁴⁵ Véase el capítulo 6 para un mayor detalle de la estimación del valor de los recursos energéticos y minerales.

GRÁFICO 7.18: Valor de los recursos minerales metálicos según tipo. España, 1995-2018

a) Valor real
(1995 = 100)



b) Composición
(porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de activos naturales son no renovables, por lo que su extracción a lo largo del tiempo conllevará su desaparición. Esto puede suponer un problema para la sostenibilidad del crecimiento futuro de algunos países cuya economía se basa en gran medida en las actividades extractivas. En el caso español, estos recursos no juegan un papel muy importante por su escaso peso en el capital natural. Sin embargo, su agotamiento así como la normativa que en algunos casos prohíbe su extracción, sí han tenido efectos importantes sobre las economías de determinadas zonas (especialmente de Aragón, Castilla y León, Castilla-La Mancha y el Principado de Asturias), que han requerido el diseño de políticas y ayudas públicas encaminadas a cambiar la especialización productiva de las mismas y su dependencia de este tipo de recursos naturales.⁴⁶

7.3. Comparación internacional

7.3.1. Capital natural agregado

El análisis del valor del capital natural y su composición en España se completa situando estas dotaciones de recursos naturales en el contexto internacional. Para ello, y dado que la base para nuestra estimación ha sido la metodología empleada por el Banco Mundial, este epígrafe aborda la comparación de los datos aquí estimados para España con los ofrecidos por la base de datos del Banco Mundial (2018b).

Los datos del Banco Mundial cubren los años 1995, 2000, 2005, 2010 y 2014. En nuestro caso, la base de datos incluye estos mismos años, excepto 2014, pues se ha preferido realizar la valoración para 2015. Sin embargo, al tratarse de un solo año de diferencia y dado que se está analizando una variable *stock*, que no

⁴⁶ Véase MITECO (2019, 2020d), Instituto para la Transición Justa (2013, 2018) y RD 341/2021 de 18 de mayo, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la restauración ambiental de zonas afectadas por la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (España 2021; Gobierno de España 2021) correspondiente a proyectos de zonas degradadas a causa de la minería del carbón.

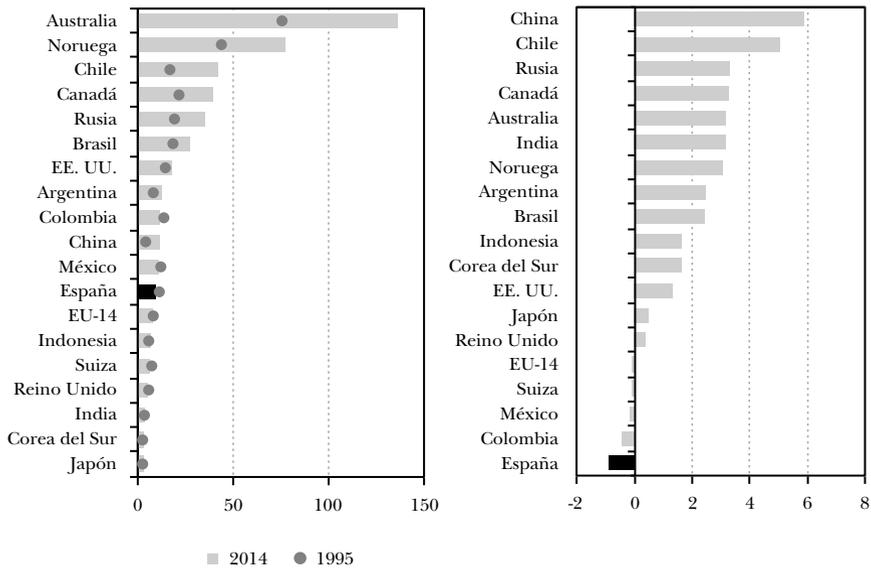
debería fluctuar excesivamente de un año a otro, en los ejercicios que se presentan a continuación se comparan los datos de España correspondientes a 2015 con los de 2014 en el caso del resto de países, excepto en el apartado de los recursos forestales y los energéticos y minerales, para los que sí disponemos de una estimación anual de su valor. Las comparaciones se llevan a cabo en euros de 2014. Para ello, se han transformado los datos del Banco Mundial, que vienen expresados en dólares de 2014, utilizando los correspondientes tipos de cambio oficiales. Asimismo, las cifras reales correspondientes a nuestra estimación se han transformado a euros de 2014.

El gráfico 7.19 ofrece una primera aproximación a la situación española en términos de capital natural per cápita en el ámbito internacional. Si el capital natural agregado español se compara con el de los principales países representativos de distintas regiones del mundo, se observa que su situación es similar o incluso algo mejor que la de algunos de sus principales socios europeos, pues en términos per cápita España se sitúa algo por encima de la media de la EU-14. Sin embargo, si se compara con el correspondiente a otros países caracterizados por su riqueza en recursos naturales, como Australia, Noruega o Canadá, su situación es claramente inferior. Estos países destacan, además, por una larga tradición en la medición de sus recursos naturales y en el diseño y aplicación de políticas de protección medioambiental encaminadas a su conservación a largo plazo. En cambio, España, a pesar de no estar en una mala situación de partida, ha perdido posiciones con el paso del tiempo. De la muestra de países seleccionados, España es el que presenta una mayor reducción del valor de sus dotaciones relativas de capital natural en el período analizado, seguido por Colombia. Por el contrario, países como China, Chile, Rusia, Canadá, Australia, India y Noruega han aumentado sus dotaciones relativas de forma considerable desde 1995. Destaca el caso de China, cuya tasa de crecimiento media anual en las últimas décadas se ha acercado al 6% (equivalente a un crecimiento acumulado cercano al 200% entre 1995 y 2014), gracias, principalmente, al aumento de los recursos energéticos y minerales puestos en explotación. Este hecho, junto con la evolución de los precios de los minerales, ha dado lugar a mayores rentas pre-

**GRÁFICO 7.19: Valor del capital natural per cápita.
Comparación internacional, 1995 y 2014**

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014
(porcentaje)



Nota: 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

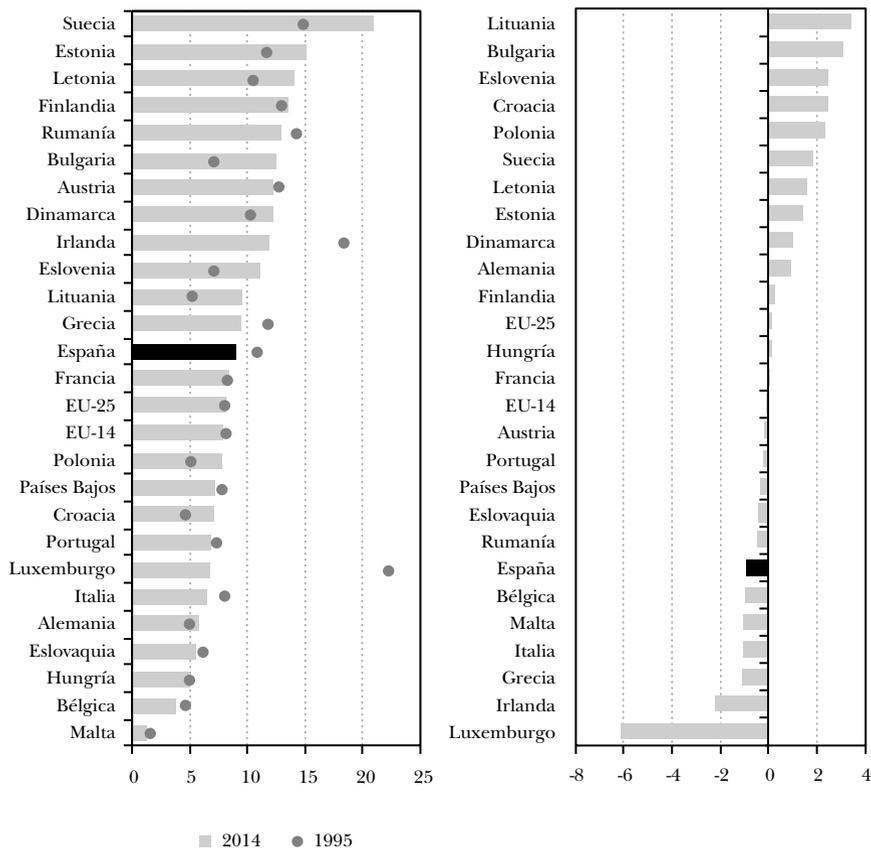
sentes y futuras obtenidas de su extracción, que son la base para el cálculo del valor del *stock* de estos recursos (véase capítulo 6). Además, este tipo de recursos suponen un porcentaje del capital natural más alto en ese país que en el caso de España, por encima del 30% en 2014, por lo que su evolución tiene un mayor efecto sobre el capital natural agregado (Banco Mundial 2020).

En el contexto europeo (gráfico 7.20), España se sitúa en una posición intermedia, con unas dotaciones de capital natural por habitante que superan ampliamente las de otros países como Alemania, Bélgica, Italia, Portugal o Países Bajos, y se sitúan en niveles similares a los de Francia. También está por encima de la media de la EU-25 (EU-27 excepto Chipre y República Checa, no

GRÁFICO 7.20: Valor del capital natural per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

incluidas en la base de datos del Banco Mundial) y de la EU-14, pero bastante alejada de las dotaciones de otros países como Suecia, primer país del ranking de los países de la UE, Finlandia, Austria, Dinamarca, los países Bálticos y algunos de Europa del Este, como Rumanía o Bulgaria.

La posición de España ha empeorado desde 1995, como ya se ha advertido a lo largo de este capítulo. Mientras en 1995 ocupaba el noveno puesto en el *ranking* de países de la UE, en 2014, casi veinte años después, había descendido hasta la decimotercera posición. Como ya se ha comentado, las dotaciones relativas españolas se han reducido desde 1995, algo que también ha ocurrido en otros países como Bélgica, Italia, Grecia, Irlanda y, de forma muy acusada, en Luxemburgo (-6% anual). Esta evolución negativa contrasta con la de otros países que han visto incrementado su capital natural por habitante de forma notable, como Lituania, Bulgaria, Eslovenia, Croacia, Polonia o Suecia. En todos ellos, el capital natural per cápita ha aumentado más de un 40% acumulado entre 1995 y 2014 (gráfico 7.20, panel *b*).

Si se compara la evolución del capital natural por habitante y la del PIB per cápita en los países de la UE, ambas variables en términos reales, se observa que todos los países han aumentado su PIB per cápita entre 1995 y 2014, pero en algunos casos este aumento no ha sido sostenible desde el punto de vista de los recursos naturales, pues ha comportado una pérdida de capital natural por habitante. Este sería el caso de los países que se sitúan en el cuadrante de la izquierda del panel *c* del gráfico 7.21, entre los que se sitúa España. Estos países están frente a un modelo de crecimiento que supone una merma de bienestar para las generaciones actuales y, sobre todo, futuras.

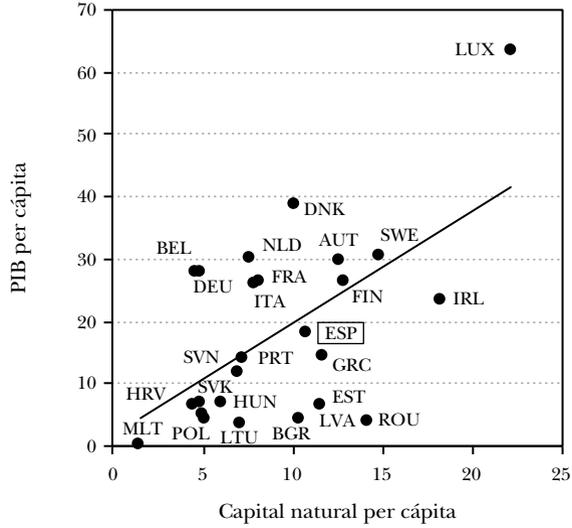
En este gráfico también se intuye cierta relación positiva entre el crecimiento del capital natural y el del PIB en términos per cápita y también queda patente que, en general, el PIB ha crecido en mayor medida que el capital natural en casi todos los países de la UE.

Si nos fijamos en la relación, no entre las tasas de variación, sino entre los niveles de PIB y capital natural por habitante (paneles *a* y *b* del gráfico 7.21) también se observa cierta correlación positiva entre ellos, especialmente en 1995, año en el que parece que los países con mayores niveles de PIB per cápita son también los que mayores dotaciones de capital natural por habitante acumulan en su territorio. Esta relación, no obstante, resulta mucho menos clara en 2014. Ese año parece que la relación entre la generación de valor añadido y la disponibilidad de recursos naturales sea prácticamente inexistente. La sustitución de este tipo de

GRÁFICO 7.21: Capital natural y PIB per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) 1995

(euros de 2014 por habitante)



b) 2014

(euros de 2014 por habitante)

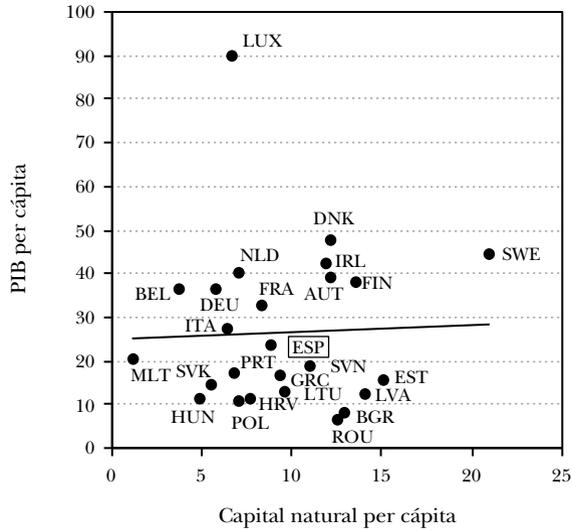
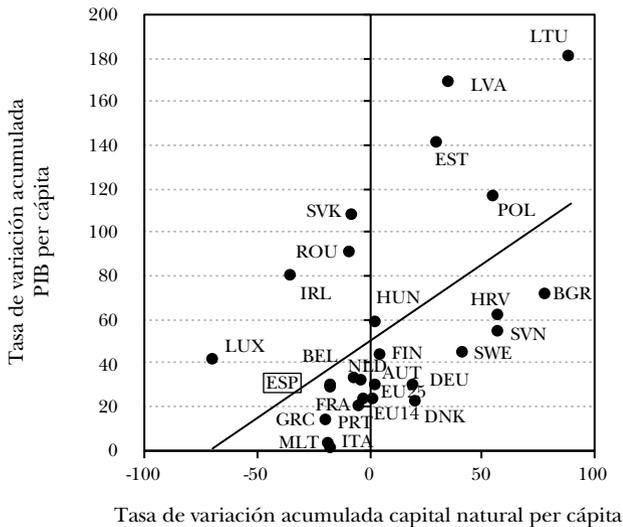


GRÁFICO 7.21 (cont.): Capital natural y PIB per cápita.
Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

c) Tasa de variación real acumulada, 1995-2014
 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España. AUT: Austria, BEL: Bélgica, BGR: Bulgaria, HRV: Croacia, DNK: Dinamarca, EST: Estonia, FIN: Finlandia, FRA: Francia, DEU: Alemania, GRC: Grecia, HUN: Hungría, IRL: Irlanda, ITA: Italia, LVA: Letonia, LTU: Lituania, LUX: Luxemburgo, MLT: Malta, NLD: Países Bajos, POL: Polonia, PRT: Portugal, ROU: Rumanía, SVK: República Eslovaca, SVN: Eslovenia, ESP: España, SWE: Suecia.

Fuente: Banco Mundial (2018), Eurostat (2021b, 2021d) y elaboración propia.

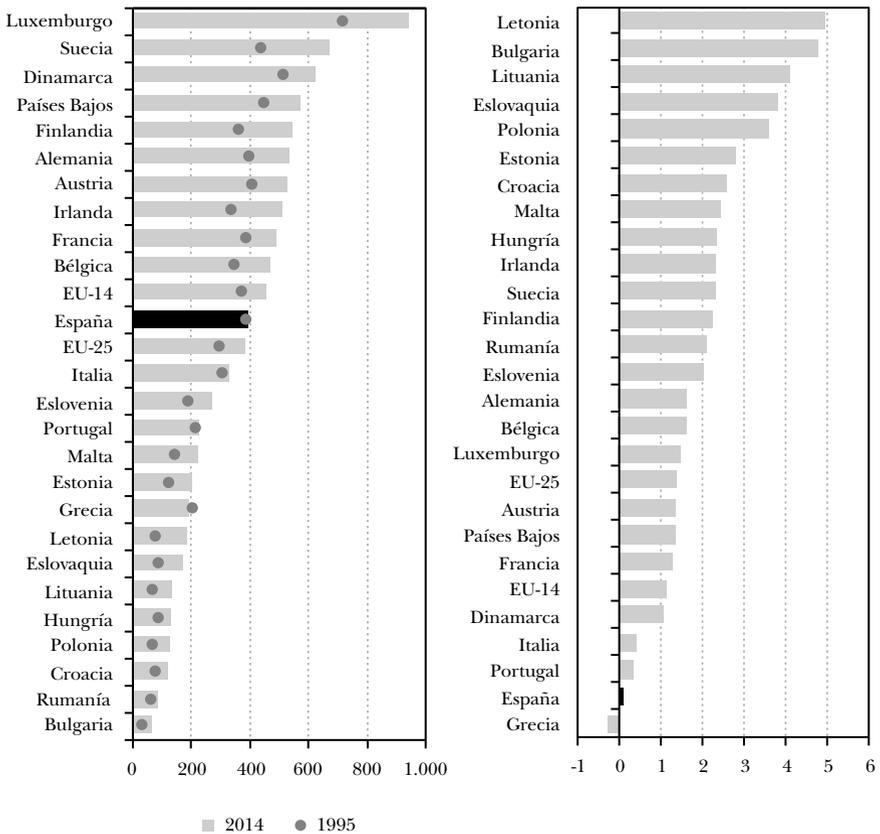
recursos por otro tipo de capitales, sobre todo los producidos, puede explicar este cambio, que se observa al comparar los paneles *a* y *b* del gráfico 7.21. Esta es la conclusión a la que se llega si se observa la evolución del indicador de riqueza agregada que también proporciona el Banco Mundial, formado por el capital natural, el capital humano y el producido (gráfico 7.22). En este caso, no se observan las reducciones que sí experimentó el capital natural entre 1995 y 2014, sino que el capital agregado aumenta en la mayoría de los países europeos en este mismo período. En la mayoría, esta medida agregada de la riqueza de la que disponen los países ha crecido por encima del 2% anual. Tan solo

un país, Grecia, ha experimentado una reducción acumulada de su riqueza agregada entre 1995 y 2014. Sorprende que el capital agregado español sea el que menos ha crecido de los países de la UE, un 0,11% de media anual, sobre todo porque el período que va desde 1995 hasta 2007 se caracterizó por un esfuerzo inversor muy intenso en activos producidos que, pese a la crisis posterior,

GRÁFICO 7.22: Capital agregado (natural + humano + producido). Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d), Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

permitió acercar las dotaciones españolas de estos capitales a las de otros países desarrollados (Mas *et al.* 2018). Sin embargo, parece que las pérdidas de capital natural y de capital humano han compensado este crecimiento y han hecho que la evolución del capital agregado per cápita sea tan modesta.

7.3.2. Composición del capital natural

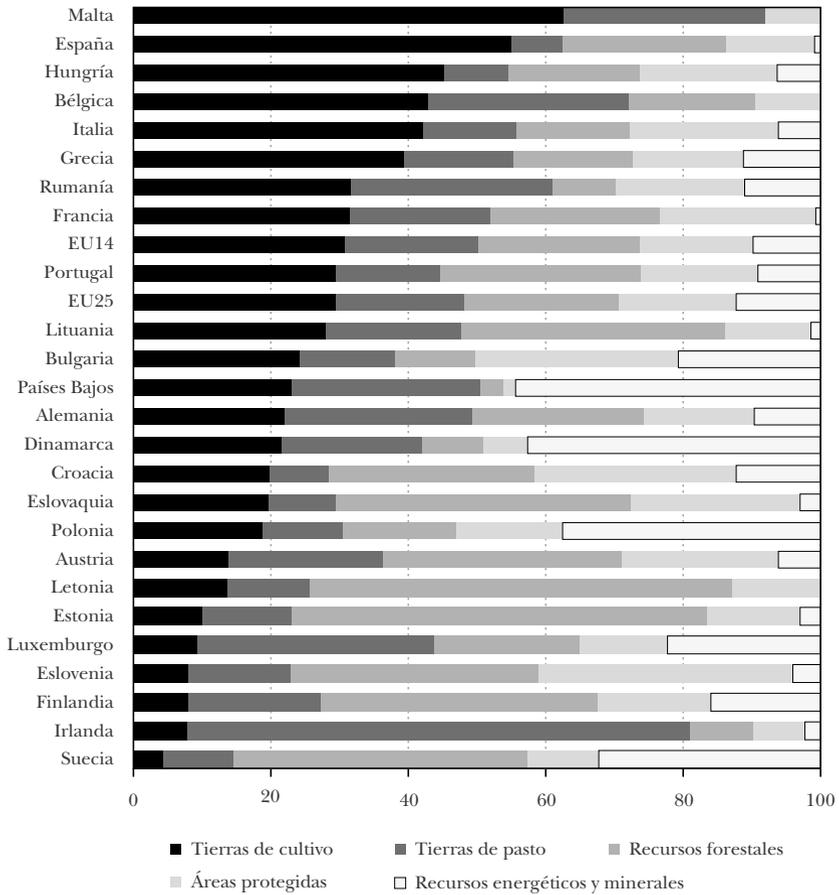
Además de analizar el capital natural agregado, también es posible estudiar las diferencias respecto a otros países en términos de los distintos tipos de recursos naturales que lo componen: recursos forestales, tierras de cultivo y de pasto, áreas protegidas y recursos energéticos y minerales. Este análisis va a realizarse a continuación, tomando como referencia el contexto europeo.

El gráfico 7.23 muestra la composición del capital natural en 2014 para todos los países de la Unión Europea para los que se dispone de información. Como se aprecia, existen muchas diferencias entre ellos. Mientras las tierras de cultivo son el recurso más importante en Malta y España (en ambos países suponen más del 50% del capital natural), suponen menos del 10% del mismo en otros países como Suecia, Irlanda, Finlandia, Eslovenia y Luxemburgo. En los dos agregados UE considerados, el peso de las tierras de cultivo se sitúa alrededor del 30%, por debajo del peso que este activo natural tiene en España. La especialización de cada país juega un papel importante en el peso de este activo natural.

Irlanda destaca por el peso de las tierras de pasto, pues suponen un 73% de su capital natural, mientras en el resto de países estas tienen mucha menos importancia. En promedio, en la EU-14 suponen un 19% y en la EU-25, un 18,6%. En España, el valor de estas tierras tiene una importancia menor, pues en 2015 ni siquiera llega a alcanzar el 10% del capital natural agregado.

Los recursos forestales representan alrededor del 20% en la mayoría de países, a excepción de Malta, Irlanda, Rumanía, Países Bajos y Dinamarca, donde su peso está por debajo del 10%. En cuanto a las áreas protegidas, también hay diferencias importantes entre países. En España, su peso en el capital natural agregado es algo inferior al de la media de la EU-14 y EU-25 (15-17%). Finalmente, los recursos energéticos y minerales, que en España tienen

GRÁFICO 7.23: Composición del capital natural por tipo de recurso. Comparación internacional: Unión Europea, 2014
(porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. Los países están ordenados de mayor a menor peso del valor de las tierras de cultivo. En este gráfico, y a diferencia del resto, el cálculo de la estructura porcentual por tipo de recurso se ha realizado a partir de cifras reales (euros de 2014) por la no disponibilidad de datos nominales para los países UE. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020) y elaboración propia.

un peso ínfimo (menos del 1%), son muy importantes en otros países como Países Bajos (44,3% del total) o Dinamarca (42,5%). En la EU-14 suponen un 9,8% y en la EU-25, un 12,2%. La disponibilidad de mayores o menores reservas de este tipo de recursos del subsuelo, las distintas legislaciones nacionales en el área de la extracción de recursos energéticos y minerales, así como el mayor o menor desarrollo de los sectores de actividad relacionados con las actividades extractivas, condicionan el peso de estos recursos en los distintos países.

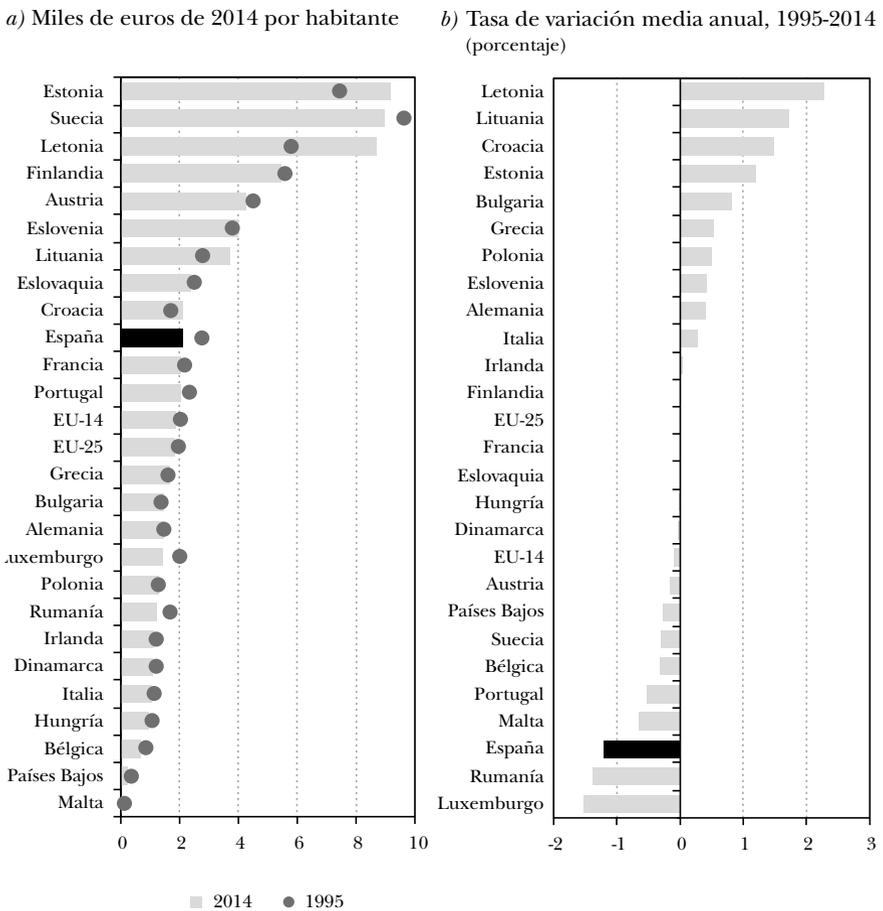
El gráfico 7.24 muestra el *ranking* de los países miembros de la UE (excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información) en el caso de un tipo concreto de recursos, los forestales. En 2014 España se sitúa en el décimo puesto de entre los veinticinco países miembros considerados, por encima del promedio de la EU-14 y del agregado EU-25. Sin embargo, su situación era mejor en 1995, año desde el que no ha dejado de perder posiciones, con una tasa de variación negativa del capital forestal de las más elevadas de la UE (-1,2% anual), tan solo superada por Rumanía y Luxemburgo. A pesar de esta evolución, España muestra unas dotaciones similares a las de Francia y bastante por encima de las de Alemania o Italia. Por tanto, parece que los recursos forestales todavía suponen un activo importante en el capital natural español. En este tipo de dotaciones puede jugar un papel importante la extensión territorial de cada país, pues el hecho de disponer de un mayor territorio de bosques y zonas forestales comporta un mayor valor de los servicios que estos proporcionan y, por tanto, del capital asociado a este tipo de recursos. Por esta razón, el gráfico 7.25 ofrece la misma comparación que el gráfico 7.24, pero considerando el valor de los recursos forestales por km². Al igual que en términos per cápita, España se sitúa en una posición intermedia en el contexto europeo, aunque su tasa de variación vuelve a ser negativa, al contrario de lo que ocurre en la mayor parte de sus socios. En general, este tipo de recursos ha crecido en la mayoría de los países de la UE si se relativizan con la superficie.

Teniendo en cuenta estos resultados, España debería mejorar las políticas de conservación de los bosques y áreas forestales si no quiere perder posiciones en el ámbito europeo en lo referente a

este recurso natural que, además, puede servir para potenciar el desarrollo de ciertas áreas rurales.

En lo referente al activo más importante en nuestro país (gráfico 7.23), las tierras de cultivo, España se sitúa como el país europeo con mayores dotaciones de este tipo de recurso natural por habitante, seguida de Rumanía, Grecia, Bulgaria e Italia (gráfico 7.26). La mayor especialización española en el sector primario

GRÁFICO 7.24: Valor de los recursos forestales per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014



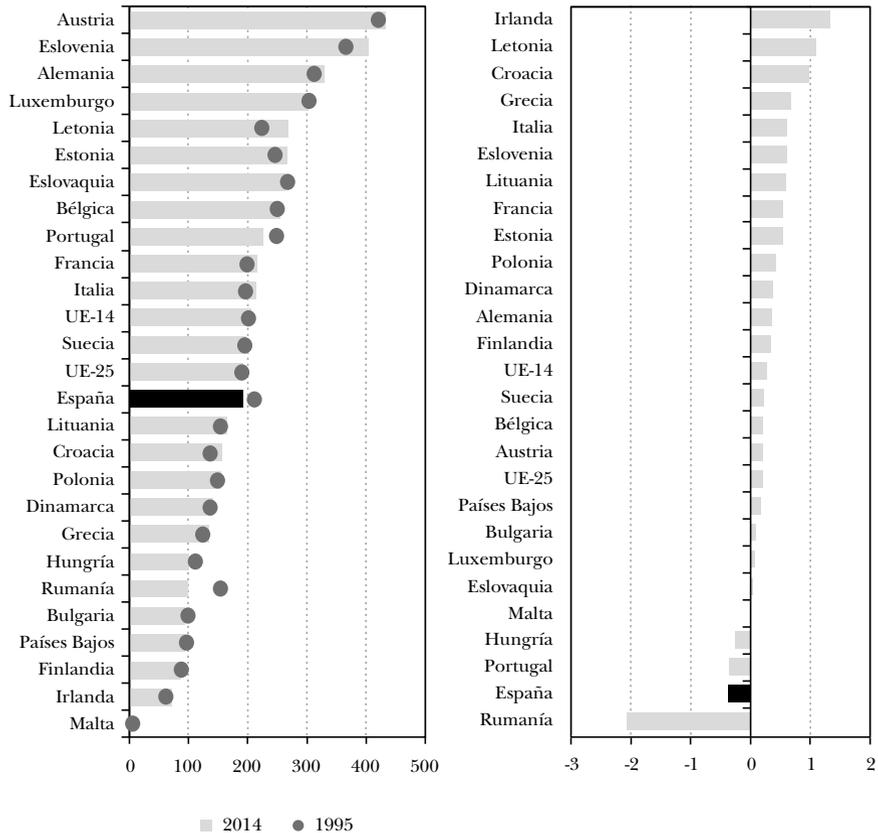
Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

GRÁFICO 7.25: Valor de los recursos forestales por km². Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por km²

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información.

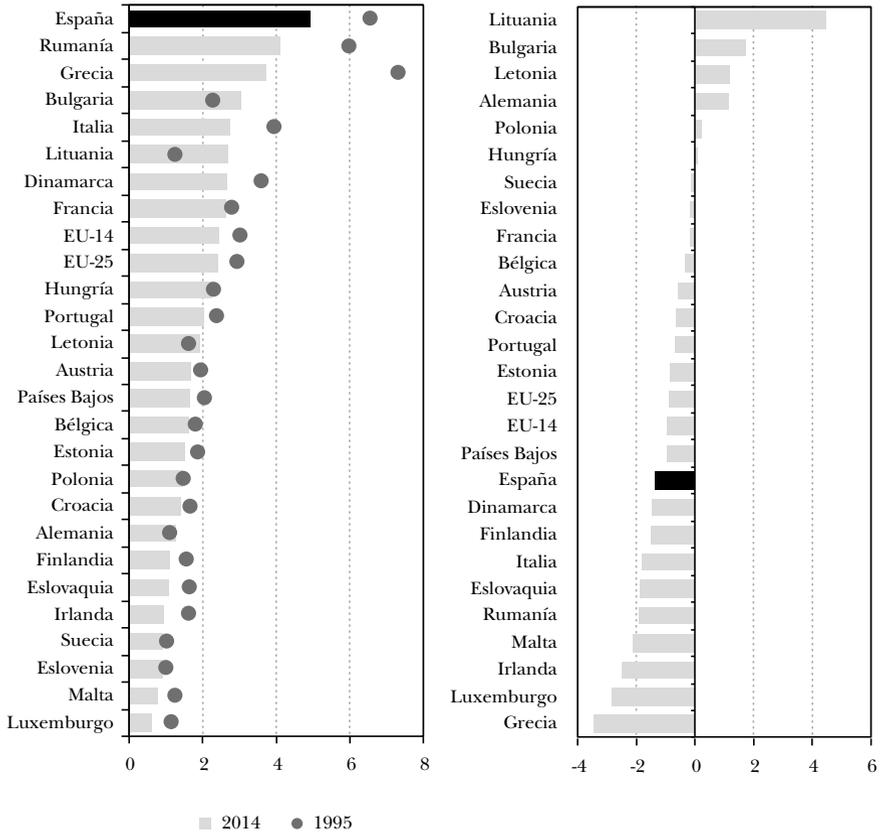
Fuente: Banco Mundial (2018), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

y agroalimentario explica este resultado (Maudos y Salamanca 2021). Desde una perspectiva internacional, la agricultura es un sector en el que España tiene una importante ventaja competitiva frente a otros países, derivada de sus condiciones climatológicas, que favorecen la producción de este tipo de productos durante todo el año y hacen que España sea una potencia exportadora en este área (PwC 2019). Sin embargo, el valor per cápita de las

GRÁFICO 7.26: Valor de las tierras de cultivo per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

tierras cultivadas ha disminuido en España desde 1995, al igual que en la mayoría de los países europeos. Tan solo ha aumentado en seis países: Lituania, Bulgaria, Letonia, Alemania y, muy ligeramente, en Polonia y Hungría.

El sector agrícola de los países de la UE se ha visto sometido en las últimas décadas a una serie de presiones para aumentar la

competitividad y la productividad de las tierras. El crecimiento de la población, la terciarización de las economías, los cambios en las preferencias de los consumidores y en la tecnología agraria, los cambios en las condiciones medioambientales, así como las modificaciones en el marco normativo (determinado, esencialmente, por la Política Agraria Común de la UE) han provocado que, buscando incrementar la competitividad de las explotaciones, se haya producido un doble fenómeno, de intensificación en las áreas más productivas y de abandono de tierras en aquellas con menor potencial productivo (Reig 2011). Ambos procesos pueden estar detrás de la reducción experimentada por el capital en tierras de cultivo en la mayor parte de los países miembros, especialmente en los países mediterráneos (Caraveli 2000).

España no aparece en un lugar tan destacado si el valor de las tierras de cultivo se relativiza por la superficie del país (gráfico 7.27). En este caso, ya no ocupa el primer puesto del *ranking*, sino que queda relegada a la quinta posición, tras Malta, Países Bajos, Bélgica e Italia. Aun así, sigue presentando una posición ventajosa frente al agregado de la EU-25 y la EU-14. La mayor parte de los países, entre ellos también España, vuelve a presentar tasas negativas de variación entre 1995 y 2014.

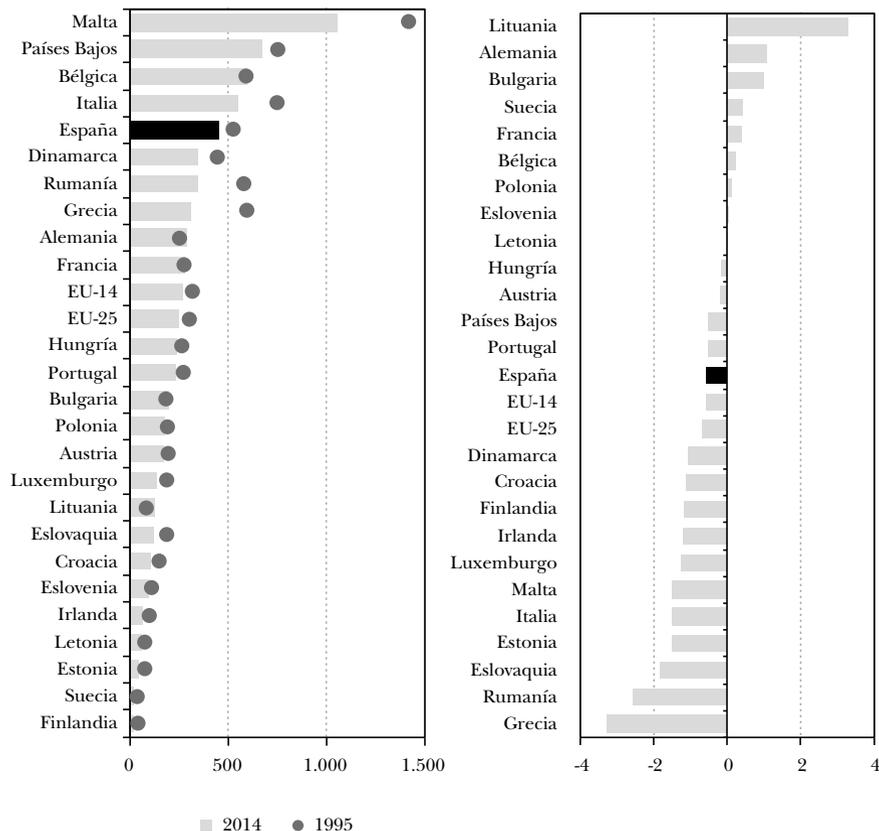
En el caso de las tierras de pasto, la situación española es muy distinta y el valor per cápita de las mismas es de los más reducidos de la Unión Europea. Tan solo Croacia, Eslovaquia, Hungría y Malta se sitúan por debajo de España en el *ranking* de los países de la UE, que en esta ocasión está liderado por Irlanda, con unas dotaciones relativas que más que duplican las del segundo país de la lista (gráfico 7.28). Como ya se ha comentado, las tierras de pasto suponen casi las tres cuartas partes del capital natural de ese país, por lo que no sorprende este resultado (gráfico 7.23).

La evolución del valor de las tierras de pasto, sin embargo, vuelve a ser negativa cuando se pone en relación con la población. La mayoría de los países muestran tasas de variación negativas, que en el caso de España se sitúan en promedio en el -1,6% anual, una tasa similar a la experimentada por la EU-14 y la EU-25 en su conjunto. Llama la atención la reducción experimentada por Luxemburgo, país en el que el valor de las tierras de pasto por

GRÁFICO 7.27: Valor de las tierras de cultivo por km² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por km²

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

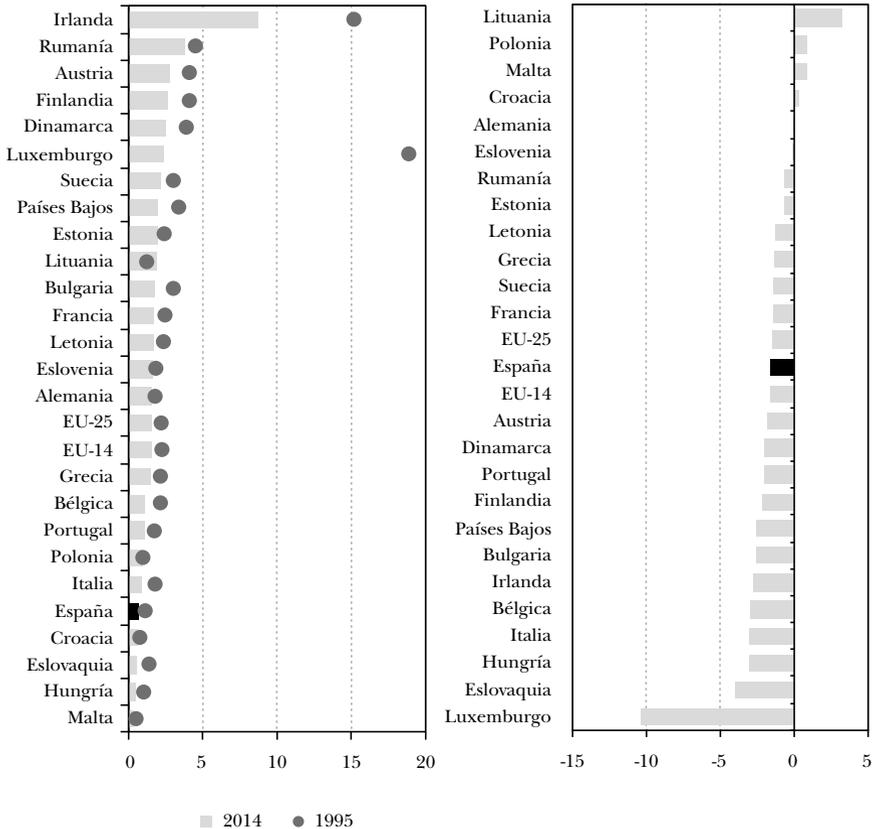
habitante se ha reducido a una tasa anual superior al 10% entre 1995 y 2014.

La situación de España es algo mejor si se analiza el valor de los pastos por km², aunque el cambio es poco importante (gráfico 7.29). De nuevo, llama la atención la reducción experimentada por Luxemburgo. La limitada extensión del país y las necesidades de cam-

GRÁFICO 7.28: Valor de las tierras de pastos per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

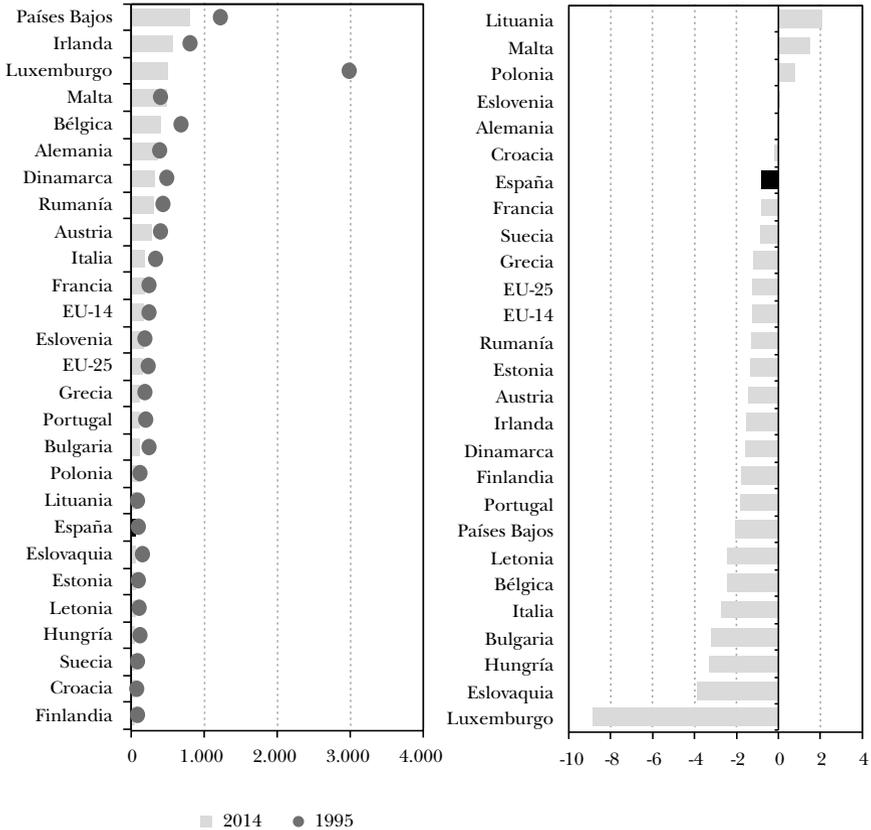
bio del tipo de cobertura del suelo para llevar a cabo otras actividades productivas pueden estar detrás de esta reducción tan acusada.

Como ya se ha comentado a lo largo de este capítulo, el valor de las áreas protegidas ha aumentado en España desde 1995, pasando de suponer un 3,9% a casi un 17% del capital natural

GRÁFICO 7.29: Valor de las tierras de pastos por km² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por km²

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

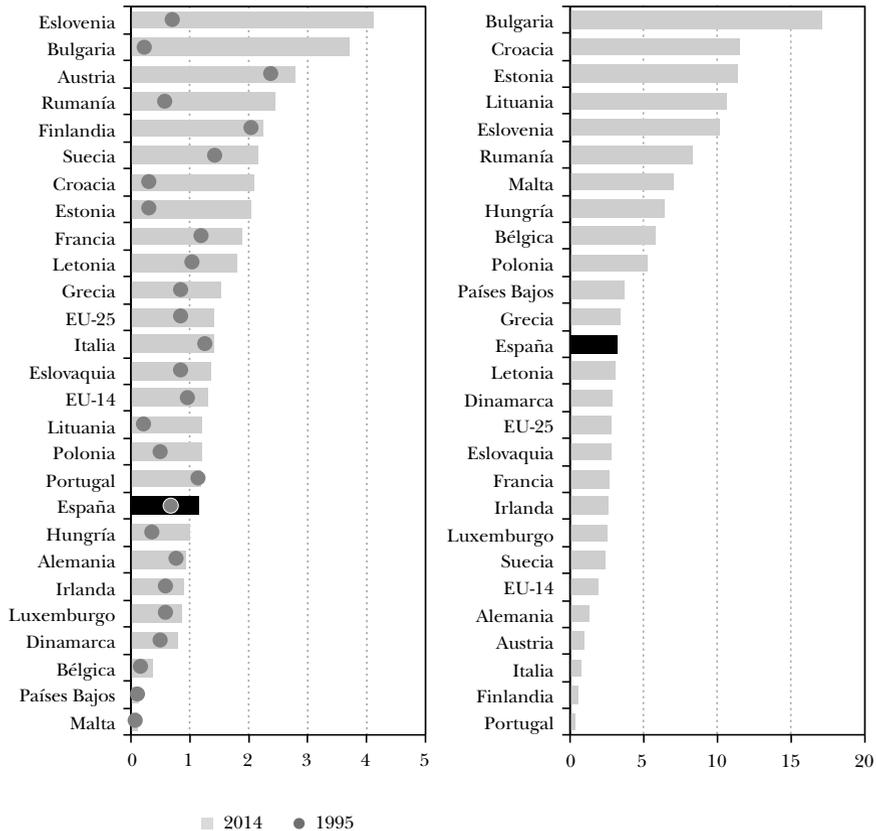
Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

agregado en 2018. Sin embargo, a pesar de este aumento, España se sitúa en la parte baja del *ranking* si sus dotaciones per cápita se comparan con las del resto de países europeos, por debajo del promedio EU-25 y EU-14 (gráfico 7.30).

GRÁFICO 7.30: Valor de las áreas protegidas per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

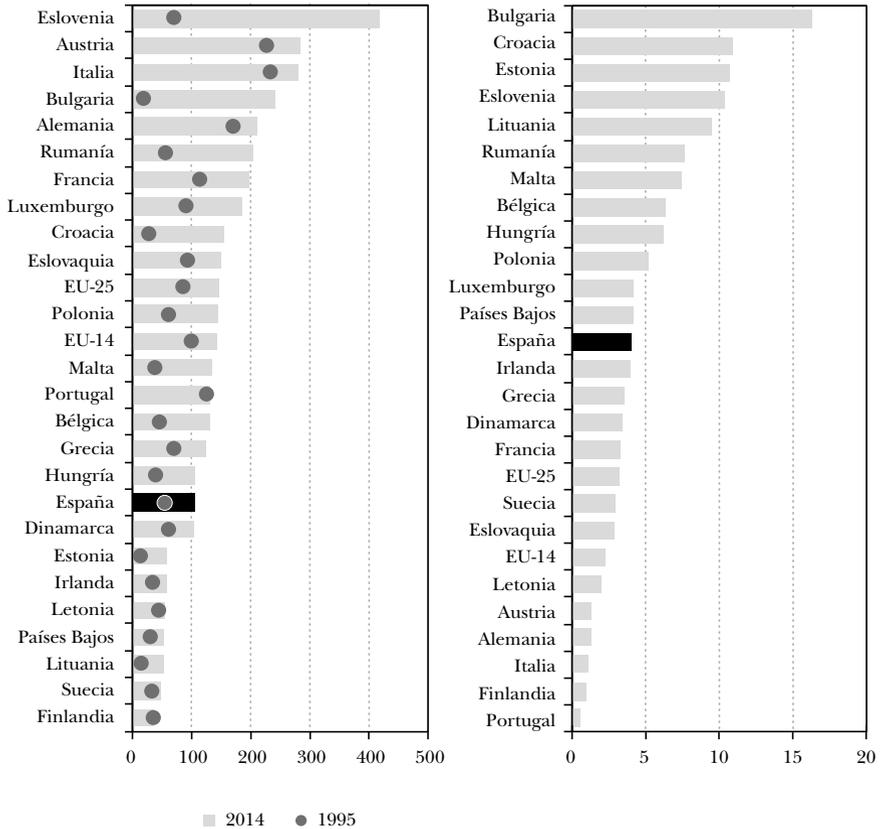
Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

Este es el único tipo de recurso natural que ha aumentado en todos los países europeos entre 1995 y 2014, especialmente en los países que entraron más tarde a formar parte de la unión económica y monetaria. La legislación de protección de la naturaleza en la UE, organizada alrededor de la denominada Red Natura 2000, formada por 26.000 espacios protegidos equivalentes a la quinta

GRÁFICO 7.31: Valor de las áreas protegidas por km² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por km²

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. 2015 en el caso de España.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

parte de la superficie de la UE, supone la mayor red de este tipo en el mundo y protege a las especies y hábitats más amenazados en Europa. La ampliación de esta red de áreas protegidas en las últimas décadas ha hecho que el valor de las mismas aumente en todos los Estados miembros, especialmente en aquellos que tenían una legislación más laxa en este ámbito antes de entrar

a formar parte de la UE. Además, aunque la Comisión Europea, con la asistencia del Centro Temático Europeo para la Biodiversidad, ha llegado a la conclusión de que la Red Natura 2000 está prácticamente completa en lo que respecta a las zonas terrestres, se ha solicitado a algunos Estados miembros que propongan más lugares de protección para una serie de especies y hábitats a fin de completar la red en su territorio. Se trata, en su mayor parte, de países adheridos a la Unión más recientemente. Además, hay que tener en cuenta que este agregado también incluye otras zonas protegidas con arreglo a la legislación nacional o regional, que puede variar de un país a otro, por lo que estas zonas también han cambiado desde 1995.

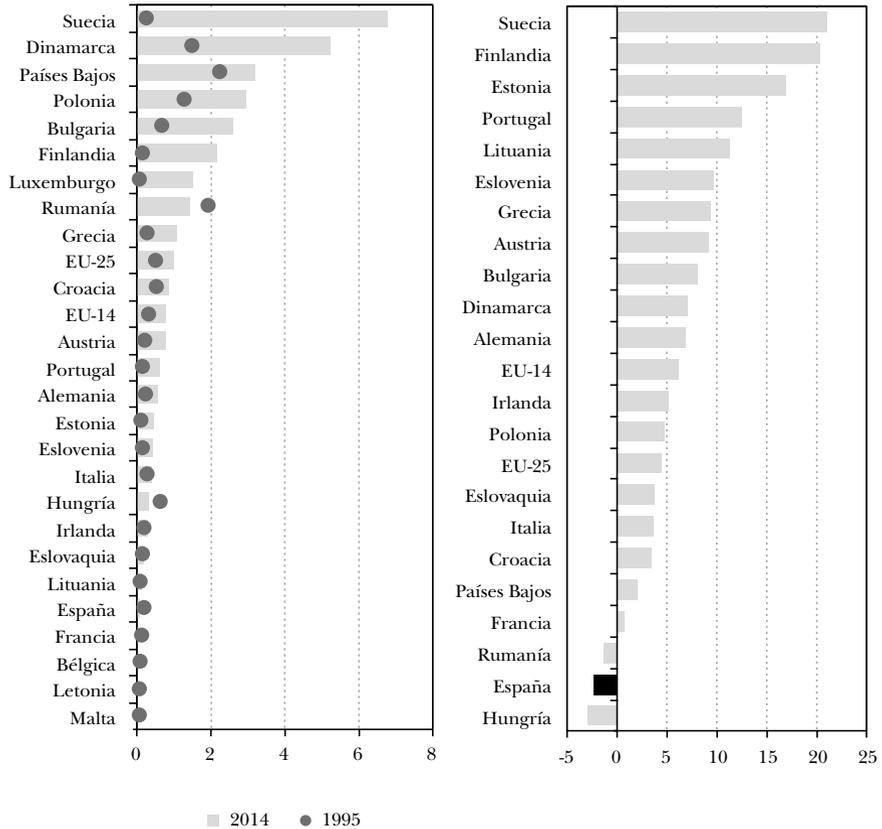
La posición española en la UE es similar si se considera el capital natural que suponen las áreas protegidas sobre la superficie total y, de nuevo, las dotaciones relativas españolas se sitúan por debajo de la media de la EU-25 y la EU-14 (gráfico 7.31).

Finalmente, en relación con los recursos energéticos y minerales, los recursos naturales con menor peso en el capital natural español, la posición de España en el *ranking* de países europeos es bastante retrasada, como era de esperar. De hecho, España está en los últimos puestos, junto con Francia (Bélgica, Letonia y Malta no disponen de este tipo de recursos en su territorio según el Banco Mundial [2020]). Además, es uno de los pocos países en los que este tipo de recursos se han reducido en el período analizado, debido, principalmente, a la evolución de los recursos energéticos, cuya extracción en la actualidad es prácticamente testimonial en nuestro país. Tan solo Rumanía y Hungría presentan también tasas de variación negativas. Por el contrario, Suecia es el país que más ha visto crecer sus dotaciones relativas desde 1995 y también el país que dispone de mayores dotaciones per cápita en 2014, seguido de Dinamarca (gráfico 7.32). El primero destaca por sus dotaciones de minerales metálicos, mientras el segundo lo hace por las de petróleo. Hay que tener en cuenta, no obstante, que el valor de los recursos energéticos y minerales no es demasiado importante en el conjunto de Europa, sobre todo si se compara con el de otros recursos naturales ya analizados, como las tierras de cultivo o los recursos forestales.

**GRÁFICO 7.32: Valor de los recursos energéticos y minerales per cápita.
Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014**

a) Miles de euros de 2014 por habitante

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. El panel *b* no incluye a Letonia, Luxemburgo y Malta, al ser sus valores iniciales nulos. Tampoco incluye a Bélgica, cuyo valor final es nulo y cuya tasa de variación es 99,9%, para evitar que distorsione la visualización de los datos del resto de países.

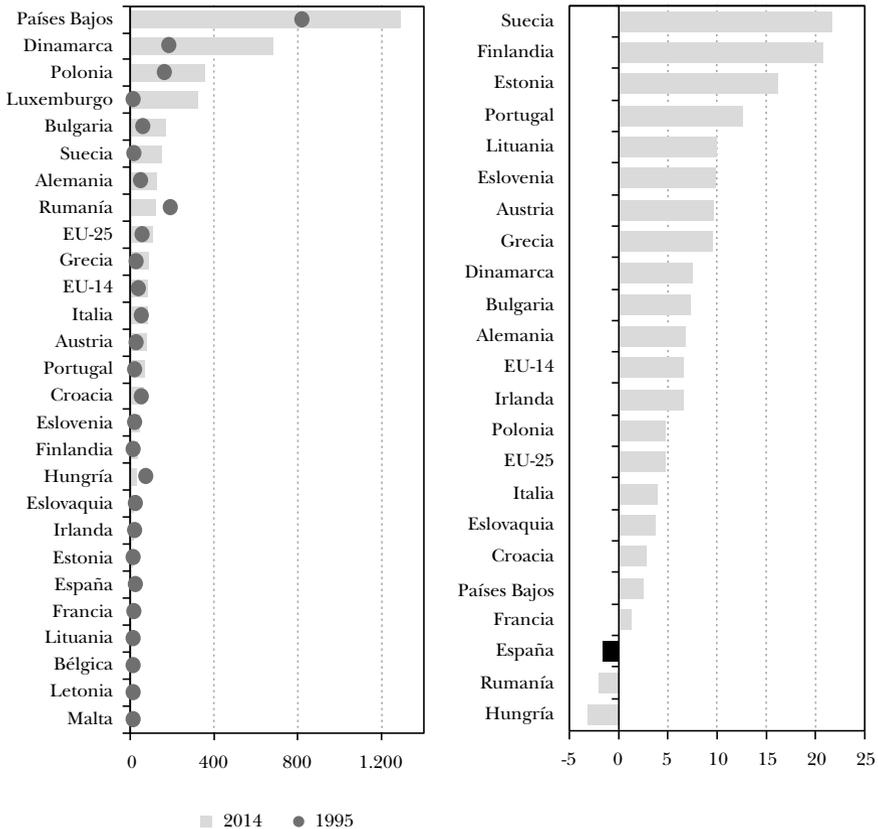
Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

El análisis del valor de estos recursos por km² ofrece conclusiones muy similares. España sigue situándose en los últimos puestos entre los países de la UE y, de nuevo, es uno de los tres países, junto a Rumanía y Hungría, con tasas de variación negativas (gráfico

GRÁFICO 7.33: Valor de los recursos energéticos y minerales por km². Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014

a) Miles de euros de 2014 por km²

b) Tasa de variación media anual, 1995-2014 (porcentaje)



Nota: EU-25 incluye los países de la EU-27 excepto Chipre y República Checa, para los que no se dispone de información. El panel b no incluye a Letonia, Luxemburgo y Malta, al ser sus valores iniciales nulos. Tampoco incluye a Bélgica, cuyo valor final es nulo y cuya tasa de variación es 99,9%, para evitar que distorsione la visualización de los datos del resto de países.

Fuente: Banco Mundial (2020), Eurostat (2021d) y elaboración propia.

7.33). Como ya se ha comentado, este tipo de recursos son muy poco importantes en el capital natural español.

A modo de síntesis de este capítulo, la estimación realizada del capital natural español permite introducir el concepto de sostenibilidad en los análisis del crecimiento que habitualmente se reali-

zan. De esta forma, es posible evaluar si los avances en términos de PIB de las últimas décadas han ido acompañados de reducciones de los capitales naturales, lo que podría comprometer los actuales niveles de bienestar de los que disfruta la población española.

Los resultados obtenidos indican que el capital natural se ha reducido ligeramente desde 1995 en términos reales (-0,5% acumulado), por lo que podría inferirse que el crecimiento del PIB español en las últimas décadas no se ha producido a costa de reducir de forma importante el capital natural. Sin embargo, si su evolución se analiza en términos per cápita, lo que podría considerarse un mejor indicador de crecimiento sostenible a largo plazo, se observa que el capital natural por habitante se ha reducido más de un 15% entre 1995 y 2018, comprometiendo desde este punto de vista el crecimiento económico y el bienestar de las futuras generaciones.

La estimación del valor del capital natural en España permite disponer de información adicional para elaborar indicadores de bienestar más completos, como es la medida de riqueza agregada que utilizan otras instituciones como el Banco Mundial (2018b) y Naciones Unidas (UNEP 2018) y que incluye, además del capital natural, otros tipos de capitales que también son claves para el desarrollo económico, como el acumulado en activos producidos, el capital humano, etc. Desde este punto de vista, la situación económica y la evolución de los niveles de bienestar de la economía española serían peores de los que se infieren de un análisis limitado a la evolución del PIB per cápita, pues mientras este ha aumentado casi un 40% entre 1995 y 2018, la riqueza agregada per cápita ha seguido una evolución mucho más modesta, y ni siquiera ha alcanzado una variación acumulada del 5% en estos 23 años analizados. Sin embargo, este comportamiento de la riqueza ha venido determinado principalmente por la negativa evolución del capital humano, que ha compensado el crecimiento de los capitales producidos y el práctico estancamiento del capital natural. A pesar de esta evolución tan negativa, el capital humano es el que más peso tiene en la riqueza nacional, como también ocurre en la mayor parte de los países desarrollados (UNEP 2018), mientras que el peso de los capitales naturales es muy pequeño, en el entorno del 2%.

El capital natural se compone de distintos tipos de recursos: recursos forestales madereros y no madereros, tierras de cultivo y de pasto, áreas protegidas y recursos energéticos y minerales. El capital natural español está formado, principalmente, por tierras de cultivo y de pasto, especialmente por las primeras. Ambos capitales suponen casi el 60% del capital total en 2018. El valor de las tierras de cultivo se divide entre secano y regadío de forma bastante equitativa. Aunque la superficie dedicada a cultivos de secano es mucho mayor, los mayores precios de las de regadío hacen que el peso de ambas en el *stock* sea muy similar.

A las tierras de cultivo y de pasto le siguen en importancia los recursos forestales, que suponen un 23,3% del total, aunque su peso se ha reducido en más de 12,5 puntos desde 1995. Entre ellos, los más importantes son los recursos no madereros, es decir, los servicios que proporcionan los bosques como los de protección de cuencas hidrográficas, los servicios recreativos, etcétera.

La pérdida de peso experimentada por los capitales forestales se corresponde prácticamente con la ganancia experimentada en las últimas décadas por el valor de las áreas protegidas, que en la actualidad suponen un 16,5% del total. Los recursos energéticos y minerales son los menos importantes en el caso español (no alcanzan ni el 1% del total) y, además, han perdido peso con el paso del tiempo, debido, principalmente, a la reducción de los recursos energéticos, cuya extracción prácticamente se ha abandonado en España a raíz de las normativas aprobadas en materia de medio ambiente y transición energética hacia energías limpias y renovables.

En el contexto europeo, España se sitúa en una posición intermedia en cuanto a sus dotaciones de capital natural per cápita, por encima de la media de la EU-25⁴⁷ y la EU-14. Sin embargo, su situación ha empeorado desde 1995 debido a la reducción de sus dotaciones relativas, al contrario de lo que ha ocurrido en el agregado EU-25. No obstante, vale la pena resaltar que esta evolución negativa también se produce en otros países y en el agregado EU-14, lo que indica que, desde esta perspectiva, el crecimiento

⁴⁷ EU-27 sin Chipre y República Checa.

de la renta por habitante de algunos países europeos no podría calificarse como sostenible, pues ha comportado una pérdida de capital natural y, por consiguiente, una merma de bienestar para las generaciones futuras. Una conclusión parecida se obtiene si se compara la riqueza agregada española (capital natural, producido y humano) con la de sus socios europeos. En este caso, España presenta unas dotaciones relativas similares a las de la EU-25, pero se sitúa entre los países en los que su evolución ha sido más modesta entre 1995 y 2014, último año disponible a nivel internacional.

En cuanto a la composición del capital natural, España destaca entre el resto de países miembros por el volumen del capital natural en tierras de cultivo y, más ligeramente, en el caso de los recursos forestales. La situación es algo peor en términos del capital representado por las áreas protegidas, aunque este es el activo natural que mayor dinamismo ha presentado en las últimas décadas en nuestro país (y también en el conjunto de la UE).

El capital natural representado por las tierras de pasto y, sobre todo, por los recursos energéticos y minerales es más bajo cuando se compara con el resto de países europeos en términos relativos. No obstante, en este último caso hay que tener en cuenta que los supuestos realizados en el caso de España para estimar el valor del capital asociado a este tipo de recursos no son exactamente los mismos que los empleados por el Banco Mundial en sus estimaciones.⁴⁸

⁴⁸ Véase el capítulo 6 para un mayor detalle de la metodología empleada en el caso español.

8. Desagregación del *stock* de capital por comunidades autónomas

UNO de los principales valores añadidos de esta monografía es la estimación del valor del capital natural español por regiones. Esta información es importante porque no todas las comunidades autónomas tienen por qué disponer del mismo tipo de recursos naturales ni de la misma cuantía. Asimismo, las distintas políticas territoriales pueden tener efectos muy diferentes sobre el capital natural de cada región, por lo que disponer de una medición del mismo ofrece información muy valiosa de cara al diseño de estrategias de crecimiento que aseguren la sostenibilidad a largo plazo y ciertos niveles de bienestar de la población.

Las estimaciones realizadas en el marco de esta monografía ofrecen información desde la perspectiva territorial con el mismo nivel de desagregación que para el caso nacional, lo que permite analizar la composición y la evolución de los capitales naturales de cada comunidad autónoma. A este análisis se dedica el presente capítulo. Obviamente, los distintos territorios presentan características y comportamientos particulares, por lo que sistematizar la evolución de todos ellos de forma simultánea resulta complicado. En este contexto, el objetivo de este capítulo es ofrecer los rasgos territoriales más generales sin profundizar en el análisis individualizado y detallado de la situación de cada una de las diecisiete comunidades autónomas.⁴⁹

El capítulo se estructura en cuatro epígrafes. En el primero de ellos se analizan las diferencias regionales existentes en las dota-

⁴⁹ La estimación realizada no incluye información de las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

ciones de capital natural, tanto en valores absolutos como relativizadas según distintas variables, como la población que habita cada territorio, la superficie de cada uno o la cantidad de bienes y servicios producidos PIB. El segundo analiza el indicador agregado de riqueza, que resulta de añadir a esas dotaciones de capital natural otro tipo de capitales como el capital humano o el capital producido, también desde el punto de vista regional. El tercer epígrafe aborda el estudio de la composición del capital natural por tipos de activo en las distintas comunidades autónomas españolas. Finalmente, el capítulo se cierra con un último apartado en el que se resumen los principales resultados obtenidos.

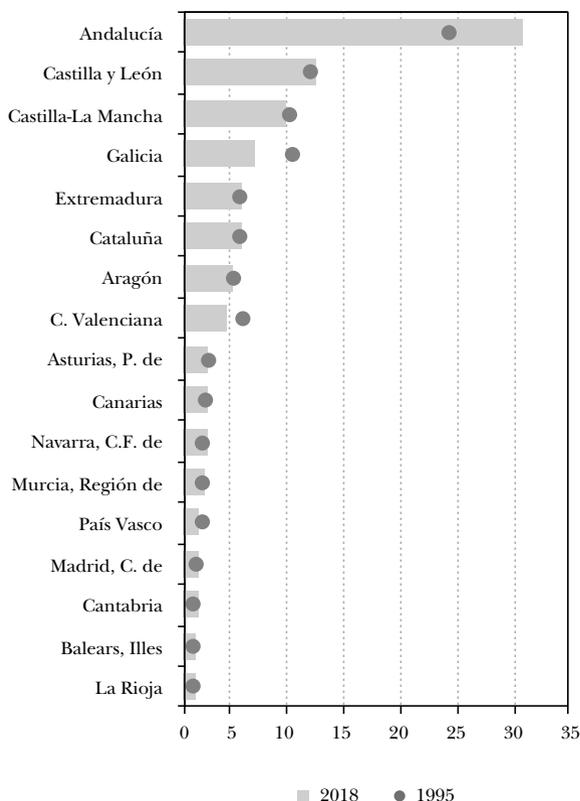
8.1. Valor agregado del *stock* de capital natural por regiones

Las características particulares de cada territorio, tanto las relativas a tamaño como a superficie, geología, clima, etc., determinan en gran parte la disponibilidad de capitales naturales. No obstante, como se ha visto en el capítulo anterior al comparar los datos de distintos países europeos, las diferentes políticas aplicadas en cada territorio pueden influir también en la conservación o degradación de estos capitales.

El gráfico 8.1 muestra el reparto territorial de las dotaciones de capital natural españolas⁵⁰ en 1995 y 2018, primer y último año con información disponible. Como se observa, las comunidades autónomas que concentran una mayor parte del capital natural en España, que en 2018 ascendía a 467.558 millones de euros corrientes, coinciden con las que tienen una mayor extensión territorial: Andalucía (concentra el 30,2% del capital natural español en 2018), Castilla y León (12,5%) y Castilla-La Mancha (10,2%). Estas eran también las tres comunidades con mayor proporción

⁵⁰ Vale la pena recordar que la valoración del capital natural realizada en el marco de esta monografía se basa en las normas contables establecidas por el SEEA Central Framework (Naciones Unidas *et al.* 2014). Además, hay que tener presente que esta valoración resulta parcial, pues no tiene en cuenta el valor de algunos recursos naturales para los que no se dispone de información para su cálculo. Es el caso de los recursos pesqueros, los relacionados con las energías renovables, etcétera.

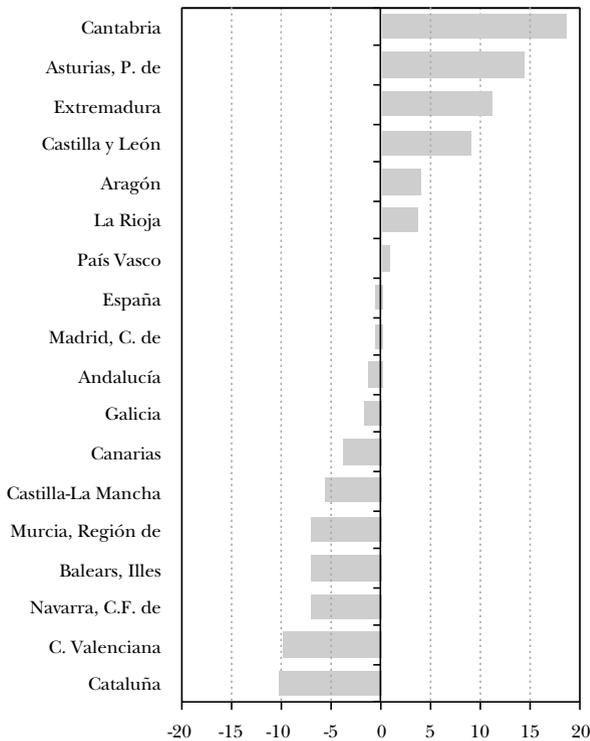
GRÁFICO 8.1: Distribución territorial del capital natural, 1995 y 2018
(porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

de capital natural en 1995. En general, no se observan cambios importantes en la ordenación de las comunidades autónomas entre 1995 y 2018. Tan solo vale la pena comentar la pérdida de posiciones de la Comunitat Valenciana, a favor de Cataluña, Extremadura y Aragón, que en 1995 se situaban por detrás de esta región y con el paso de los años consiguen superarla, y la de Galicia, que también ve reducida su participación en el total nacional en más de tres puntos porcentuales. La gran ganadora durante el período analizado ha sido Andalucía, la primera región del *ranking*. En el

GRÁFICO 8.2: Tasa de variación real acumulada del capital natural. Comunidades autónomas, 1995-2018
(porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

lado opuesto, La Rioja, Illes Balears, Cantabria, Comunidad de Madrid y País Vasco son las regiones que presentan una menor participación en el total nacional, por debajo del 2%.

Esta distribución territorial del capital natural viene condicionada por la evolución de las dotaciones en cada región. El gráfico 8.2 ofrece esta información. Aunque, como se ha comentado en el capítulo 7, el capital natural se ha mantenido prácticamente constante en términos reales a escala nacional, la situación es muy distinta cuando se desciende en el nivel de desagregación territorial. Si se distingue por comunidad autónoma, en siete de ellas el

MAPA 8.1: Tasa de variación real acumulada del capital natural. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = -0,4%)



Fuente: Elaboración propia.

capital natural ha aumentado, mientras que en diez se ha reducido. Además, existen notables diferencias entre las variaciones positivas experimentadas por las primeras regiones del *ranking*, cercanas al 20%, y las últimas, cuya variación negativa supera el -10%.

Las comunidades autónomas que más han aumentado sus dotaciones en términos reales son Cantabria (18,9%), Principado de Asturias (14,4%) y Extremadura (11,2%). Castilla y León, Aragón, La Rioja y País Vasco también crecen por encima de la media nacional, mientras que el resto de comunidades autónomas presentan variaciones negativas (gráfico 8.2 y mapa 8.1). Llama la atención la caída de Cataluña y la Comunitat Valenciana, superior a un 10% acumulado desde 1995.

Por otra parte, sorprende el caso de Andalucía, que pese a sufrir una caída del capital natural en términos reales, es la re-

gión que más ha incrementado su peso en el total nacional desde 1995. La distinta evolución de los precios de los recursos naturales por región explica esta aparente contradicción. Recuérdese que, excepto en el caso de los recursos forestales no madereros y los minerales metálicos, la valoración de los recursos naturales se ha realizado utilizando distintos precios regionales. Este hecho, junto con la distinta composición del capital natural agregado de cada comunidad, explica que el deflactor de precios del agregado sea distinto en cada una.

Para poder comparar con más precisión las dotaciones de capital natural de las que dispone cada comunidad autónoma, conviene ponerlas en relación con otras variables, como la población, la superficie o la cantidad de bienes y servicios producidos (PIB).⁵¹

El gráfico 8.3 y el mapa 8.2 muestran las dotaciones de capital natural total por habitante en los años 1995 y 2018. Extremadura y las dos Castillas presentan las mayores dotaciones de capital natural per cápita, por encima de los 22.000 euros (de 2015) por habitante, cantidad que más que duplica la media nacional, que supera escasamente los 9000 euros por habitante. Llamen la atención las diferencias existentes entre comunidades autónomas, pues la última del *ranking*, Madrid, tiene unas dotaciones que apenas superan los 1000 euros por habitante. También destacan en los últimos puestos Cataluña, País Vasco, Comunitat Valenciana e Illes Balears. El capital natural per cápita en todas ellas no llega a superar los 5000 euros por habitante. Además, estas acusadas diferencias regionales se han ido ampliando a lo largo del período considerado.⁵² Habría que analizar si las diferencias en las políticas regionales relacionadas con el medio ambiente han influido en estos resultados, aunque posiblemente la distinta evolución demográfica de cada región también juegue un papel importante.

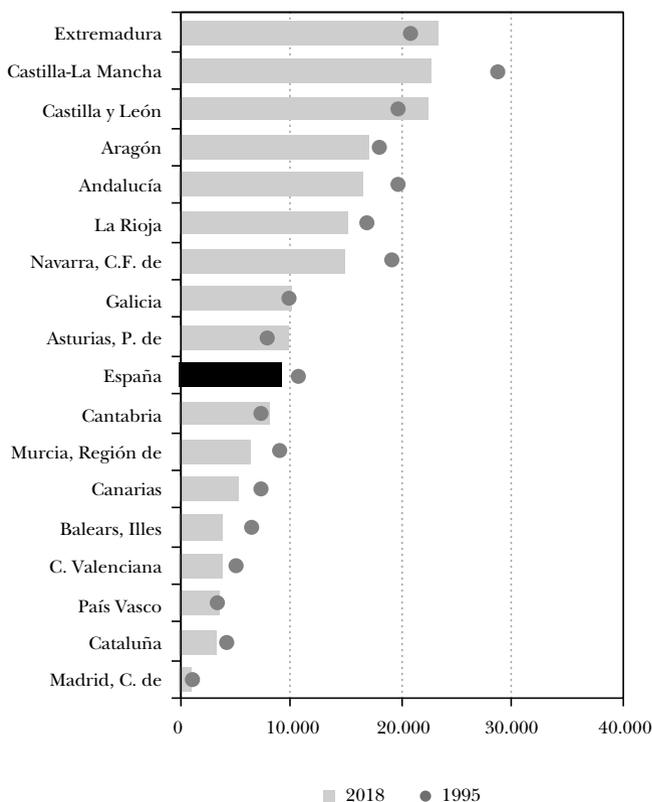
Por otro lado, si se comparan las dotaciones de capital natural por habitante de 2018 con las de 1995, se observa una reducción generalizada. Tan solo cuatro comunidades autónomas aumen-

⁵¹ El apéndice A.6 incluye información sobre la distribución regional de estas tres variables, así como las diferencias regionales en la evolución entre 1995 y 2018 de la población y el PIB.

⁵² El coeficiente de variación ha aumentado un 6% entre 1995 y 2018.

GRÁFICO 8.3: Capital natural per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

(euros de 2015 por habitante)



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

tan sus dotaciones en este período: Extremadura, Castilla y León, Principado de Asturias y Cantabria (gráfico 8.3 y mapa 8.3). Ninguna de ellas destaca por su dinamismo demográfico, sino más bien lo contrario. El resto de regiones presentan tasas de variación negativas de sus dotaciones per cápita en este período, que en algunos casos (Illes Balears, Canarias y la Región de Murcia) han superado el -30%, indicando que el crecimiento experimentado por la población en la mayor parte de territorios ha sido mucho más intenso que el de los recursos naturales disponibles.

MAPA 8.2: Capital natural per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(España = 100)

a) 1995



b) 2018



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

MAPA 8.3: Tasa de variación real acumulada del capital natural por habitante. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = -15,4%)



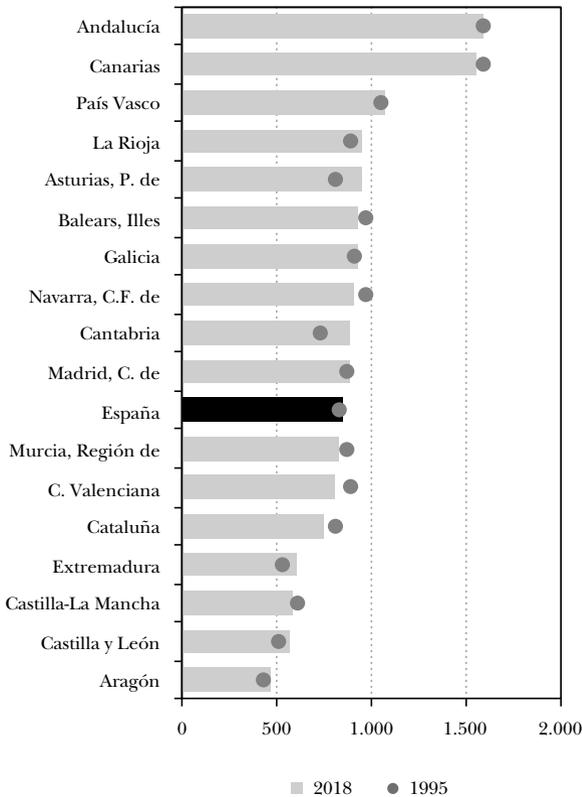
Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

El análisis territorial de las dotaciones por km^2 ofrece resultados distintos, pues, en este caso, comunidades pequeñas en superficie, pero dinámicas desde el punto de vista económico y demográfico, mejoran su posición en el *ranking* regional. Es el caso del País Vasco, Comunidad de Madrid o Illes Balears, que pasan de estar en los últimos puestos si tenemos en cuenta las dotaciones por habitante a situarse por encima de la media nacional si las dotaciones se relativizan con la superficie, algo que no sucede con Comunitat Valenciana, Cataluña y Región de Murcia, que siguen quedando por debajo de la media (gráfico 8.4 y mapa 8.4).

La comunidad con mayores dotaciones por km^2 es Andalucía, seguida muy de cerca por Canarias, y es tres veces mayor que la de Aragón, última región del *ranking*. Sin embargo, según el coeficiente de variación, las diferencias entre regiones se han reducido desde 1995. Algunas regiones que partían con menores dotaciones relativas al principio del período, como Castilla y León y

GRÁFICO 8.4: Capital natural por km². Comunidades autónomas, 1995 y 2018

(miles de euros de 2015 por km²)



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

Extremadura, han conseguido aumentarlas a mayor ritmo que otras mejor dotadas en términos de superficie, que incluso han experimentado una caída importante en el período, como es el caso de los dos archipiélagos y Andalucía (gráfico 8.4 y mapa 8.5).

El gráfico 8.5 y el mapa 8.6 ofrecen un indicador alternativo de las dotaciones relativas de recursos naturales, más relacionado con la actividad económica y, en cierta forma, con su sostenibilidad, la ratio entre el capital natural y el PIB. Es posible pensar en el capital o riqueza acumulada de un territorio como su base

MAPA 8.5: Tasa de variación real acumulada del capital natural por km². Comunidades autónomas, 1995-2018
(media nacional = -0,4%)



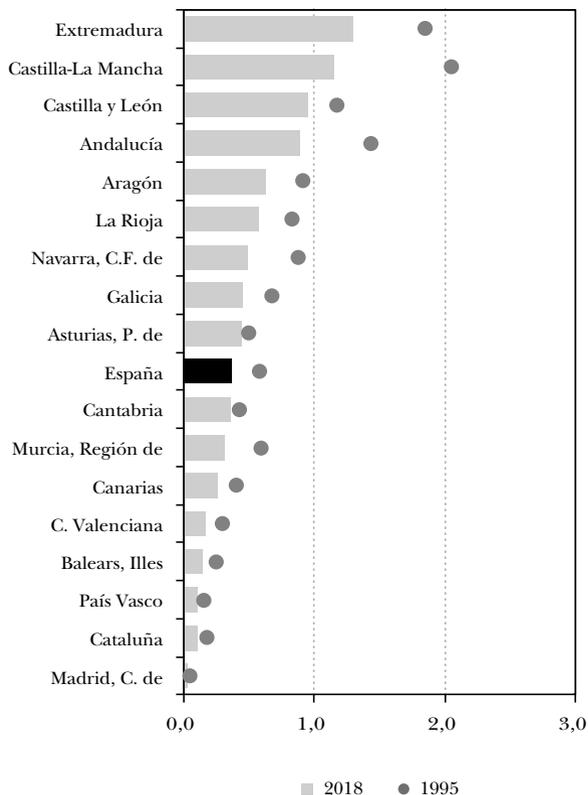
Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

productiva, a partir de la cual se genera todo el flujo de bienes y servicios (es decir, el PIB). Si esa base productiva no se reduce, al mismo tiempo que el flujo de bienes y servicios aumenta, podemos hablar de crecimiento sostenible.

La ordenación de las comunidades en este caso es similar a la que se obtenía al analizar las dotaciones per cápita, pues las comunidades más dinámicas desde el punto de vista económico son las mismas que también lo eran desde el punto de vista demográfico, lo que tiende a reducir el ratio mencionado entre capital natural y PIB. De nuevo, Extremadura y las dos Castillas ocupan las primeras posiciones en el *ranking* establecido en base a este indicador, mientras que la Comunidad de Madrid, Cataluña, País Vasco, Illes Balears, Comunitat Valenciana, Canarias, Región de Murcia y Cantabria se sitúan por debajo de la media nacional.

Por otro lado, la ratio capital natural/PIB se ha reducido entre 1995 y 2018 en todas las comunidades autónomas sin excepción,

GRÁFICO 8.5: Capital natural/PIB. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(euros de 2015 por unidad de producto en términos reales)



Fuente: Eurostat (2021b, 2021f), INE (2021c) y elaboración propia.

especialmente en las regiones del arco mediterráneo, Castilla-La Mancha, Comunidad de Madrid y Comunidad Foral de Navarra (gráfico 8.5 y mapa 8.7). En la Región de Murcia y la Comunidad de Madrid las dotaciones de capital natural por unidad de producto prácticamente se han reducido a la mitad. Este hecho indica que en este período la intensidad del crecimiento del PIB ha sido mucho mayor que la de los recursos naturales. Este resultado podría interpretarse como algo positivo si el capital natural ha aumentado en ese período en cuestión o, al menos se ha mantenido, pues indicaría que se han incrementado los niveles de actividad económica sin que ello haya supuesto una reducción de los capi-

MAPA 8.6: Capital natural/PIB. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(España = 100)

a) 1995



b) 2018



Fuente: Eurostat (2021b, 2021f), INE (2021c) y elaboración propia.

MAPA 8.7: Tasa de variación real acumulada del capital natural/PIB.**Comunidades autónomas, 1995-2018**

(media nacional = -39,1%)



Fuente: Eurostat (2021b, 2021f), INE (2021c) y elaboración propia.

tales naturales (véase gráfico 8.2). En ese caso, se habría producido un desacoplamiento de la producción respecto a este tipo de recursos. No obstante, este resultado debe tomarse con cautela, ya que la definición de capital natural que estamos empleando puede dejar fuera algunos tipos de recursos naturales para los que no se dispone de información y que han podido verse afectados más negativamente por el aumento de la actividad económica en las últimas décadas.

Por otro lado, en el caso de las regiones en las que se ha producido una reducción del capital natural, junto a un crecimiento del PIB, se podría hablar de un patrón de crecimiento insostenible en el tiempo. Este sería el caso de Comunidad de Madrid, Andalucía, Galicia, Canarias, Castilla-La Mancha, Región de Murcia, Illes Balears, Comunidad Foral de Navarra, Comunitat Valenciana y Cataluña.

8.2. Riqueza agregada por regiones

Como ya se ha explicado en el capítulo 7, la medición del capital natural permite disponer de una medida más completa de la riqueza acumulada de un territorio. Tradicionalmente, esta se ha medido en términos de la acumulación de capitales *producidos*, es decir, edificios, máquinas, equipos de transporte, etc., y, en análisis de crecimiento más amplios, se ha incluido también el capital humano y su calidad. Sin embargo, cada vez son más las iniciativas que abogan por construir un indicador de riqueza que contemple otros tipos de capitales, que también resultan cruciales para el desarrollo y crecimiento económico futuros. Como ya se comentó en el capítulo anterior, la medida de riqueza tradicional de un territorio puede ampliarse incluyendo, entre otros, el capital natural, que valora los recursos naturales de los que dispone un territorio. Esta medida más amplia de riqueza ofrece una información complementaria a la del crecimiento del PIB, pues puede considerarse un indicador de la base productiva con la que cuenta un país para la generación del mismo. Algunos trabajos recientes incluso han introducido el capital natural como un *input* más generador de rentas, que contribuye al crecimiento del valor añadido y la productividad.⁵³

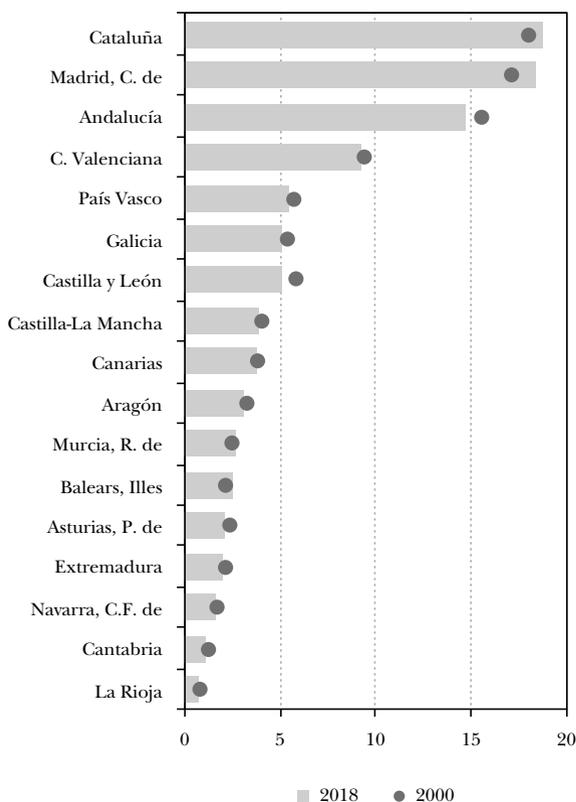
En el caso español, la Fundación BBVA y el Ivie elaboran desde hace años bases de datos relativas al capital producido y humano con un amplio detalle territorial (Fundación BBVA e Ivie 2021a, 2021b). A partir de dicha información, y como ya se hizo para el caso nacional, es posible estimar el valor agregado de la riqueza disponible en cada región. El gráfico 8.6 muestra precisamente la distribución territorial en 2000 (primer año disponible en el caso de los datos de capital humano) y 2018 de esa riqueza o capital agregado, incluyendo el capital natural, que en este último año asciende a casi 20 billones de euros corrientes. La mayor parte

⁵³ La OCDE y el Banco Mundial han desarrollado distintas medidas de la productividad total de los factores ajustada para tener en cuenta diferentes cuestiones medioambientales, como la polución generada por la producción de bienes y servicios o la utilización de distintos tipos de capital natural (sobre todo recursos energéticos y minerales) como *inputs* productivos en los análisis de contabilidad del crecimiento (véase Cárdenas, Haščić y Souchier 2018; UNEP 2018; Banco Mundial 2018b).

(más del 50%) se concentra en los dos años en tres comunidades autónomas: Cataluña, Comunidad de Madrid y Andalucía, seguidas de cerca por la Comunitat Valenciana. En las últimas posiciones aparecen ahora La Rioja, Cantabria, Comunidad Foral de Navarra, Extremadura y el Principado de Asturias, regiones, en su mayoría, de pequeño tamaño en términos de superficie, con excepción de Extremadura.

Si se compara la distribución del capital agregado con la del capital natural (gráfico 8.1), aparecen diferencias importantes, pues

GRÁFICO 8.6: Distribución territorial del stock de capital agregado (natural + producido + humano), 2000 y 2018
(porcentaje)



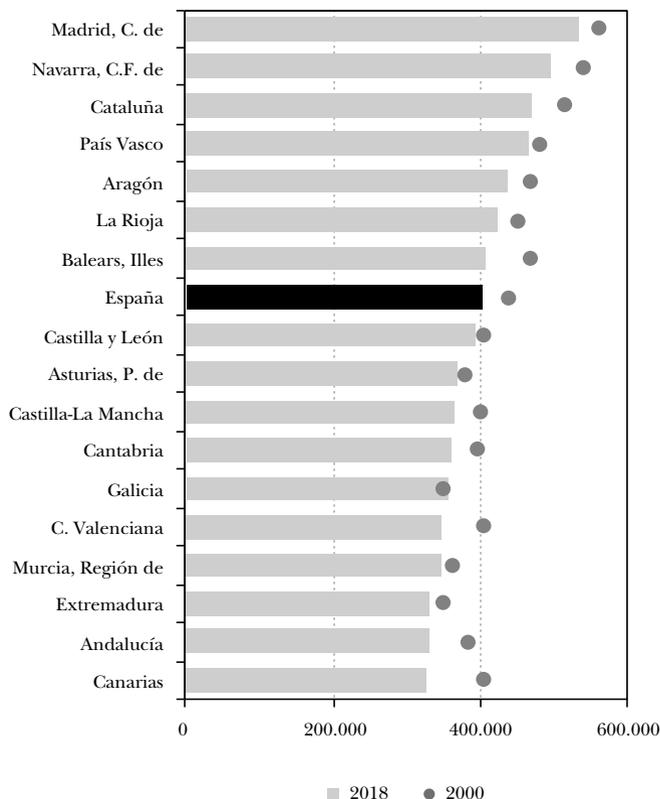
Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

algunas regiones con escasas dotaciones de capital natural ocupan ahora los primeros puestos. Destaca sobre el resto el caso de la Comunidad de Madrid, que pasa de situarse entre las últimas posiciones en términos de capital natural a ser la segunda comunidad en cuanto a dotaciones de riqueza agregada. Y lo contrario ocurre con otras comunidades con mayores dotaciones naturales, pero que pierden posiciones al considerar también el capital producido y el humano. Es el caso, por ejemplo, de las dos Castillas. El análisis de las dotaciones totales per cápita ofrece conclusiones similares, pues de nuevo la Comunidad de Madrid vuelve a aparecer en el primer puesto, mientras que otras comunidades con un elevado volumen de capital natural pasan ahora a ocupar posiciones más retrasadas. Sería el caso de Extremadura, Andalucía o Castilla-La Mancha (gráfico 8.7 y mapa 8.8).

El hecho de incluir en el análisis otros tipos de capitales (producido y humano) hace que estas comunidades pierdan posiciones, pues estos son más abundantes en las comunidades más ricas, como es el caso de la Comunidad de Madrid. En general, estos capitales suelen tener un peso mayor que el capital natural en los países más desarrollados (UNEP 2018), por lo que su distribución territorial influye en mayor medida en la del agregado en las regiones españolas. En este sentido, no hay duda de que las regiones más avanzadas son las que acumulan un mayor volumen de capitales producidos y también de capital humano más cualificado. De ahí las diferencias entre la ordenación regional presentada en el gráfico 8.7 (en función del capital agregado) y la del gráfico 8.2 (según las dotaciones de capital natural per cápita).

La inclusión del valor del suelo urbano, sobre el que se asientan los capitales inmobiliarios ya contemplados en el capital producido, ofrece similares conclusiones, aunque en este caso, el análisis solo puede realizarse para tres años, 2000, 2005 y 2010, debido a las limitaciones de la información regional disponible. El apéndice A.5 ofrece esta información y compara los resultados según se considere o no el capital acumulado en suelo urbano. Como ya se analizó de forma más detallada en el capítulo 7, en caso de incluirlo, el valor de la riqueza agregada aumenta un 15,8% en 2010. Sin embargo, este aumento es diferente en las distintas regiones. Aquellas principalmente urbanas o con mayor

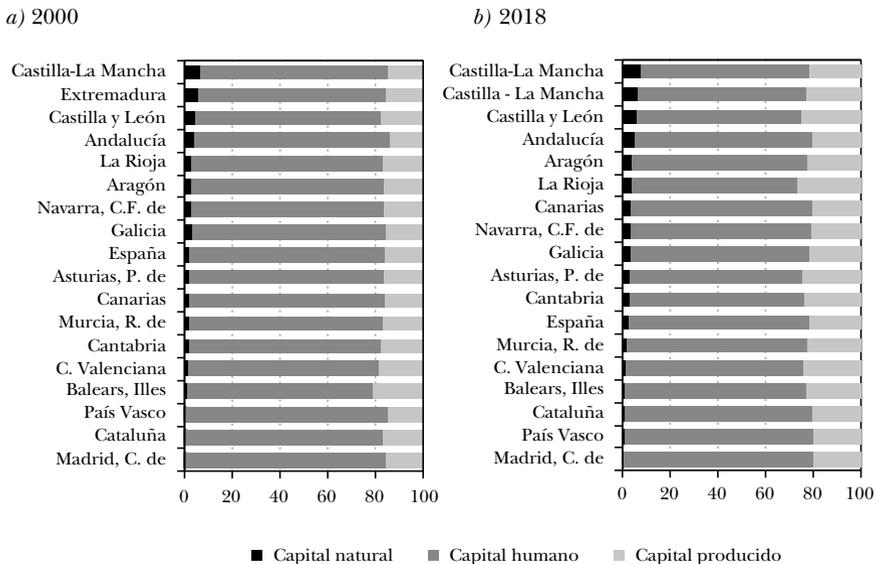
GRÁFICO 8.7: Stock de capital agregado (natural + producido + humano) per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2018
(euros de 2015 por habitante)



Fuente: Eurostat (2021e), Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

peso de los capitales inmobiliarios mejoran su posición en el contexto español, como sucede con los dos archipiélagos y el País Vasco, mientras que en otras el aumento que provoca la inclusión del capital suelo es más modesto (La Rioja, Castilla-La Mancha). En cualquier caso, estas diferencias no son suficientes para modificar las conclusiones que se obtienen al analizar la riqueza definida sin contemplar el capital suelo. Por esa razón, y para trabajar con datos lo más cercanos posible al momento presente, este capítulo se centra en el análisis del indicador de riqueza que no incluye

GRÁFICO 8.8: Composición del stock de capital agregado (natural + producido + humano). Comunidades autónomas, 2000 y 2018
(porcentaje)



Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

el valor del suelo, si bien el lector interesado puede consultar el resultado de llevar a cabo este ejercicio en el apéndice A.5.

Si se analiza la composición del capital agregado en cada comunidad autónoma (gráfico 8.8), los capitales naturales suelen tener un peso algo mayor en aquellas con menor dinamismo económico y demográfico, si bien este es bastante reducido en comparación con el resto de capitales considerados. A escala nacional, ni siquiera supera el 2,5% en 2018, y por comunidades autónomas, tan solo en cuatro de ellas supone más del 5% del stock agregado (Extremadura, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Andalucía). En Madrid, País Vasco y Cataluña, tres de las comunidades más ricas de España, ni siquiera alcanza el 1% del total, debido a la elevada concentración de otro tipo de capitales, físicos y humano, en estas tres regiones.

MAPA 8.8: Capital agregado (natural + producido + humano) per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2018
(España=100)

a) 2000



b) 2018

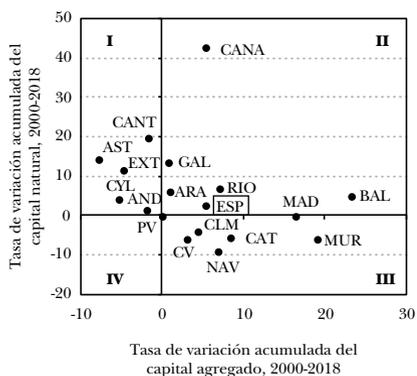


Fuente: Eurostat (2021e), Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

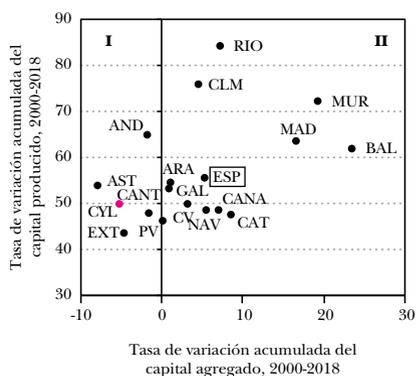
Por otro lado, la composición del capital agregado ha cambiado ligeramente desde el año 2000, pero este cambio ha afectado principalmente al capital humano, que ha perdido peso en casi todas las regiones, y al capital producido, que ha sido el ganador del período. El capital natural, por su parte, ha mantenido su peso o lo ha aumentado ligeramente. Tan solo lo ha perdido en dos comunidades autónomas, Illes Balears y Comunitat Valenciana. La evolución experimentada por el peso del capital natural en la mayoría de las regiones puede considerarse una buena noticia, pues indica que no se ha producido una pérdida de importancia relativa del capital natural a favor de los otros dos tipos de capitales, un fenómeno bastante habitual en algunos países a medida que avanzan en los estadios del desarrollo (UNEP 2018; Banco Mundial 2018b). Sin embargo, el hecho de que el capital natural no pierda peso en el agregado de la riqueza de un país no siempre implica que su evolución haya sido positiva. Por este motivo, además de analizar si ha habido modificaciones en la composición de la riqueza agregada, es importante saber si a lo largo del tiempo se han producido pérdidas absolutas de alguno de los tipos de capitales considerados. En este sentido, la riqueza de un territorio podría permanecer constante o incluso aumentar y aun así estar produciéndose una pérdida importante de capitales naturales, ya que su caída podría ser compensada contablemente por un aumento del valor del capital producido o del capital humano. Esto es lo que parece estar sucediendo en las últimas décadas a nivel agregado en el mundo, según el Banco Mundial (2018b) y UNEP (2018). En este punto, es necesario tener presente que la medida de riqueza agregada que estamos utilizando se basa en el supuesto de que las reducciones de un determinado tipo de capital pueden ser compensadas por aumentos en el resto de capitales. De esta forma, la riqueza de un país o región podría no verse afectada por la pérdida o degradación de los capitales naturales si esta se compensa con inversiones en el sistema educativo (capital humano) y en activos producidos, que permitan aumentar el resto de capitales. Este supuesto se basa en un concepto de *sostenibilidad débil*, según el cual la sostenibilidad del desarrollo económico depende del mantenimiento de la riqueza agregada. Este planteamiento, que con frecuencia es aceptado implícitamente por muchos eco-

GRÁFICO 8.9: Tasa de variación acumulada del stock de capital agregado vs. tasa de variación de sus componentes. Comunidades autónomas, 2000-2018 (porcentaje)

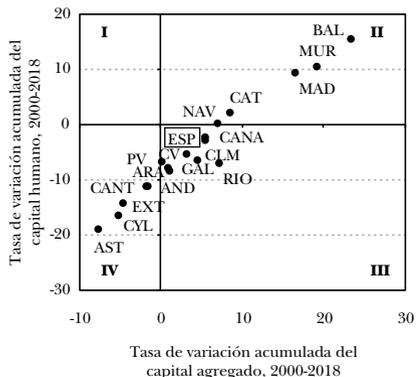
a) Capital agregado vs. capital natural



b) Capital agregado vs. capital producido



c) Capital agregado vs. capital humano



Nota: ESP: España; AND: Andalucía; ARA: Aragón; AST: Principado de Asturias; BAL: Illes Balears; CANA: Canarias; CANT: Cantabria; CYL: Castilla y León; CLM: Castilla-La Mancha; CAT: Cataluña; CV: Comunitat Valenciana; EXT: Extremadura; GAL: Galicia; MAD: Comunidad de Madrid; MUR: Región de Murcia; NAV: Comunidad Foral de Navarra; PV: País Vasco; RIO: La Rioja.

Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b) y elaboración propia.

nomistas, no lo es por parte de aquellos científicos, incluyendo también otros economistas, que defienden que el mantenimiento del capital natural es indispensable para asegurar la sostenibilidad del crecimiento económico a largo plazo, independientemente de lo que ocurra con la riqueza agregada. Se trataría, en este caso, de un concepto *fuerte* de sostenibilidad, basado en la creencia de que el capital natural es irremplazable (Pearce, Atkinson y Dubourg 1994; Hediger 1999, 2006). Teniendo esto en cuenta, es importante, además de analizar la evolución de la riqueza agregada en su conjunto, compararla con la de cada uno de los tipos de capital considerados. El gráfico 8.9 compara las tasas de variación del capital agregado de las comunidades autónomas con las correspondientes al capital natural, el producido y el humano.

Como se comentó en el capítulo 7, la riqueza agregada de España aumentó entre 2000 y 2018 en términos reales. Sin embargo, cuando se analiza lo ocurrido en los distintos territorios, se observan descensos en la riqueza de algunas regiones, como es el caso de Asturias, Castilla y León, Extremadura, Andalucía y Cantabria, que son debidos principalmente a reducciones de su capital humano. La comparación de estas tasas de crecimiento del capital agregado con las de sus tres componentes permite clasificar a las comunidades según el cuadrante en el que se sitúan. Tomando como referencia el panel *a* del gráfico 8.9, las comunidades situadas en el cuadrante II se caracterizan por una evolución creciente tanto de la riqueza agregada como del capital natural (sostenibilidad fuerte), las situadas en el III se caracterizan por un aumento de la riqueza agregada junto con una reducción de su capital natural (sostenibilidad débil), mientras que las regiones situadas en los cuadrantes I y IV han sufrido pérdidas de riqueza en el período considerado, acompañadas de mejoras (I) o caídas (IV) de sus capitales naturales. En ambos casos, se estaría produciendo un descenso del bienestar, aproximado por este indicador. El resto de paneles del gráfico enfrentan la evolución de la riqueza agregada con la del capital producido (panel *b*) y la del capital humano (panel *c*). Centrándonos en el análisis del capital natural, tan solo cinco comunidades están en un escenario de crecimiento sostenible en sentido fuerte: Canarias, Illes Balears, La Rioja, Galicia y Aragón. Solo en estos territorios el crecimiento

de la riqueza agregada ha ido acompañado de un crecimiento del capital natural, algo que también ocurre en el agregado nacional. Con un crecimiento sostenible, pero en sentido débil (cuadrante III), se sitúan regiones como Comunidad de Madrid, Región de Murcia, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra, Castilla-La Mancha, Comunitat Valenciana y País Vasco. Estos territorios presentan mejoras en cuanto a la riqueza que acumulan, pero estas se han logrado principalmente gracias al aumento de sus dotaciones de capital producido, al mismo tiempo que se reducía el capital natural. Por tanto, en estos casos (la mayoría) estaríamos hablando de sostenibilidad débil. El resto de comunidades autónomas (Principado de Asturias, Extremadura, Castilla y León, Andalucía y Cantabria) han sufrido una caída de su riqueza, lo que supondría un empeoramiento de sus niveles de bienestar, junto con un aumento de su capital natural (cuadrante I). En estos territorios, el responsable de esta caída de la riqueza agregada es el capital humano,⁵⁴ como puede observarse en el panel *c* del gráfico 8.9. De hecho, este se ha reducido en todas las regiones, exceptuando el caso de Illes Balears, Cataluña, Comunidad de Madrid, Región de Murcia y Comunidad Foral de Navarra. En cambio, el capital producido ha aumentado en todas las regiones, haciendo que todas ellas se sitúen en los cuadrantes I y II.

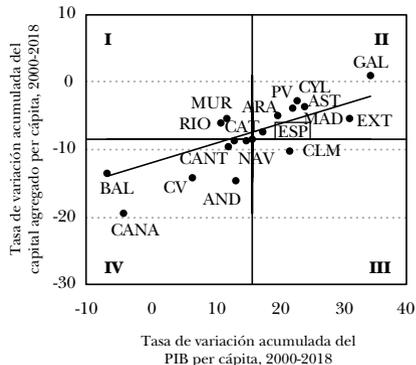
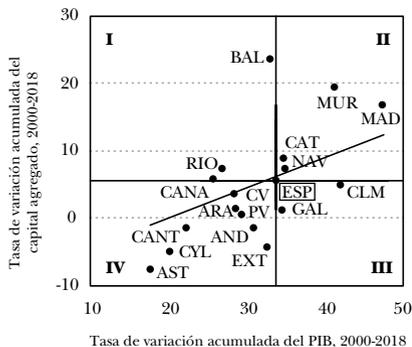
También resulta de interés comparar la evolución de la riqueza agregada con la del PIB, indicador que habitualmente se utiliza para evaluar el desarrollo y crecimiento de distintas regiones. En el caso español, el PIB presenta un crecimiento más elevado que la riqueza en todas las comunidades autónomas. Sin embargo, se observa cierta correlación entre las tasas de crecimiento de ambas magnitudes. En general, las regiones con mayores tasas de creci-

⁵⁴ Esta caída del capital humano se debe principalmente al envejecimiento de la población en edad de trabajar, que es la que se tiene en cuenta para su cálculo. Los años medios de vida laboral restantes antes de la jubilación de este grupo de población se han reducido un 14% desde el año 2000, lo que explica casi en su totalidad la caída del capital humano en España. Otros factores, como el aumento de los años de estudio por persona, las tasas de actividad o empleo, la productividad, etc., han tenido un efecto positivo sobre el capital humano, pero no han sido suficientes para compensar los efectos de la evolución demográfica. Véase un análisis más detallado del capital humano en España y sus regiones en Serrano, Albert y Soler (2022).

GRÁFICO 8.10: Tasa de variación acumulada del *stock* de capital agregado (natural + producido + humano) y PIB real. Comunidades autónomas, 2000-2018 (porcentaje)

a) Capital agregado y PIB

b) Capital agregado y PIB per cápita



Nota: Las líneas que dividen los gráficos en cuatro cuadrantes representan las tasas de variación medias del agregado nacional. Véase la nota del gráfico 8.9 para la equivalencia de las abreviaturas.

Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b), Eurostat (2021b, 2021e, 2021f), INE (2021c) y elaboración propia.

miento del PIB son también las que presentan mayores tasas de crecimiento de la riqueza (gráfico 8.10, panel a), aunque vale la pena destacar que, mientras el PIB ha aumentado en todas las regiones, no ha sucedido lo mismo en el caso del capital agregado, que como ya se ha comentado, presenta tasas de variación negativas en cinco comunidades (Cantabria, Andalucía, Extremadura, Castilla y León y Principado de Asturias). El gráfico 8.10 permite clasificar a las comunidades autónomas en cuatro cuadrantes determinados por la tasa de variación nacional. En el cuadrante I se sitúan aquellas comunidades con una evolución del PIB más modesta que la media española, pero un crecimiento del capital agregado más intenso (Illes Balears, La Rioja y Canarias). El cuadrante II agrupa a las regiones con un crecimiento más intenso que la media tanto del PIB como de la riqueza agregada (Región de Murcia, Comunidad de Madrid, Cataluña y Comunidad Foral de Navarra). En los dos cuadrantes restantes se sitúan las regiones con un menor crecimiento de la riqueza y un mayor (cuadrante

III) o menor (IV) crecimiento del PIB. En este último cuadrante es en el que se sitúan la mayor parte de las regiones restantes.

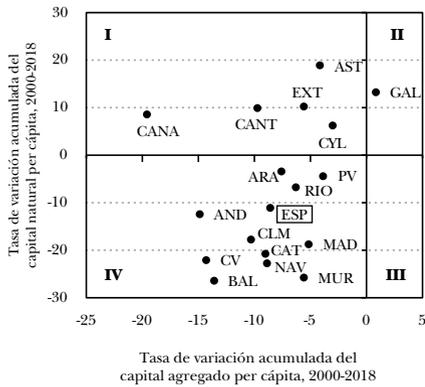
En términos per cápita, las reducciones de la riqueza agregada son generalizadas y tan solo una comunidad, Galicia, presenta una variación positiva entre 2000 y 2018 (gráfico 8.7 y 8.10, panel *b*). Este era un resultado que ya se producía en el caso del agregado nacional, pero que se observa de forma más acentuada en algunas comunidades como Canarias, Andalucía, Comunitat Valenciana o Illes Balears, que presentan descensos acumulados superiores al 10%. En estos resultados hay que tener en cuenta también la distinta evolución de la población en las regiones españolas. Mientras Canarias, Illes Balears y Comunitat Valenciana están entre las regiones donde más aumentó la población entre 2000 y 2018, por encima del 20% acumulado, en Galicia se produjo un estancamiento demográfico en el mismo período (véase apéndice A.6).

Este descenso generalizado contrasta con las mejoras en términos de PIB per cápita, que se han producido desde el año 2000 en la mayor parte de las comunidades autónomas (solo los dos archipiélagos han sufrido retrocesos). Así pues, aunque según este indicador la mayor parte de las regiones ha tenido un buen comportamiento en el período analizado, pues han conseguido incrementar la renta por habitante generada anualmente, el análisis de la evolución de la riqueza o capital agregados por habitante no es tan positivo. La evolución de esta magnitud indicaría más bien una pérdida de capacidades básicas para su crecimiento y desarrollo futuros. En cualquier caso, se observa de nuevo una correlación positiva entre ambos indicadores, un resultado que también se obtiene en análisis similares llevados a cabo a nivel internacional (UNEP 2018).

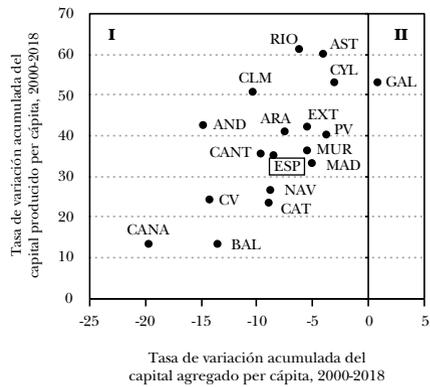
El panel *b* del gráfico 8.10 también permite clasificar a las comunidades autónomas en cuatro cuadrantes, según su situación relativa respecto a la media nacional, teniendo en cuenta esta vez la evolución del PIB y la riqueza per cápita. En este caso, las regiones mejor situadas (cuadrante II), con tasas de variación superiores a la media de la riqueza y el PIB per cápita, son Galicia, País Vasco, Castilla y León, Principado de Asturias, Comunidad de Madrid, Extremadura y Aragón. Sin embargo, mientras en el caso

GRÁFICO 8.11: Tasa de variación acumulada del stock de capital agregado per cápita vs. tasa de variación de sus componentes per cápita. Comunidades autónomas, 2000-2018 (porcentaje)

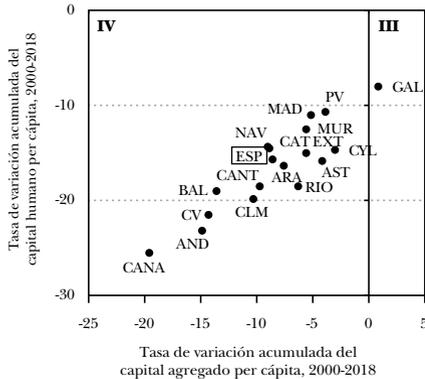
a) Capital agregado vs. capital natural



b) Capital agregado vs. capital producido



c) Capital agregado vs. capital humano



Nota: Véase la nota del gráfico 8.9 para la equivalencia de las abreviaturas.

Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2021a, 2021b), Eurostat (2021c) y elaboración propia.

de Madrid o País Vasco esta posición se basa en un fuerte crecimiento económico acompañado de una intensa acumulación de capital humano y de capitales físicos, en el caso del resto de regiones se debe más bien a un crecimiento demográfico modesto, que en algunos casos (Castilla y León y Asturias) es incluso negativo.⁵⁵

Si se repite el análisis realizado a partir del gráfico 8.9 en términos per cápita, la situación cambia radicalmente y ahora todas las comunidades, con la única excepción de Galicia, se sitúan en los cuadrantes I y IV cuando se comparan las tasas de variación de la riqueza agregada y del capital natural por habitante (gráfico 8.11, panel *a*). Así pues, en términos per cápita, no podemos ni siquiera hablar de crecimiento sostenible en sentido débil, medido a partir de la riqueza acumulada en lugar de a partir de los flujos de renta generados anualmente. Tan solo en el caso de Galicia se ha producido un crecimiento sostenible en sentido fuerte, pues tanto la riqueza agregada como la natural han aumentado en términos per cápita desde 2000. El estancamiento de la población de esta comunidad autónoma en las últimas décadas es responsable, en parte, de este buen resultado. En el resto de comunidades, y en el agregado nacional, la riqueza per cápita ha descendido. Este descenso, sin embargo, no ha venido determinado únicamente por caídas en las dotaciones relativas de capital natural. De hecho, este aumenta en algunas comunidades autónomas como Canarias, Cantabria, Principado de Asturias, Castilla y León, Extremadura y Galicia. La principal causa de esta caída de la riqueza agregada es el capital humano, cuyo valor per cápita se ha reducido en todas las regiones, lo que provoca que todas las comunidades autónomas, y también España, se sitúen en los cuadrantes III y IV en el panel *c* del gráfico 8.11. Lo contrario ha ocurrido en el caso del capital producido (panel *b*). En ese caso, todas las comunidades se sitúan en los paneles I y II, indicando que las tasas de variación de este tipo de capitales por habitante han sido positivas entre los años 2000 y 2018.

⁵⁵ Véase el apéndice A.6 para tener información sobre la distinta evolución regional de la población y el PIB.

Estos resultados confirman que, en las últimas décadas, el esfuerzo inversor en activos producidos ha sido notable (Mas *et al.* 2018; Pérez y Mas [dirs.] 2020), provocando que el aumento del capital acumulado en este tipo de activos haya sido el que mayor crecimiento ha experimentado. Por otro lado, el crecimiento del capital humano y natural ha sido más modesto, e incluso negativo, en muchos casos. Disponer de esta información sobre el volumen de riqueza o capital disponible, así como sobre su composición, permite ajustar mejor el diseño de las políticas de crecimiento y desarrollo para que tengan en cuenta no solo la situación a corto plazo sino también el crecimiento futuro, así como su sostenibilidad. Solo de esta forma será posible asegurar a las generaciones futuras niveles de bienestar que sean, al menos, similares a los actuales (UNEP 2018).

8.3. Composición del capital natural por regiones

En los apartados anteriores de este capítulo se ha puesto el foco en la evolución de las dotaciones de capital natural de las regiones españolas desde una perspectiva agregada y en la evolución de un indicador más amplio de riqueza desarrollado por el Banco Mundial, que resulta de añadir a esas dotaciones otro tipo de capitales, como el capital humano o el capital producido, también desde el punto de vista regional.

El análisis de la composición del capital natural de cada comunidad autónoma y de la evolución de cada tipo de activo individual en los diferentes territorios que se va a realizar en este apartado permite explicar el comportamiento observado a nivel agregado y complementar los resultados obtenidos en los apartados anteriores.

Las estimaciones del *stock* natural realizadas en el marco de esta monografía ofrecen información desde la perspectiva territorial con el mismo nivel de desagregación que para el caso nacional, tal y como se ha comentado al principio de este capítulo, lo que permite analizar la composición y la evolución de los capitales naturales de cada comunidad autónoma para las diferentes categorías de recursos naturales: recursos forestales, tierras de cultivo

y pastos, áreas protegidas y recursos energéticos y minerales. Los tres primeros, que son los más importantes en España, pueden considerarse recursos renovables, mientras los recursos energéticos y minerales forman el grupo de recursos naturales no renovables.

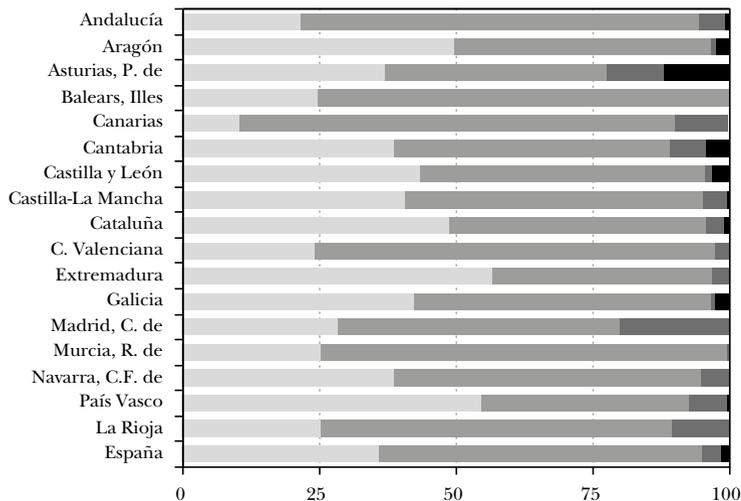
El gráfico 8.12 muestra la distribución porcentual del capital natural en términos corrientes entre los cuatro grandes grupos de recursos naturales de las 17 comunidades autónomas para las que se dispone de información y en los dos años más distantes del período, 1995 y 2018. Los mapas 8.9 a 8.12 muestran, de forma individualizada, los cambios en la importancia relativa de los cuatro activos naturales en esos dos momentos del tiempo.

Como veíamos en el capítulo previo al analizar el comportamiento del *stock* de capital nacional, el valor de las áreas protegidas ha avanzado considerablemente en el período analizado, ganando peso en el agregado en todas las comunidades autónomas sin excepción. Mientras tanto, el peso del resto de activos se ha mantenido prácticamente estable (tierras de cultivo y pastos y recursos energéticos y minerales) o se ha reducido (recursos forestales) en términos relativos. A nivel regional, esta dinámica también se ha producido en términos generales, aunque con algunos matices diferenciales en algunos territorios que se van a analizar en las líneas siguientes.

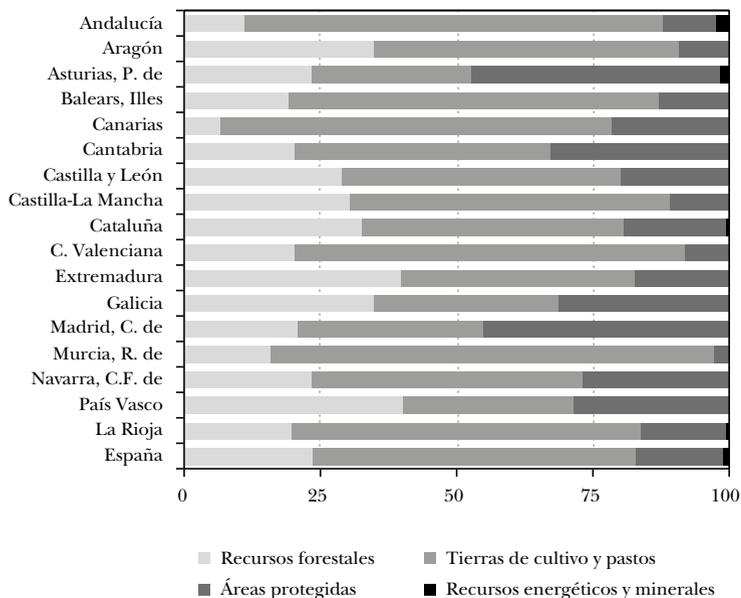
En 1995, las tierras de cultivo y pastos eran el recurso natural más importante en la gran mayoría de las regiones españolas, y esa mayor importancia relativa se ha mantenido hasta el final del período. En 2018, el capital natural de tierras de cultivo y pastos representaba el 59,4% del total de capital natural de España en su conjunto, un porcentaje muy similar al del principio del período (58,6%), pero en algunas regiones superaba incluso el 70%, como en la Comunitat Valenciana (71,7%), Canarias (71,8%), Andalucía (76,6%) y, especialmente, en la Región de Murcia, donde la participación de este activo alcanzaba el 81,5%. Como muestra el mapa 8.9, esas cuatro regiones, junto a Illes Balears y La Rioja, son las que cuentan con una mayor proporción de tierras de cultivo y pastos, por encima de la media nacional, tanto al inicio como al final del período.

GRÁFICO 8.12: Composición del stock de capital natural según tipo de activo. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(porcentaje)

a) 1995



b) 2018



Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.9: Capital en tierras de cultivo y pastos/Capital natural total.Comunidades autónomas, 1995 y 2018

a) 1995

(media nacional = 58,6%)



b) 2018

(media nacional = 59,4%)



■ Por debajo de la media
 ■ Por encima de la media

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, en las regiones con menor peso relativo de este activo, ese porcentaje no alcanza el 35%, como es el caso del Principado de Asturias (29,1%), el País Vasco (31,1%), Galicia (34,1%) y Comunidad de Madrid (34,1%). Se trata, en su mayor parte (exceptuando el caso de Galicia), de regiones con una especialización productiva muy concentrada en actividades industriales o de servicios, en las que las actividades agrarias tienen una participación en el PIB más baja que en otras regiones españolas (Maudos y Salamanca 2021).

Mientras que en regiones como Aragón y la Región de Murcia las tierras de cultivos y pastos han ganado peso en el agregado (9,4 y 7,0 puntos porcentuales respectivamente), en otras regiones se ha reducido considerablemente, como es el caso de Galicia (20,0 puntos porcentuales), la Comunidad de Madrid (17,2 puntos porcentuales) y el Principado de Asturias (10,7 puntos porcentuales).

Los recursos forestales son los que muestran, en general, un mayor peso relativo tras las tierras de cultivo y pastos. En el conjunto del territorio nacional representaban en 2018 el 23,3% del capital natural total, aunque llegaron a suponer más de un tercio del total al principio de período (35,9%). El peso de este activo varía mucho de unas regiones a otras, desde el escaso 6,7% que representa en Canarias hasta el 40,3% del País Vasco. En algunas regiones, los recursos forestales son el principal activo natural, como en el País Vasco (40,3%), que casi duplica el peso de este activo a nivel nacional, o en Galicia (34,6%), superando en importancia a las tierras de cultivo y pastos (31,1% y 34,1%, respectivamente). Este tipo de recursos también tienen un peso elevado en Extremadura (39,4%) y Aragón (34,9%). El mapa 8.10 muestra que los dos archipiélagos, Andalucía, Región de Murcia, Comunitat Valenciana, Comunidad de Madrid y La Rioja son las regiones con menor peso de los recursos forestales, tanto al principio como al final del período. Cantabria y Comunidad Foral de Navarra se han unido a este grupo al final del período.

En todas las regiones sin excepción la importancia relativa de este recurso natural se ha reducido en los 23 años del período considerado, especialmente en Cantabria y Extremadura, donde la caída se cifra en 18,3 y 17,1 puntos porcentuales respectivamente.

MAPA 8.10: Capital en recursos forestales/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

a) 1995

(media nacional = 35,9%)



b) 2018

(media nacional = 23,3%)



■ Por debajo de la media
 ■ Por encima de la media

Fuente: Elaboración propia.

Las áreas protegidas designadas en virtud de convenios y acuerdos regionales, nacionales e internacionales son el activo que ha experimentado una mayor expansión en las últimas décadas, de tal forma que ha llegado a más que cuadruplicar su peso relativo en el agregado entre 1995 y 2018. Si en 1995 suponían un 3,9% del total del *stock* de capital natural nacional, en el último año para el que se dispone de información, 2018, ese porcentaje alcanza el 16,5% del total. Como ya se comentó en el capítulo 7, el aumento del valor real de las áreas protegidas tiene efectos positivos, tanto desde el punto de vista medioambiental como desde el socioeconómico, ya que la designación de nuevas áreas protegidas puede servir para generar actividad y riqueza en ciertas zonas rurales. La gestión de estas zonas protegidas, así como el desarrollo de infraestructuras turísticas sostenibles, pueden generar empleos en zonas deprimidas afectadas por la despoblación (García 2019).

Además, la ganancia de cuota en el total agregado ha sido generalizada, ya que todas las comunidades autónomas han aumentado el peso que representa este tipo de activo en su *stock* de capital natural agregado. Sin embargo, existen diferencias en la importancia relativa de este activo dentro de cada territorio. Así, nos encontramos con regiones en las que las áreas protegidas tienen un peso reducido, como Andalucía (10,0%), Aragón (9,2%), la Comunitat Valenciana (8,0%), y, especialmente, la Región de Murcia, donde representan un escaso 2,5% del capital natural total. En estos casos, el elevado volumen de tierras de cultivo hace que el peso de las áreas protegidas sea menor que en otras regiones. Por el contrario, en otras regiones como la Comunidad de Madrid (45,4%) y el Principado de Asturias (45,6%), este tipo de recurso tiene una importancia relativa similar al del conjunto de los restantes tipos de recursos naturales. También resulta llamativo el desplazamiento de la localización de las regiones con mayor proporción de áreas protegidas desde el sur de la península hacia el noroeste y Cataluña. Andalucía, Castilla-La Mancha y La Rioja, que partían con un peso relativo por encima de la media nacional, han sido alcanzadas por Castilla y León, Galicia, Extremadura y Cataluña con el paso del tiempo (mapa 8.11).

Los recursos energéticos y minerales tienen un peso muy reducido en el *stock* de capital natural nacional en España. Al principio

MAPA 8.11: Capital en áreas protegidas/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

a) 1995

(media nacional = 3,9%)



b) 2018

(media nacional = 16,5%)



■ Por debajo de la media
 ■ Por encima de la media

Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.12: Capital en recursos energéticos y minerales/ Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

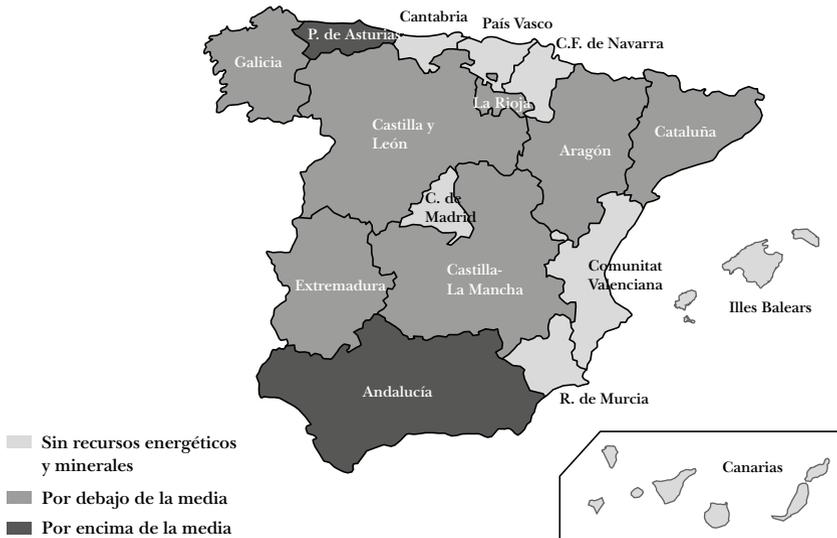
a) 1995

(media nacional = 1,6%)



b) 2018

(media nacional = 0,8%)



- Sin recursos energéticos y minerales
- Por debajo de la media
- Por encima de la media

Fuente: Elaboración propia.

del período, estos activos representaban tan solo el 1,6% del *stock* de capital natural total. Este porcentaje todavía se ha reducido más a lo largo del período, hasta situarse en el 0,8% en 2018. Este descenso está motivado por las distintas iniciativas regionales, nacionales e internacionales que han surgido en estos años para apoyar e impulsar la transición energética hacia el uso de energías limpias y renovables que permitan una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este cambio ha hecho que la extracción de productos energéticos fósiles en España se haya reducido considerablemente desde 1995.

Algunas regiones ya partían de un *stock* de capital nulo en recursos energéticos y minerales naturales a principio de período. Es el caso de los dos archipiélagos, Comunitat Valenciana, Comunidad de Madrid, Región de Murcia, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja. Esta situación se mantiene durante todo el período, con algunas variaciones. La Rioja añade finalmente este activo a su capital natural, mientras que el *stock* inicial de recursos energéticos y minerales de Cantabria y País Vasco se va reduciendo hasta agotarse a lo largo del período contemplado.

Andalucía (2,4%), Principado de Asturias (1,8%) y, a cierta distancia, La Rioja (0,5%) son las regiones donde los recursos energéticos y minerales tenían un mayor peso relativo en 2018, aunque solo las dos primeras superaban la media nacional (mapa 8.12). Sin embargo, la trayectoria de Andalucía y La Rioja ha sido muy diferente a la de Principado de Asturias, ya que, mientras en las dos primeras el peso relativo de este tipo de activo en el agregado ha aumentado a lo largo de período, en el Principado de Asturias se ha reducido en más de 10 puntos porcentuales. En las dos Castillas, Aragón y Extremadura la presencia de este tipo de activos en su *stock* agregado es prácticamente testimonial en la actualidad.

El gráfico 8.13 muestra la evolución real del capital natural, distinguiendo por tipo de activo, para los territorios españoles con información disponible (todas las comunidades autónomas excepto Ceuta y Melilla). La evolución real se muestra como un índice de volumen que toma valor 100 en el primer año disponible, 1995. Este análisis se complementa con los mapas 8.13 a 8.16,

que muestran la tasa de variación real acumulada entre 1995 y 2018 para cada uno de los activos integrantes del capital natural.

Aunque a nivel nacional el *stock* de capital en 2018 se sitúa en niveles algo inferiores a los de principios del período, ya que se ha reducido un 0,4%, algunas comunidades autónomas han experimentado importantes avances en sus dotaciones en términos reales, incluso por encima del 10%, como Cantabria (18,9%), Principado de Asturias (14,4%) y Extremadura (11,2%). Sin embargo, diez regiones han visto reducido su *stock* de capital natural. Esta reducción ha sido especialmente intensa en Cataluña (-10,2%), Comunitat Valenciana (-10,1%), Comunidad Foral de Navarra (-7,1%), Illes Balears (-7,0%) y Región de Murcia (-6,9%) (gráfico 8.2).

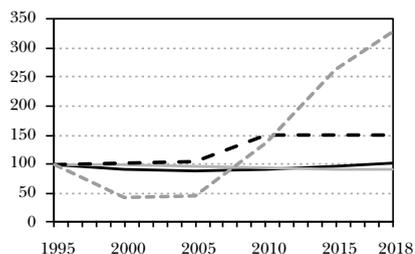
El comportamiento a nivel agregado del capital natural es el resultado de la evolución individual de cada uno de los distintos activos que lo componen. A escala nacional, el mayor dinamismo lo presenta el capital en áreas protegidas que más que se duplica, mientras que el resto de recursos se ha reducido, ligeramente en lo que se refiere al valor de las tierras de cultivo y pasto y los recursos forestales, y con mayor intensidad en los recursos energéticos y minerales. Estos descensos no han sido totalmente compensados por el fuerte aumento del valor de las áreas protegidas, de manera que al final del período el *stock* de capital natural agregado es ligeramente inferior al existente en 1995.

Este patrón, de importante avance a lo largo del período del capital en áreas protegidas frente a un crecimiento más modesto o incluso retroceso del resto de activos, se repite en la mayoría de las regiones españolas, aunque en algunas comunidades autónomas el crecimiento del *stock* real de las áreas protegidas sí ha compensado la caída del resto de activos naturales y ha permitido el avance del *stock* de capital natural agregado.

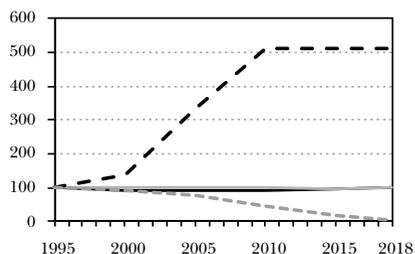
Los recursos forestales, pese al leve decrecimiento experimentado en el conjunto del territorio nacional (-0,1%), han avanzado a buen ritmo en algunas regiones. Es el caso de Extremadura (5,5%), La Rioja (6,0%), Castilla-La Mancha (7,3%), Comunidad Foral de Navarra (7,4%) y la Comunidad de Madrid (7,6%). Por el contrario, la Comunitat Valenciana (-15,4%) y las regiones situadas en la cornisa cantábrica han sufrido una importante re-

GRÁFICO 8.13: Evolución real del stock de capital natural según tipo de activo.
Comunidades autónomas, 1995-2018
 (1995=100)

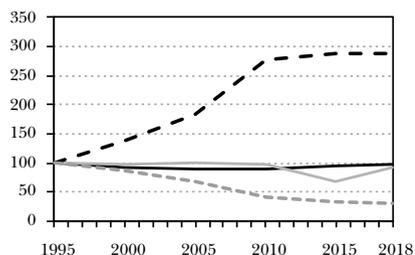
a) Andalucía



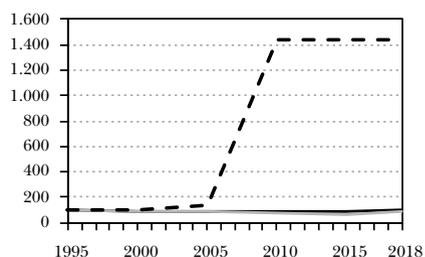
b) Aragón



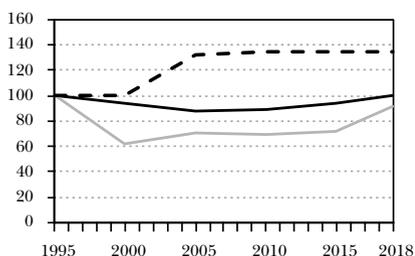
c) Principado de Asturias



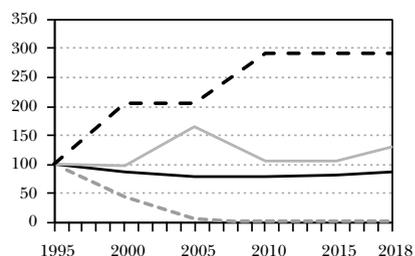
d) Illes Balears



e) Canarias



f) Cantabria

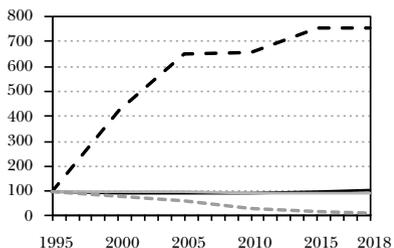


— Recursos forestales
 --- Áreas protegidas

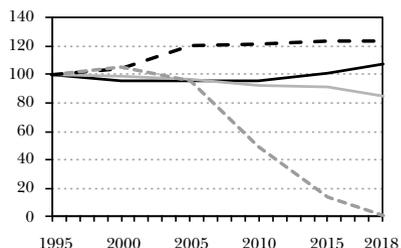
— Tierras de cultivo y pastos
 --- Recursos energéticos y minerales

GRÁFICO 8.13 (cont.): Evolución real del stock de capital natural según tipo de activo. Comunidades autónomas, 1995-2018
(1995=100)

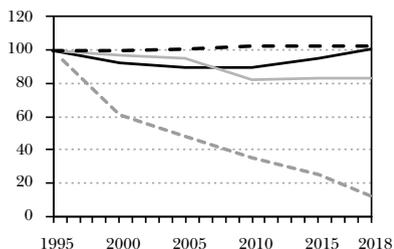
g) Castilla y León



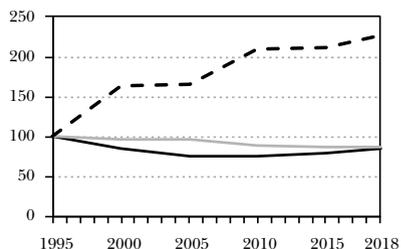
h) Castilla-La Mancha



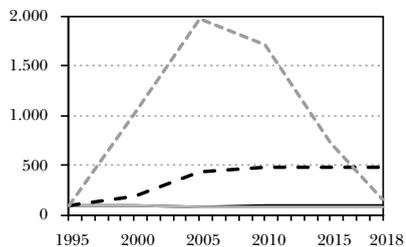
i) Cataluña



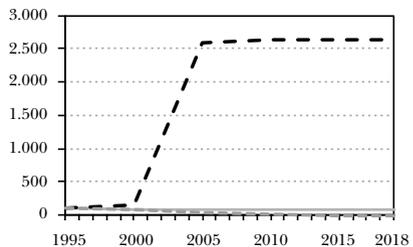
j) Comunitat Valenciana



k) Extremadura



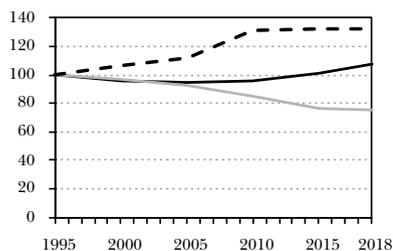
l) Galicia



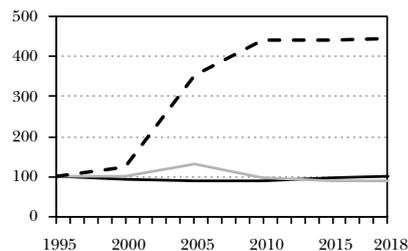
— Recursos forestales — Tierras de cultivo y pastos
 --- Áreas protegidas --- Recursos energéticos y minerales

**GRÁFICO 8.13 (cont.): Evolución real del stock de capital natural según tipo de activo.
Comunidades autónomas, 1995-2018**
(1995=100)

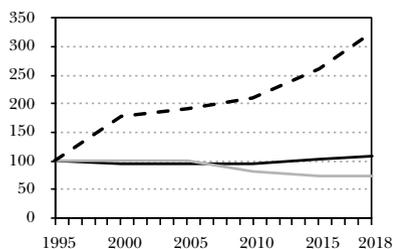
m) Comunidad de Madrid



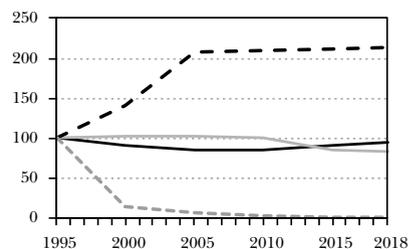
n) Región de Murcia



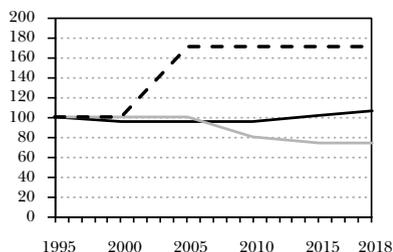
o) Comunidad Foral de Navarra



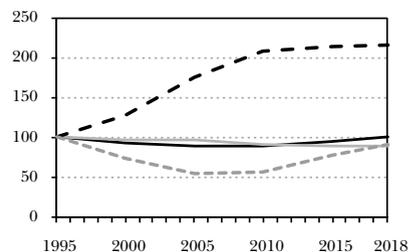
p) País Vasco



q) La Rioja



r) España



— Recursos forestales — Tierras de cultivo y pastos
- - - Áreas protegidas - - - Recursos energéticos y minerales

Notas: Dado que el capital inicial en recursos energéticos y minerales de La Rioja arranca en 2010, no ha podido construirse el índice que toma el valor 100 en el año 1995, como en el resto de activos.

Aunque se dispone de información anual para tierras de cultivo y pastos y para recursos energéticos y minerales, se ha optado por utilizar los mismos cortes temporales que en el resto de activos, que cuentan con información más limitada (1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2018).

Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.13: Tasa de variación real acumulada del capital natural en recursos forestales. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = -0,1%)



Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.14: Tasa de variación real acumulada del capital natural en tierras de cultivo y pasto. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = -10,4%)



Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.15: Tasa de variación real acumulada del capital natural en áreas protegidas. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = 115,7%)



Fuente: Elaboración propia.

MAPA 8.16: Tasa de variación real acumulada del capital natural en recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995-2018

(media nacional = -8,2%)



Fuente: Elaboración propia.

ducción de su capital real en recursos forestales entre 1995 y 2018 (mapa 8.13). Galicia (-13,4%) y Cantabria (-12,9%), con mayor intensidad, pero también País Vasco (-5,3%) y Principado de Asturias (-1,4%).

El valor de las tierras de cultivo y pastos ha sufrido una caída generalizada en todas las comunidades autónomas, con especial impacto en la Comunidad Foral de Navarra y la Comunidad de Madrid, donde la caída se sitúa en el entorno del 25%, y en País Vasco (-17,3%), Cataluña (-16,9%), Galicia (-15,1%), Castilla-La Mancha (-14,7%) e Illes Balears (-14,6%). Las únicas excepciones a este comportamiento son Cantabria, donde el *stock* ha crecido un 30%, y Aragón, donde se ha mantenido prácticamente estable a lo largo del período (mapa 8.14).

Si ha habido un activo que ha crecido con intensidad en todos los territorios de la geografía española sin excepción ha sido, como ya se ha señalado, el relacionado con las áreas protegidas. Si a nivel nacional este *stock* se ha más que duplicado en términos reales en el transcurso de 23 años, en algunas regiones, como Galicia, Illes Balears o Castilla y León, ha llegado a multiplicarse por un factor de 25, 14 y 7 respectivamente. En Aragón, Extremadura y Región de Murcia, el avance de las áreas protegidas y de su importancia dentro del *stock* agregado también ha sido sustancial, ya que se han multiplicado por un factor en torno a 4-5 entre 1995 y 2018. En otras regiones, como Andalucía, Castilla-La Mancha, Cataluña, Comunidad de Madrid, País Vasco, La Rioja y Canarias, el avance ha sido más modesto (mapa 8.15).

Evolución muy distinta a la de las áreas protegidas ha sido la observada en los recursos energéticos y minerales, que han sufrido una importante reducción (-8,2%) en el período de referencia. El agotamiento de algunos yacimientos de este tipo de recursos, así como las normativas introducidas en las últimas décadas que prohíben la extracción de carbón o los Planes en materia de energía y clima que han impulsado la eficiencia energética y la progresiva sustitución de las energías fósiles por otras más limpias y renovables explican este resultado (MITECO 2019, 2020d).

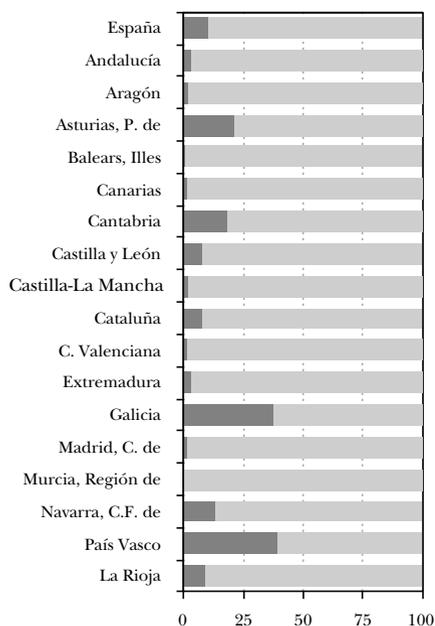
En Cantabria y País Vasco, el capital real en recursos energéticos y minerales ha quedado reducido a cero en 2018. En otras regiones está próximo a desaparecer, como Galicia, Castilla-La

Mancha y Aragón, en las que se ha reducido más de un 90% desde 1995. Sin embargo, tres regiones han experimentado un importante crecimiento en este recurso natural. Andalucía ha más que duplicado el valor de los recursos energéticos y minerales entre 1995 y 2018, y en Extremadura se ha incrementado un 67,7% en el mismo período (mapa 8.16). Un caso particular es el de La Rioja, cuyos capitales de este tipo son nulos hasta 2006, y llegan a superar los 22 millones de euros en 2018. El yacimiento de gas natural de Viura, a unos 12 km de Logroño, es uno de los responsables de este aumento tan importante en los años más recientes.

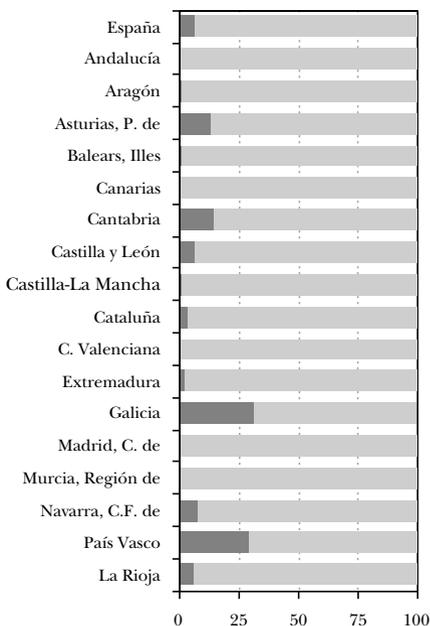
GRÁFICO 8.14: Composición del valor de los recursos forestales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

(porcentaje)

a) 1995



b) 2018

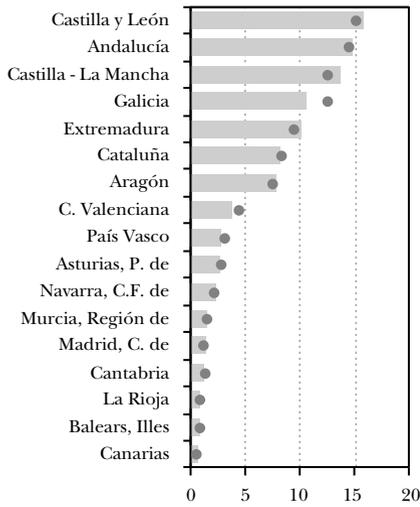


■ Recursos forestales madereros ■ Recursos forestales no madereros

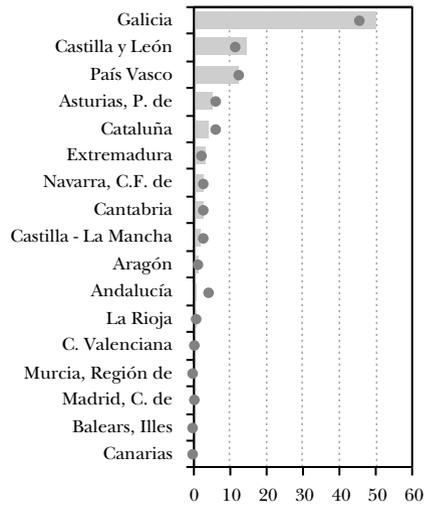
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8.15: Distribución regional del valor de los recursos forestales.
Comunidades autónomas, 1995 y 2018
 (porcentaje)

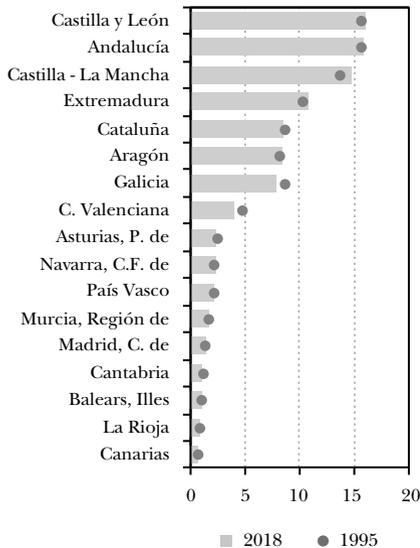
a) Recursos forestales totales



b) Recursos forestales madereros



c) Recursos forestales no madereros



Fuente: Elaboración propia.

Después de este análisis general, los siguientes apartados de este capítulo se dedican a profundizar en el estudio individual de las características de cada uno de los recursos naturales que componen el capital natural, así como su composición y distribución territorial.

8.3.1. Recursos forestales

Los recursos forestales se dividen en madereros y no madereros. En el caso español, la mayor parte del capital de este tipo se concentra en los no madereros,⁵⁶ que incluyen diversos servicios y, también, productos que los bosques y sus ecosistemas ofrecen a la sociedad en su conjunto. En concreto, los servicios que se han tenido en cuenta para la estimación del capital natural son los servicios de protección de cuencas, los servicios recreativos, así como otros productos forestales no madereros que también proporcionan los bosques, como algunos frutos secos silvestres, setas, flores o plantas medicinales, etcétera.

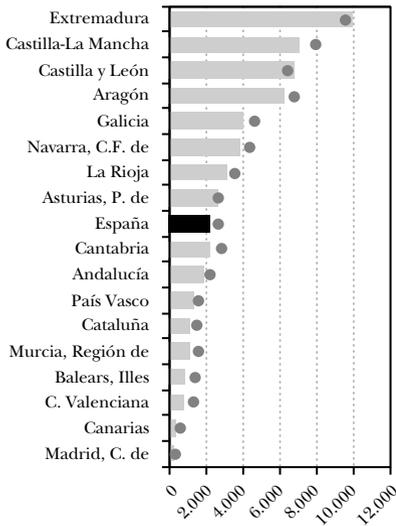
Como se observa en el gráfico 8.14, este resultado se repite en todas las comunidades autónomas, tanto en el primer como en el último año analizado. En todas las comunidades, los recursos no madereros son los más importantes e incluso se observa cierta pérdida de peso de los recursos madereros en el agregado con el paso del tiempo. Aun así, existen diferencias entre las comunidades autónomas y podríamos decir que los recursos forestales madereros son algo más importantes en las regiones del norte del país. Galicia, País Vasco, Principado de Asturias, Cantabria y Comunidad Foral de Navarra son las regiones en las que estos recursos tienen una mayor participación en el valor agregado de los recursos forestales, tanto al principio como al final del período analizado.

Esta composición explica que muchas de estas regiones del norte sean las que concentran gran parte de las dotaciones de recursos forestales madereros (gráfico 8.15, panel *b*). Casi el 50% del capital que suponen los recursos forestales madereros se sitúa en Galicia. Esta región presenta unas características similares a

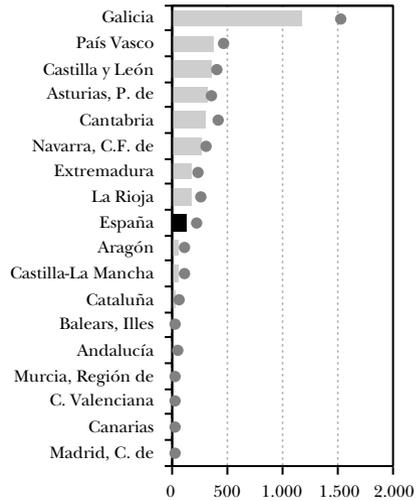
⁵⁶ Véase el apartado 7.2.1 para un análisis más detallado de estos recursos a nivel nacional.

GRÁFICO 8.16: Valor de los recursos forestales per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(euros de 2015 por habitante)

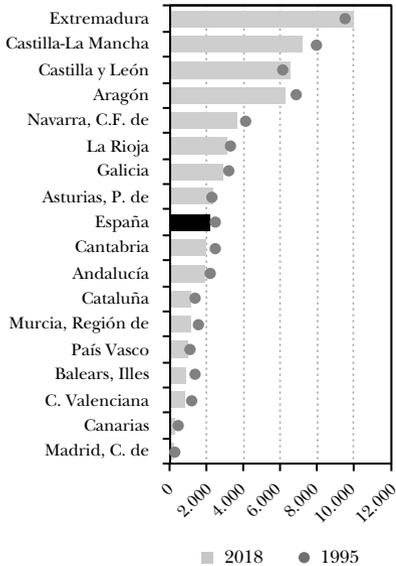
a) Recursos forestales totales



b) Recursos forestales madereros



c) Recursos forestales no madereros



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

las de algunos países europeos de amplia tradición forestal, en los que predominan especies forestales arbóreas destinadas a la producción industrial de madera (Miramontes 2009). De hecho, los datos aportados por las actuales estadísticas forestales indican que dos terceras partes del territorio gallego están ocupadas por masas forestales y que estas aportan la mitad de la madera cortada anualmente en España.

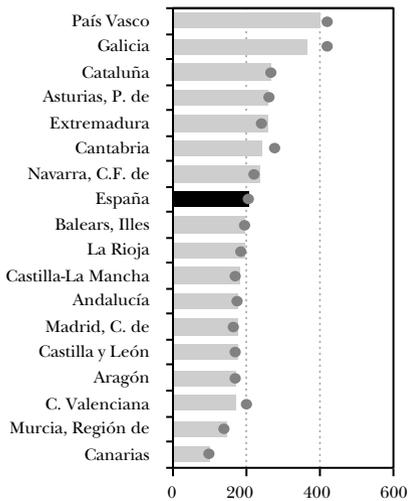
Por otro lado, los recursos forestales no madereros presentan un reparto más homogéneo a lo largo del territorio español (gráfico 8.15, panel *c*). En este caso, son las comunidades de mayor extensión las que concentran una mayor cuantía de estos recursos. Las dos Castillas, Andalucía, Extremadura, Cataluña y Aragón agrupan casi el 75% de estos capitales, mientras que la Comunidad de Madrid, Cantabria, La Rioja y los dos archipiélagos presentan las menores participaciones en el total nacional, por debajo del 1,5% en todos los años de los que se dispone de información.

Además de la distribución regional de las dotaciones, conviene también considerar las diferencias existentes en las dotaciones per cápita de los recursos forestales, madereros y no madereros. El gráfico 8.16 muestra esta información para el valor agregado de los recursos forestales y para cada uno de sus dos componentes. La ordenación de las comunidades autónomas en el agregado de recursos forestales es muy similar a la que presentan para los recursos forestales no madereros, debido al peso dominante de este componente. En general, las comunidades que presentan problemas de despoblación en algunas zonas son las que acumulan unas mayores dotaciones per cápita de estos recursos. Es el caso de Extremadura, las dos Castillas y Aragón, cuatro comunidades que destacan sobre el resto por sus dotaciones relativas.

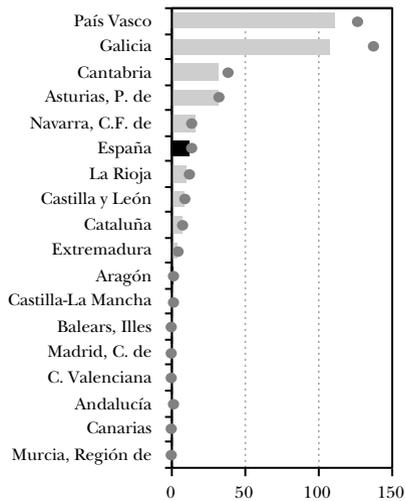
En el caso de los recursos madereros (panel *b* del gráfico 8.16), como ya se ha comentado, destacan las dotaciones per cápita de Galicia, que más que triplican las del País Vasco, segunda región del *ranking*. En general, parece que las regiones situadas en el norte peninsular tienen unas mayores dotaciones por habitante de este tipo de recursos. La Comunidad de Madrid, la Comunitat Valenciana, la Región de Murcia, Andalucía y los dos archipiélagos presentan las menores dotaciones relativas.

GRÁFICO 8.17: Valor de los recursos forestales por km². Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(miles de euros de 2015 por km²)

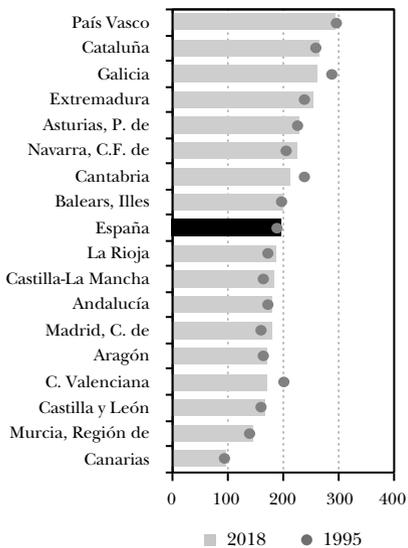
a) Recursos forestales totales



b) Recursos forestales madereros



c) Recursos forestales no madereros



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

En general, si se comparan las dotaciones correspondientes a 2018 con las de 1995, se observa una reducción de las mismas en la mayor parte de las regiones, algo más acusada en el caso de los recursos forestales madereros. En este tipo de recursos, además, las diferencias territoriales se han ampliado con el paso del tiempo.

Cuando se tienen en cuenta las diferencias en la extensión territorial de cada región, las comunidades mejor dotadas en términos relativos a su superficie son País Vasco, Galicia, Cataluña, Principado de Asturias, Extremadura, Cantabria y Navarra. Todas ellas se sitúan por encima de la media nacional, mientras el resto de comunidades se quedan por debajo. La situación es muy similar en el caso de los recursos forestales no madereros, mientras que en el caso de los madereros surgen más diferencias, pues, como ya se ha comentado anteriormente, las dotaciones de este tipo de recursos están más concentradas en el norte peninsular. Sin embargo, ahora, a diferencia de lo que ocurría en términos per cápita, la primera comunidad del *ranking* es País Vasco, que supera a Galicia. Aunque esta última región destacaba sobre el resto por su volumen de recursos madereros por habitante (gráfico 8.16), pierde posiciones cuando estos recursos se ponen en relación con su superficie total. Al igual que ya ocurría en el caso de las dotaciones per cápita de estos recursos, las dotaciones por km² en muchas regiones son testimoniales y prácticamente no se aprecian al representarlas gráficamente (gráfico 8.17).

En conclusión, puede decirse que los recursos forestales han perdido peso en la mayor parte de las regiones españolas en las últimas décadas, especialmente los madereros, que por otra parte son los que menos peso tienen en el agregado. Estos recursos se concentran mayoritariamente en las regiones del norte peninsular, destacando Galicia entre todas ellas.

Los recursos forestales no madereros, por el contrario, presentan un reparto algo más homogéneo en el territorio español, destacando en este caso las dotaciones de las regiones de mayor extensión. En términos relativos (por habitante o por km²), no obstante, parece que algunas regiones del norte de la península, que no destacan por su superficie, ganan posiciones. Es el caso del País Vasco, el Principado de Asturias o la Comunidad Foral de Navarra.

8.3.2. Tierras de cultivos y pastos

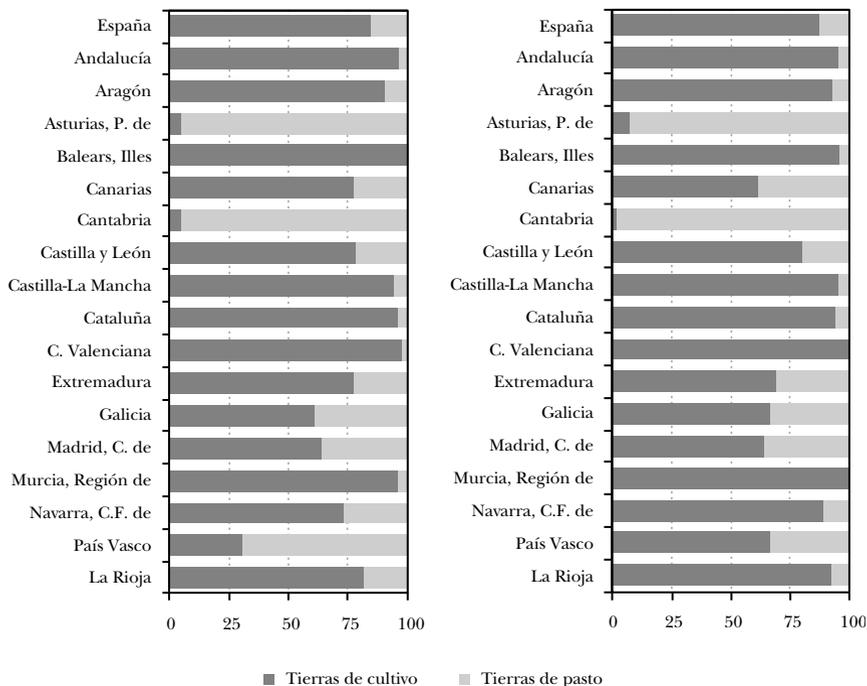
Las tierras de cultivo y de pasto representan el recurso natural más importante en España. En 2018 suponían casi el 60% del valor del capital natural agregado, aunque existen diferencias importantes entre comunidades autónomas, moviéndose esta participación en el agregado entre el 76,5% de Andalucía y el 29,1% del Principado de Asturias (gráfico 8.12).

En general, la mayor parte del valor (y también de la superficie) corresponde a las tierras de cultivo, que de media concentran el 87,5% en 2018. No obstante, y aunque la composición de estos capitales es similar en la mayor parte de las regiones, existen dos comunidades autónomas que presentan una estructura comple-

GRÁFICO 8.18: Composición del valor de las tierras de cultivos y pastos. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(porcentaje)

a) 1995

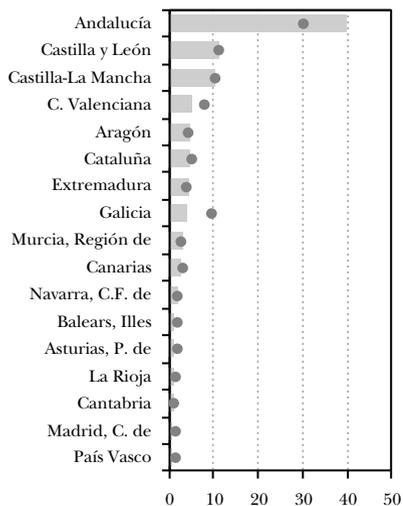
b) 2018



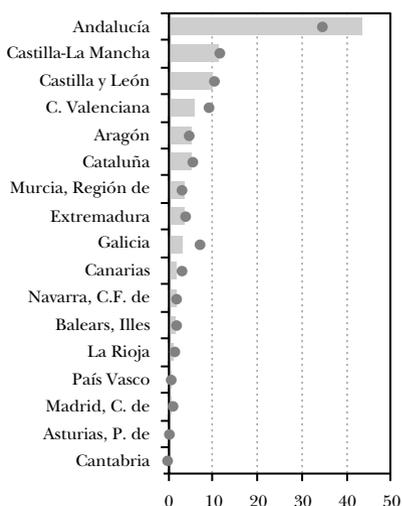
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8.19: Distribución regional del valor de las tierras de cultivo y pastos.
Comunidades autónomas, 1995 y 2018
 (porcentaje)

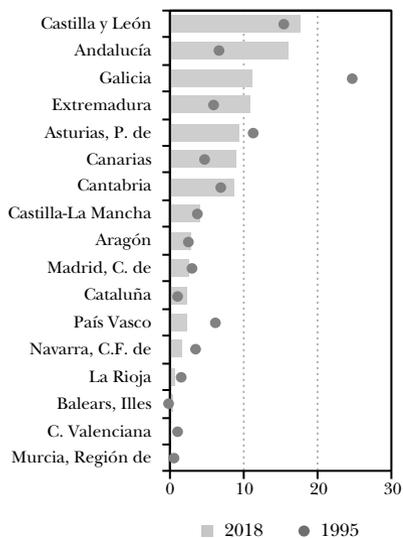
a) Tierras totales



b) Tierras de cultivo



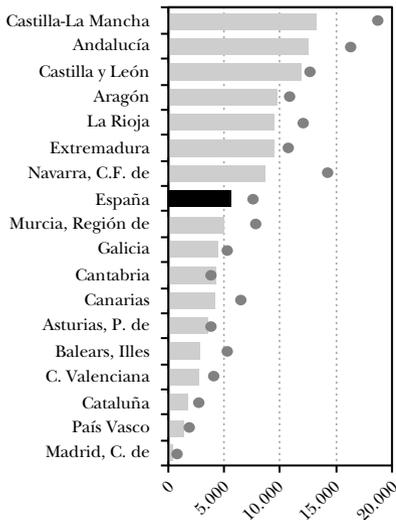
c) Tierras de pasto



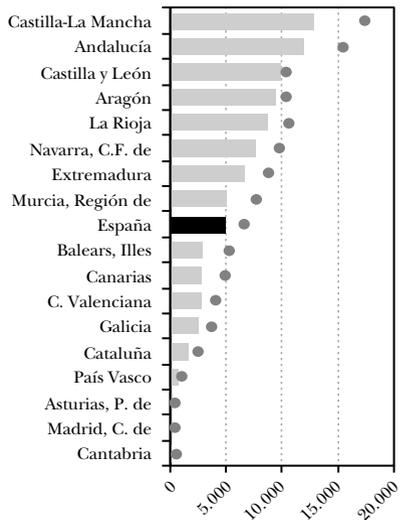
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8.20: Valor de las tierras de cultivo y pastos per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(euros de 2015 por habitante)

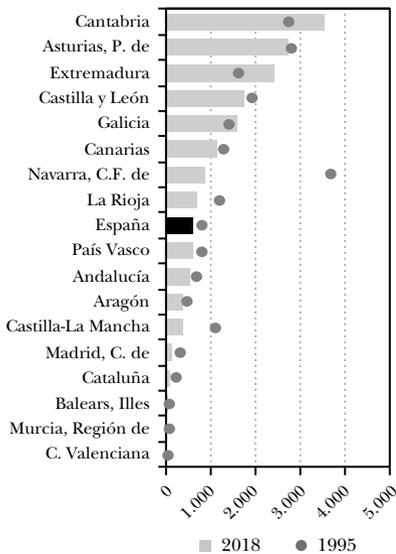
a) Tierras totales



b) Tierras de cultivo



c) Tierras de pasto



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

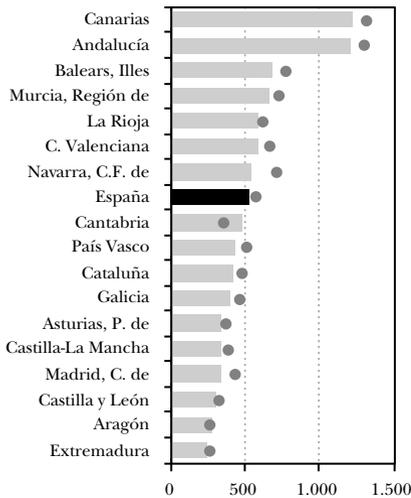
tamente opuesta a la de las restantes (gráfico 8.18). Se trata del Principado de Asturias y Cantabria. En ambas, la mayor parte del valor de este *stock* se concentra en tierras de pasto (92% y 97,9%, respectivamente), siendo la parte correspondiente a tierras de cultivo muy pequeña. Esta distinta composición puede estar relacionada con la mayor especialización de ambas regiones en la ganadería de tipo bovino con orientación láctea o mixta basada en el pastoreo, mientras que el resto de regiones presentan un mayor predominio de la ganadería vacuna y porcina intensiva de carne. Por otro lado, también se observa que, aunque no de forma tan acusada como en Cantabria y el Principado de Asturias, las tierras de pasto suelen tener más peso en las comunidades situadas más al norte como Galicia o País Vasco. Las diferencias climáticas a lo largo del territorio peninsular explican este mayor peso de los pastos en estas regiones. No obstante, parece que el peso de los pastos se está reduciendo en estas comunidades desde 1995.

La estructura interna del capital en tierras de cultivo y pastos en cada región así como la superficie de cada una determinan la distribución territorial del valor de estos recursos en España. Como se observa en el gráfico 8.19, si nos fijamos en el valor agregado, son las comunidades de mayor superficie las que acumulan una mayor parte del valor de las tierras de cultivo y de pasto. Andalucía es la comunidad que mayor proporción concentra (40%), debido a su extensión y también a su especialización productiva, con un mayor peso del sector agroalimentario. Esta comunidad genera más del 20% del valor añadido de este sector en España. De hecho, las comunidades que concentran una mayor cuantía de este tipo de capitales suelen coincidir con aquellas en las que este sector es más importante (Maudos y Salamanca 2021).

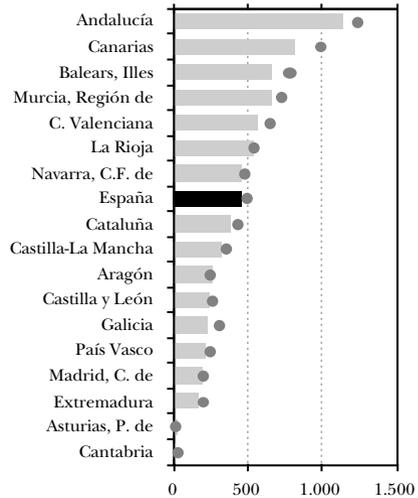
La distribución del valor de las tierras de cultivo es muy similar a la del agregado, por lo que, de nuevo, destaca Andalucía, que además ha aumentado su participación en el total nacional entre 1995 y 2018 (panel *b* del gráfico 8.19). Más diferencias presenta la distribución del valor de las tierras de pasto (panel *c*), que no están tan concentradas en algunas comunidades autónomas como las tierras de cultivo. En este caso, la primera posición la ocupa Castilla y León, que concentra el 17,6% del total nacional, seguida por Andalucía (16%), Galicia (11%) y Extremadura (10,9%). El resto de comuni-

GRÁFICO 8.21: Valor de las tierras de cultivo y pastos por km² de superficie total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(miles de euros de 2015 por km²)

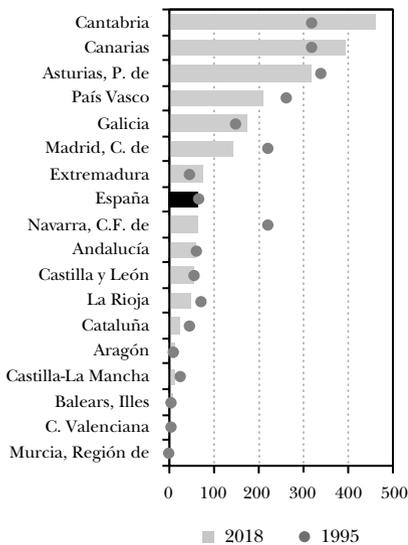
a) Tierras totales



b) Tierras de cultivo



c) Tierras de pasto



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

dades autónomas presentan ya participaciones inferiores al 10%, y en algunos casos ínfimas, como es el caso de la Región de Murcia o la Comunitat Valenciana (0,08% y 0,3% respectivamente).

La distribución territorial del capital natural se ve muy influida por el distinto tamaño de cada región. Por ello, para poder valorar mejor las dotaciones de las que dispone cada territorio, es conveniente analizarlas en relación con su población o a su superficie. Los gráficos 8.20 y 8.21 ofrecen esta información para el valor de las tierras de cultivo y de pasto, tanto de forma agregada como por separado.

Por lo que se refiere a las dotaciones per cápita de este tipo de recursos, suelen ser mayores en algunas regiones del centro y sur peninsular, caracterizadas por un mayor peso de las actividades agrícolas y ganaderas (Castilla-La Mancha, Andalucía, Castilla y León, Aragón, etc.). Por el contrario, las menores dotaciones por habitante se concentran en las comunidades autónomas más dinámicas desde el punto de vista económico, caracterizadas por una especialización productiva en la que los servicios desempeñan un papel muy relevante. Este hecho hace que el valor de las tierras de cultivo y de pasto por habitante sea inferior en sus territorios. Además, también se trata de regiones con gran dinamismo demográfico, lo que empuja sus dotaciones relativas a la baja. Este es el caso de la Comunidad de Madrid, País Vasco o Cataluña. Si se distingue entre las tierras de cultivo y las de pasto, los resultados son similares en el caso de las primeras, y algo distintos en las segundas. En este último caso, ascienden puestos en el *ranking* regional algunas comunidades situadas en el norte peninsular en las que, como ya se ha comentado, las tierras de pasto tienen mayor importancia.

Por otro lado, se aprecia una tendencia a la reducción de este tipo de dotaciones per cápita en la mayor parte de las regiones entre 1995 y 2018, especialmente acusada en algunos casos, como Comunidad Foral de Navarra, Castilla-La Mancha, Región de Murcia, Andalucía y los dos archipiélagos. A lo largo del último medio siglo, las transformaciones experimentadas por el sector agrario español han conllevado la intensificación de los sistemas de cultivo tradicionales y de las zonas de pastos con mayor potencial, donde ha aumentado la carga ganadera por unidad de super-

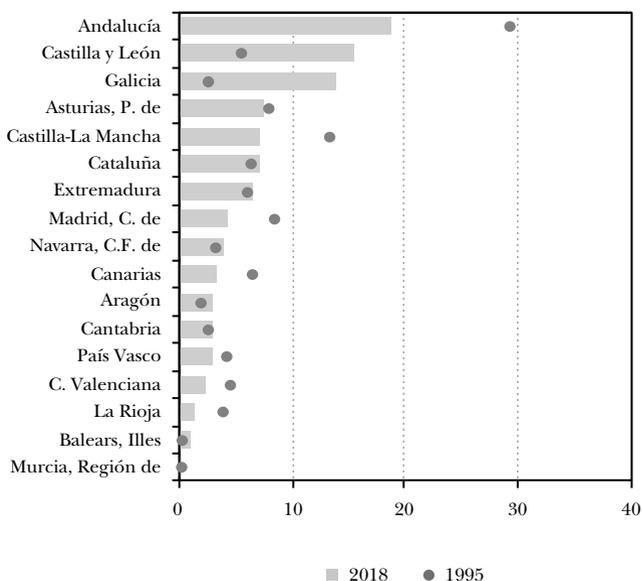
ficie. En paralelo, ha avanzado la transformación en regadío de tierras de secano, como vía para el aumento de los rendimientos agrícolas. Sin embargo, a la vez, se ha registrado un abandono de los aprovechamientos agrícolas en las áreas con menor potencial productivo. Una parte de las tierras abandonadas se ha convertido en bosque o en pastizales naturales, pero la mayor parte ha dado lugar a espacios poblados de matorral o dotados de escasa vegetación (Reig 2011). Estos cambios contribuyen a explicar la reducción observada de la dotación per cápita de este tipo de capital natural en España.

Si el mismo ejercicio se hace utilizando la superficie total de cada región en lugar de la población, las comunidades más pequeñas mejoran su posición en el *ranking*, y lo contrario sucede con otras comunidades muy extensas, pero que, pese a ello, no concentran una gran proporción de la población. De esta forma, las mayores dotaciones de tierras de cultivo por km² corresponden a Andalucía que, pese a su extensión, sigue ocupando los primeros puestos. Pero ahora le acompañan otras regiones como Canarias, Illes Balears, la Región de Murcia, Comunitat Valenciana, La Rioja y Comunidad Foral de Navarra. Todas ellas se sitúan por encima de la media nacional (panel *b* del gráfico 8.21).

El valor de las tierras de pasto por km² destaca en algunas regiones del norte y de pequeño tamaño como Cantabria, Principado de Asturias y País Vasco y también en Galicia. A estas comunidades, que ya se caracterizaban por concentrar gran parte de las tierras de pasto en España, se une Canarias, que, en términos relativos (debido a su tamaño), escala posiciones en el *ranking*.

Por tanto, a modo de resumen, podría decirse que el principal componente de este tipo de recursos son las tierras de cultivo en las regiones españolas. De hecho, el valor de las tierras de pasto suele ser residual en la mayor parte de las comunidades autónomas, exceptuando el caso de algunas regiones situadas al norte de la península, como el Principado de Asturias, Cantabria o Galicia, en las que las dotaciones absolutas y relativas de este componente suelen ser algo mayores. Por otro lado, las dotaciones de tierras de cultivo están muy concentradas en una única región, Andalucía. Esta comunidad aglutina más del 40% del valor de las tierras de cultivo en España en 2018 y también presenta una posición

GRÁFICO 8.22: Distribución regional del valor de las áreas protegidas. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(porcentaje)



Fuente: Elaboración propia.

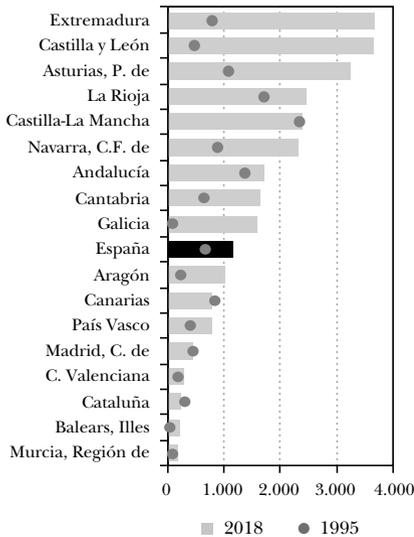
destacada cuando se analizan las dotaciones per cápita o por km². La elevada proporción de tierras de regadío en su territorio (casi el 30% del total nacional), con unos precios más altos que las de secano, explican este resultado, que también es consistente con el peso que esta región presenta en el valor añadido del sector agroalimentario en nuestro país (22,5% en 2019, según Maudos y Salamanca [2021]). En términos per cápita, también destacan otras comunidades de gran superficie, como las dos Castillas o Aragón.

8.3.3. Áreas protegidas

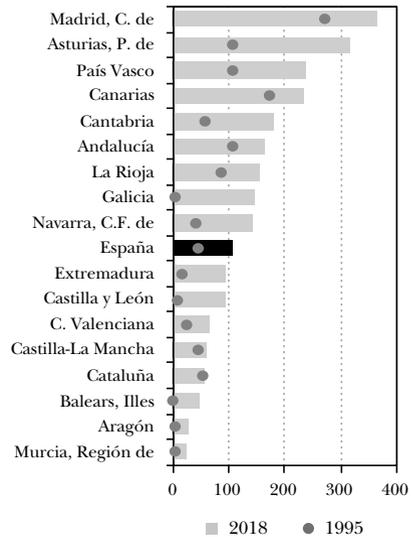
Como se ha analizado en el apartado 8.2, el capital natural representado por las áreas protegidas es el que más se ha incrementado en España y en la mayor parte de las comunidades autónomas entre 1995 y 2018 (gráfico 8.13). La distribución regional

GRÁFICO 8.23: Valor de las áreas protegidas per cápita y por km² de superficie total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018

a) Euros de 2015 por habitante



b) Miles de euros de 2015 por km²



Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

de estos capitales depende de la distribución territorial de la superficie correspondiente a dichas áreas, así como de los precios utilizados para su valoración, distintos en cada región.⁵⁷ En 2018 la comunidad autónoma que mayor proporción representaba en el total nacional era Andalucía, que concentraba casi el 18,8% del valor de estas áreas protegidas (gráfico 8.22). Le seguían Castilla y León y Galicia, con participaciones superiores al 10%. Sin embargo, mientras el peso de las dos últimas se ha incrementado bastante desde 1995, ganando en torno a los 10-11 puntos porcentuales, la participación de Andalucía se ha reducido. El avance más deci-

⁵⁷ Véase el capítulo 6 para un mayor detalle metodológico de la estimación realizada.

CUADRO 8.1: Composición del valor de los recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(porcentaje)

	1995		2018	
	Recursos energéticos	Recursos minerales	Recursos energéticos	Recursos minerales
España	84,91	15,09	3,40	96,60
Andalucía	37,27	62,73	0,49	99,51
Aragón	100,00	0,00	100,00	0,00
Asturias, P. de	93,18	6,82	2,92	97,08
Balears, Illes	-	-	-	-
Canarias	-	-	-	-
Cantabria	0,04	99,96	-	-
Castilla y León	100,00	0,00	7,15	92,85
Castilla-La Mancha	100,00	0,00	100,00	0,00
Cataluña	100,00	0,00	100,00	0,00
C. Valenciana	-	-	-	-
Extremadura	0,00	100,00	0,00	100,00
Galicia	100,00	0,00	0,00	100,00
Madrid, C. de	-	-	-	-
Murcia, Región de	-	-	-	-
Navarra, C.F. de	-	-	-	-
País Vasco	100,00	0,00	-	-
La Rioja	-	-	100,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

dido del resto de comunidades en la designación de áreas protegidas en las últimas décadas explica este resultado.

En el lado contrario del *ranking*, con las menores dotaciones absolutas, aparecen la Región de Murcia (solo supone el 0,3% del total nacional), Illes Balears (0,9%) y La Rioja (1,1%). En general, la menor extensión de estas regiones explica, en gran medida, su posición en el *ranking*. Para evitar que el tamaño de cada comunidad influya en la comparación de las dotaciones regionales, el gráfico 8.23 muestra el *ranking* regional del valor de las áreas protegidas por habitante (panel *a*) y por km² (panel *b*).

En términos per cápita, destacan Extremadura, Castilla y León y el Principado de Asturias con unas dotaciones por encima de los 3000 euros por habitante, más que duplicando la media nacional, situada alrededor de los 1200 euros por habitante. En los últimos

puestos aparecen la mayor parte de las regiones mediterráneas (Región de Murcia, Illes Balears, Cataluña y Comunitat Valenciana). Sus dotaciones no alcanzan ni la cuarta parte de la media nacional. Los menores precios de estas regiones explican esta diferencia tan acusada.

Las dotaciones per cápita de este recurso natural han aumentado en todas las comunidades autónomas, excepto en Canarias y Cataluña. En estas dos regiones, la población ha aumentado más que el valor de las áreas protegidas. Este resultado contrasta con el de otros territorios en los que las dotaciones per cápita se han incrementado de forma notable, como Galicia, Illes Balears o Castilla y León.

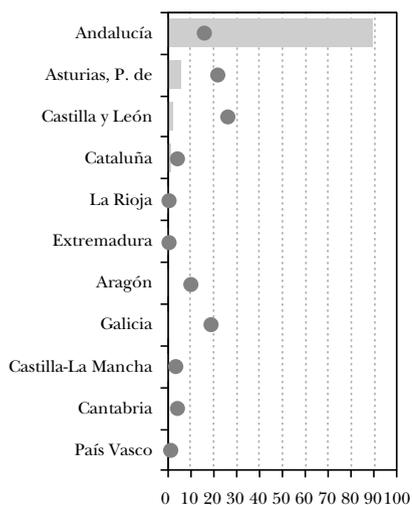
El análisis del valor regional de las áreas protegidas por km² ofrece conclusiones diferentes, pues algunas comunidades pequeñas en términos de superficie, pero que concentran una gran parte de la población, mejoran su posición en el *ranking*. El caso más claro es el de la Comunidad de Madrid, que pasa de ocupar las últimas posiciones en términos per cápita a situarse la primera en el *ranking* cuando las dotaciones se relativizan por la superficie. También mejoran posiciones Canarias y, en menor medida, Cantabria. En el lado opuesto, algunas comunidades con dotaciones per cápita por encima de la media pasan a situarse por debajo al tenerse en cuenta su extensa superficie. Este es el caso, por ejemplo, de las dos Castillas o Extremadura.

8.3.4. Recursos energéticos y minerales

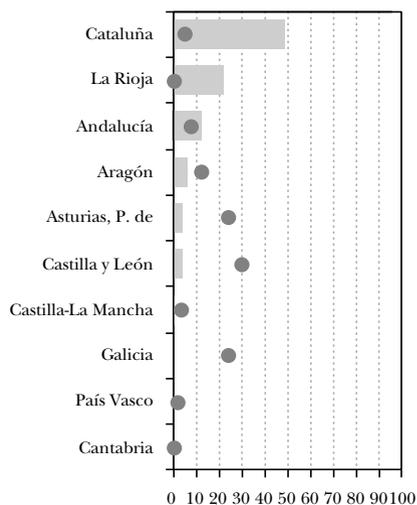
Los recursos energéticos y minerales son los activos naturales menos importantes en España y sus regiones. En la actualidad son los minerales los que tienen mayor importancia. En promedio, en España suponían en 2018 el 96,6% del capital disponible de este tipo de activos del subsuelo. Sin embargo, la composición por comunidades autónomas presenta diferencias, y hay cuatro comunidades (Aragón, Castilla-La Mancha, Cataluña y La Rioja) en las que los recursos energéticos suponen el 100% del total de estos capitales, aunque en términos absolutos su valor es muy pequeño. En cambio, en Andalucía, el Principado de Asturias, Castilla y León, Extremadura y Galicia, la mayor parte corresponde a los minerales metálicos (cuadro 8.1). Por el contrario, en 1995 eran

GRÁFICO 8.24: Distribución regional del valor de los recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(porcentaje)

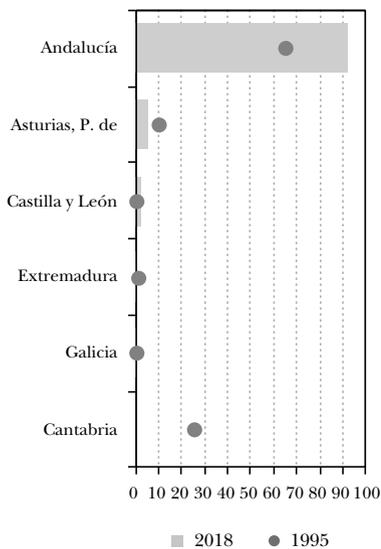
a) Total



b) Recursos energéticos



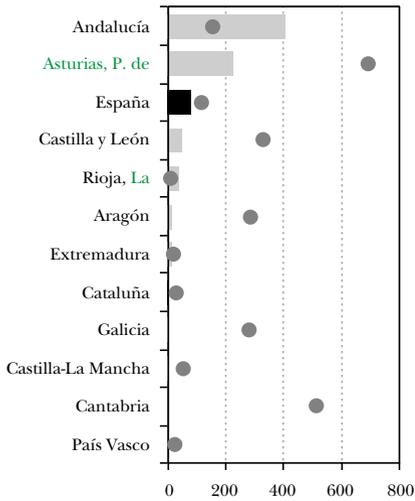
c) Minerales metálicos



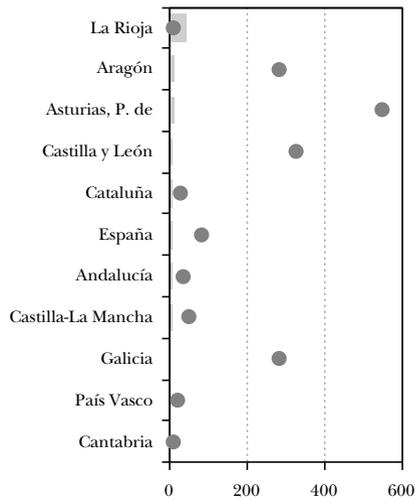
Nota: Las comunidades autónomas con un valor nulo de estos recursos no se incluyen en el gráfico.
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8.25: Valor de los recursos energéticos y minerales per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(euros de 2015 por habitante)

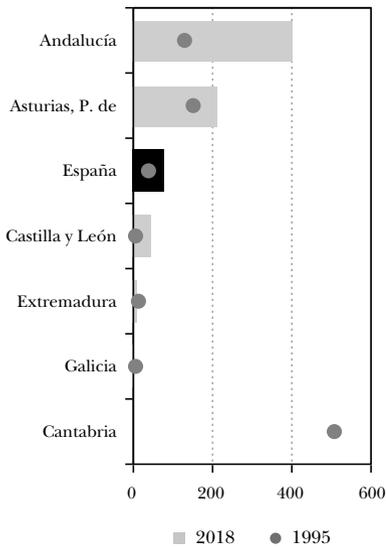
a) Total



b) Recursos energéticos



c) Minerales metálicos



Nota: Las comunidades autónomas con un valor nulo de estos recursos no se incluyen en el gráfico.

Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

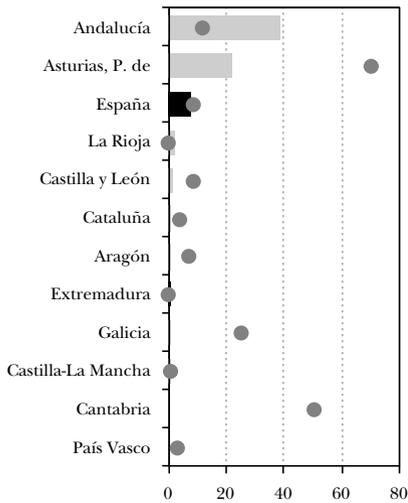
los recursos energéticos los que tenían mayor importancia en la mayoría de las regiones con actividad extractiva, con las únicas excepciones de Andalucía, Extremadura y Cantabria (esta última ha abandonado la actividad extractiva en la última década). Este cambio no se debe tanto al agotamiento de las reservas de este tipo de recursos energéticos, sino más bien a las distintas normativas y legislaciones sobre el medio ambiente que se han venido adoptando en consonancia con la necesidad de transitar hacia un modelo energético basado en energías limpias y renovables. Las iniciativas en este sentido han afectado, sobre todo, al carbón, cuya extracción cesó en 2018 en España con la aplicación de la Decisión del Consejo de la UE relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas no competitivas (2010/787/UE). El resto de recursos energéticos también han visto reducida su producción en los años analizados, lo que ha provocado cambios importantes en la distribución regional de estos capitales (gráfico 8.24). La comunidad que concentraba en 2018 una mayor proporción de estos capitales era Andalucía (casi el 90%), gracias principalmente a los minerales metálicos, pues en el caso de los recursos energéticos es Cataluña (49,1%) la que concentra la mayor parte de los mismos, seguida de La Rioja (21,6%). En 1995, por el contrario, este capital no estaba tan concentrado territorialmente, sino que era también importante en otras regiones, como el Principado de Asturias, Castilla y León, Galicia y Aragón. El progresivo abandono de la actividad minera de muchas regiones, especialmente del norte y centro peninsular, apoyado con diversos planes de transición y reactivación de estas zonas,⁵⁸ explica esta tendencia a la reducción y concentración de este tipo de recursos en pocas localizaciones.

Esto explica, también, los cambios que se han producido desde 1995 en las dotaciones por habitante y por km² de estos recursos (gráficos 8.25 y 8.26).

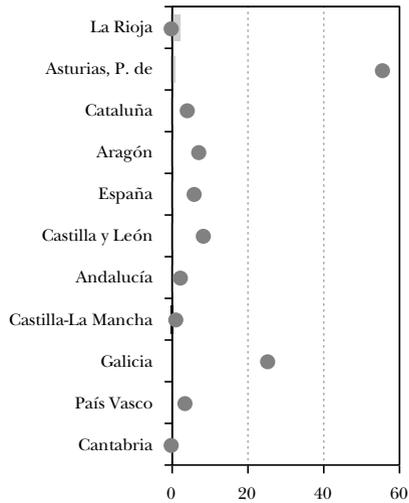
⁵⁸ Véase MITECO (2019, 2020d), ITJ (2013, 2018) y RD 341/2021 de 18 de mayo, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la restauración ambiental de zonas afectadas por la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (España 2021; Gobierno de España 2021).

GRÁFICO 8.26: Valor de los recursos energéticos y minerales por km². Comunidades autónomas, 1995 y 2018
(miles de euros de 2015 por km²)

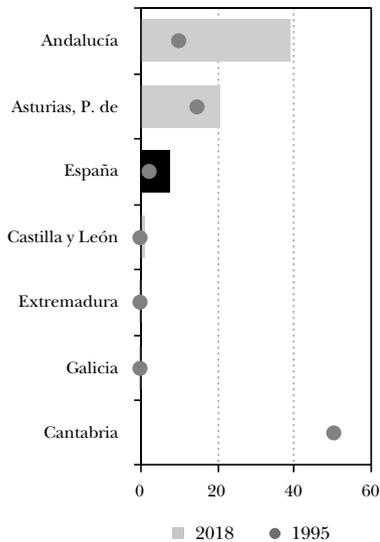
a) Total



b) Recursos energéticos



c) Minerales metálicos



Nota: Las comunidades autónomas con un valor nulo de estos recursos no se incluyen en el gráfico.
Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

En términos per cápita, las dotaciones de recursos energéticos se concentraban casi en su totalidad en La Rioja en 2018, mientras que en 1995 eran otras comunidades las que destacaban, con unas dotaciones que multiplicaban por más de 10 las de La Rioja en 2018 (panel *b* del gráfico 8.25). Era el caso del Principado de Asturias, Castilla y León, Galicia y Aragón, comunidades en las que las actividades relacionadas con la extracción del carbón eran importantes en ese momento y el proceso de descarbonización de las últimas décadas ha hecho que pierdan peso hasta prácticamente desaparecer en ellas esa actividad.

Las diferencias entre las dotaciones relativas en 1995 y 2018 en el caso de los minerales metálicos no son tan acusadas (panel *c* del gráfico 8.25). Tan solo llama la atención el caso de Cantabria, que en 1995 era la región con mayores dotaciones per cápita, pero que ha abandonado la extracción de este tipo de minerales con el paso del tiempo. En 2018 Andalucía es la comunidad con mayores dotaciones de minerales metálicos per cápita, seguida del Principado de Asturias.

Las conclusiones que se obtienen del análisis del valor de los recursos energéticos y minerales por km² son similares (gráfico 8.26). Andalucía, el Principado de Asturias, Castilla y León y La Rioja vuelven a ser las regiones con las mayores dotaciones relativas de este tipo de recursos en 2018 y, de nuevo, se observan cambios importantes desde 1995.

Sintetizando ahora lo que hemos podido ver en las páginas anteriores, se constata que las dotaciones de capital natural presentan notables diferencias entre las distintas comunidades autónomas españolas. Algunas vienen determinadas por las propias características de cada territorio y otras por las distintas políticas o estrategias de gestión de los recursos naturales seguidas en cada uno de ellos.

El capital natural se concentra principalmente en las comunidades de mayor extensión geográfica. Andalucía y las dos Castillas reúnen más del 50% del total durante la mayor parte de los años analizados. Y en el extremo opuesto, en general, suelen situarse las regiones menos extensas: La Rioja, Illes Balears, Cantabria o la Comunidad de Madrid. Esta distribución territorial del capital natural ha sido muy similar durante todo el período analizado

(1995-2018), a pesar de que existen diferencias notables en la evolución de este tipo de capitales en cada región. Así, por ejemplo, en España conviven tasas positivas de variación del capital natural superiores al 10% en algunas regiones concentran, como Cantabria, el Principado de Asturias o Extremadura, con tasas negativas de alrededor del -10% (Cataluña y Comunitat Valenciana).

La comparación regional de las dotaciones de capital natural per cápita muestra notables diferencias. En general, las mayores dotaciones relativas se concentran en las comunidades autónomas del centro y sur de la península, caracterizadas por su mayor extensión geográfica y su menor dinamismo demográfico. En estas regiones, las dotaciones por habitante superan los 22.000 euros (de 2015), más que duplicando la media nacional (9000 euros). Mientras tanto, las regiones mediterráneas, Comunidad de Madrid y País Vasco, presentan unas dotaciones inferiores a los 5000 euros por habitante. Además, estas diferencias se han ampliado a lo largo de los años analizados. Si las dotaciones de capital natural se relativizan por los niveles de actividad de cada región, los resultados son muy similares, pues las regiones más dinámicas desde el punto de vista demográfico lo han sido también desde el punto de vista económico.

La relación entre la evolución del PIB regional y del capital natural ofrece una primera aproximación al concepto de sostenibilidad del crecimiento. Esta se producirá, desde un punto de vista medioambiental, cuando una determinada región sea capaz de crecer sin perder capital natural. Esta definición de sostenibilidad se califica como fuerte, pero en el ámbito de la economía, además, es posible hablar del concepto de sostenibilidad débil (UNEP 2018). En este caso, es posible crecer de forma sostenible en sentido débil si el crecimiento no va acompañado de pérdidas de capital, pero definiendo este como la suma de los distintos tipos de capitales que conforman la base productiva de los territorios (capital natural, producido y humano). La consideración de este *capital agregado* o *riqueza* parte de aceptar la existencia de cierto grado de sustituibilidad entre los tres tipos de capitales considerados, de forma que una pérdida de capital natural pueda ser compensada por un aumento de los capitales producidos o del capital humano.

La distribución regional de esta medida de la riqueza agregada es muy diferente a la del capital natural (este supone un porcentaje del total que se mueve entre el 7,5% en Extremadura y el 0,2% en la Comunidad de Madrid), ya que las comunidades más ricas ganan posiciones por sus elevadas dotaciones de capital producido y humano. En general, estos capitales suelen tener un peso mayor que el capital natural en los territorios más desarrollados (UNEP 2018; Banco Mundial 2018b). La evolución de este capital agregado tampoco es igual entre regiones, sino que, de nuevo, aparecen marcadas diferencias. Algunas regiones ven incluso reducido su capital agregado entre 2000 y 2018, a causa principalmente de la evolución negativa del capital humano. Es el caso del Principado de Asturias, Castilla y León, Extremadura, Andalucía y Cantabria. En estas regiones se están poniendo en peligro los niveles de bienestar de las generaciones futuras, pues están perdiendo recursos productivos en los que apoyar el crecimiento de los próximos años. En el resto de comunidades autónomas, es decir, aquellas que desde el año 2000 han aumentado su riqueza agregada, existen casos en los que es posible hablar de crecimiento sostenible fuerte (Canarias, Illes Balears, La Rioja, Galicia y Aragón), pues también ha crecido el capital natural, y casos en los que tan solo sería aplicable el concepto de sostenibilidad débil, pues las mejoras en cuanto a la riqueza agregada que concentran se han logrado principalmente gracias al aumento de los capitales producidos, al mismo tiempo que se reducía el capital natural (Comunidad de Madrid, Región de Murcia, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra, Castilla-La Mancha, Comunitat Valenciana y País Vasco). Si este análisis se realiza en términos per cápita, la situación cambia radicalmente. En ese caso, únicamente podemos hablar de crecimiento sostenible en sentido fuerte en Galicia. En el resto de comunidades autónomas, y en el agregado nacional, la riqueza per cápita ha descendido, aunque este descenso no ha sido causado en su totalidad por caídas del capital natural, sino también por el capital humano, cuyas dotaciones relativas se han reducido en todas las regiones entre 2000 y 2018. En cualquier caso, Galicia es la única región que podríamos clasificar como sostenible siguiendo la definición antes presentada.

En general, se observa cierta correlación positiva entre el crecimiento de la riqueza agregada y la del PIB, tanto en términos absolutos como per cápita, lo que indicaría que aquellas comunidades autónomas con mayores tasas de crecimiento del PIB son también las que presentan mayores tasas de crecimiento de la riqueza agregada. Sin embargo, mientras el PIB y el PIB per cápita han crecido en la mayoría de las regiones españolas entre 2000 y 2018, no se puede decir lo mismo de la riqueza agregada. Así, aunque la renta por habitante generada en cada comunidad autónoma ha aumentado, lo que permite mejorar los niveles de bienestar de la población, el análisis de un indicador de bienestar más amplio, como es la riqueza agregada, no ofrece un mensaje tan positivo. La evolución de esta magnitud indica, más bien, una pérdida de bienestar en gran parte de las regiones, así como una pérdida de las capacidades básicas sobre las que basar su crecimiento futuro. Esta información es importante porque permite ajustar las estrategias de desarrollo y las políticas regionales para hacer frente a esta pérdida de riqueza, asignando de forma más eficiente los recursos para apoyar el crecimiento, o al menos el mantenimiento y conservación, de los distintos tipos de capitales.

A la hora de diseñar nuevas políticas de desarrollo también es importante conocer la composición del capital natural en cada territorio. Esta composición también ha sido analizada a lo largo de la segunda parte de este capítulo. En general, las tierras de cultivo y de pasto son los recursos naturales que mayor participación tienen en el capital natural agregado en la mayor parte de las regiones. Son especialmente importantes en algunas comunidades que cuentan con una amplia presencia de las actividades agrarias, como Andalucía o la Región de Murcia. En cambio, su peso es menor en otras regiones en las que otro tipo de actividades, bien relacionadas con los servicios o bien con las manufacturas, tienen un peso relativo bastante mayor. Este es el caso del Principado de Asturias, el País Vasco o la Comunidad de Madrid. En general, el *stock* que supone este tipo de tierras se ha reducido en la mayor parte de las regiones en términos reales. Las mejoras de eficiencia en las explotaciones agrarias, la expansión de la agricultura intensiva, así como el abandono de algunas tierras menos productivas

y los cambios en los usos del suelo han hecho que se reduzca la superficie que se destina a las actividades agrarias.

Los recursos forestales constituyen el segundo activo en importancia en la mayoría de las comunidades autónomas, especialmente en aquellas de mayor superficie. Sin embargo, también hay excepciones, como por ejemplo Canarias, región en la que este tipo de recursos tiene un peso muy reducido, ya que solo supone el 6,7% del capital natural, una cifra que dista mucho del peso que tienen en otras regiones como el País Vasco (40,3%) o Galicia (34,6%). Este tipo de recursos suelen pesar más en las regiones situadas en el centro y norte peninsular, favorecidas por su mayor extensión y sus condiciones climáticas. Sin embargo, este recurso natural ha perdido peso con el paso del tiempo en todas las regiones sin excepción. A pesar de que su *stock* ha crecido en la mayor parte de las regiones, lo ha hecho con menor intensidad que otros recursos naturales, lo que explica esta pérdida de importancia en el capital natural agregado. En general, entre los recursos forestales, los no madereros son los que más peso tienen en todas las comunidades autónomas, quedando los madereros relegados a un segundo plano. En Galicia y País Vasco, las dos regiones en las que estos recursos relacionados con la madera tienen algo más de importancia, apenas suponen un tercio de los recursos forestales totales.

De los dos tipos de recursos naturales restantes, las áreas protegidas y los recursos del subsuelo, son las primeras las que tienen un mayor peso en el agregado en todas las comunidades autónomas. Además, este es el activo que más ha crecido desde 1995 en todas las regiones sin excepción. De hecho, la pérdida de peso por parte de los recursos forestales ha sido absorbida, en su mayor parte, por las áreas protegidas. En la actualidad, las áreas protegidas presentan una mayor participación en el capital natural agregado en las comunidades del noroeste peninsular y en Cataluña. También son importantes en Canarias. La expansión de la red europea Natura 2000, así como una mayor concienciación por parte de los gobiernos locales y regionales de la necesidad de proteger ciertas áreas por su riqueza medioambiental y su biodiversidad, explica el aumento de estos capitales. Los efectos tractorales sobre la economía de los espacios situados alrededor de estas áreas (ges-

tión y cuidado de las mismas, apoyo al desarrollo rural, desarrollo del sector turístico, etc.) también han jugado a favor.

Los recursos energéticos y minerales han seguido una evolución opuesta a la de las áreas protegidas, pues han perdido peso en el agregado de capital natural en todas las comunidades autónomas, salvo Andalucía y La Rioja, entre 1995 y 2018. El progresivo abandono de las actividades de minería en muchas regiones, especialmente del norte y centro peninsular, apoyado con distintos planes de transición y reactivación de estas zonas, así como los distintos planes de transición energética que fomentan el abandono de las energías fósiles, explican esta pérdida de importancia, que ha afectado, sobre todo, a los recursos energéticos (carbón, petróleo y gas natural). No obstante, vale la pena señalar que el peso de estos recursos ha sido muy pequeño durante todo el período considerado, moviéndose en el entorno del 1%. En la actualidad, este tipo de recursos se concentra principalmente en dos comunidades autónomas: el Principado de Asturias y Andalucía, aunque su peso sobre el capital natural total es bastante reducido (un 1,8 y un 2,4%, respectivamente) si se compara con el de otro tipo de recursos naturales.

9. Conclusiones

LA presente monografía ha abordado, desde una perspectiva cuantitativa, el estudio de las relaciones existentes entre el desenvolvimiento de la actividad económica y el medio ambiente en España, estableciendo, ocasionalmente, comparaciones con otros países. Para ello, se ha servido de dos instrumentos con una sólida base teórica: el análisis del flujo de materiales (AFM) y el concepto de capital natural. El AFM contribuye a hacer entendible la presión sobre el medio que se deriva de la extracción de materiales, de la generación de emisiones y de la eliminación de residuos, así como a analizar el grado de circularidad existente en los procesos económicos en un espacio determinado. El concepto de capital natural permite aportar evidencia sobre la sostenibilidad del crecimiento económico al desarrollar la noción de un capital no manufacturado por el ser humano e integrarlo en el conjunto de activos que pueden garantizar a largo plazo la producción de bienes y servicios que contribuyen al bienestar de las sociedades humanas. A continuación, se sintetizan los aspectos más destacados que se han abordado en las páginas anteriores en relación con estos temas.

9.1. análisis del flujo de materiales

La metodología del análisis del flujo de materiales tiene como punto de partida una concepción de las sociedades humanas como sistemas que contienen múltiples vínculos entre diversos aspectos socioeconómicos y biofísicos, así como mecanismos de retroalimentación entre ellos. Para desarrollar esta concepción, se han adaptado conceptos básicos procedentes del campo de la

biología y se ha introducido el término de metabolismo socioeconómico (MS). El AFM puede contemplarse como un método que permite dotar de contenido operativo al concepto de MS, permitiendo que se lleven a cabo cálculos cuantitativos a escala de la economía nacional en su conjunto, o a una escala más reducida, como la de una ciudad o región.⁵⁹ De este modo, la polución medioambiental y las medidas para su control pueden contemplarse como parte de un problema de balance o equilibrio de materiales que se plantea a escala del conjunto de la economía. Constituyen *inputs* del sistema socioeconómico los combustibles, los alimentos y las materias primas que se introducen en él para convertirse en bienes finales y, parcialmente, en residuos. Pero los bienes finales también acaban por convertirse en residuos, excepto los que se acumulan en forma de *stocks*, como las instalaciones industriales, los equipos productivos, las infraestructuras o los bienes de consumo duraderos, que en todo caso solo lo hacen a largo o muy largo plazo. De ese modo, el sistema económico genera *outputs* que regresan al medio natural en diversas formas, y de acuerdo con la ley de la conservación de la materia, que es la idea teórica que subyace en el AFM, los *inputs* materiales que entran en el sistema económico deben ser equivalentes a los *outputs* que salen de él *más* los cambios en los *stocks* materiales del sistema.

El estudio de la relación entre el sistema económico y el medio ambiente a través del análisis del flujo de materiales conduce a interrogarse sobre la manera de orientar dichos flujos en la dirección de la sostenibilidad y a poner en cuestión los supuestos propios de una concepción lineal de los modelos económicos, que deja fuera del foco los daños medioambientales que tienen lugar cuando se desborda la capacidad del medio para absorber los desechos generados por las sociedades humanas. Por el contrario, si las posibilidades de recuperación y reciclaje de materiales se desarrollan ampliamente y se consigue que la parte del flujo de residuos que no llega a reciclarse no alcance a superar las capacidades de asimilación del medio ambiente, entonces la economía

⁵⁹ Conviene que el lector tenga también presentes las limitaciones del análisis del flujo de materiales, que han sido expuestas a lo largo de la primera parte de esta monografía, en concreto en los capítulos 1 a 5.

puede concebirse, al menos de forma aproximada, como un sistema circular.

Al analizar los flujos de materiales vinculados al funcionamiento de la economía española, cabe adoptar una doble perspectiva, la que opera desde el lado de los *inputs* y la que lo hace desde el de los *outputs*, y, en el capítulo 2 de esta obra, se desarrollan los conceptos básicos que son relevantes en ambos casos. El consumo nacional de materiales (CNM) es probablemente la magnitud más representativa de la primera perspectiva, ya que representa la cantidad total de materiales utilizada en el interior de la economía nacional, tanto si proceden de la extracción nacional de materiales (EN), es decir, del medio natural interior o doméstico, como si se trata de importaciones. La evolución en el tiempo del CNM responde mayoritariamente al comportamiento de la EN, y muestra, entre 1995 y 2018 en España, unos cambios de tendencia más bruscos que los que tienen lugar en las otras grandes economías de la zona del euro —Alemania, Francia e Italia—, reflejando así la mayor intensidad de las fases alcista y recesiva de los ciclos económicos en nuestro país a lo largo de esos años. A su vez, el principal determinante de las oscilaciones experimentadas por la EN corresponde a los minerales no metálicos, que llegaron a representar en 2007 el 80% del total, al tratarse principalmente de bienes intermedios ampliamente utilizados en la industria de la construcción. De este modo, las toneladas extraídas de este tipo de materiales pasaron de 276 millones en 1995 a 613 en 2007, bajando después a 191 en 2018. Las otras grandes categorías de materiales, tal como se agrupan en el AFM, son la biomasa, que es la segunda en orden de importancia —medida en peso—, los minerales metálicos y los combustibles fósiles. La pérdida continuada de participación relativa de esta última categoría refleja la decadencia de la minería española del carbón.

La perspectiva desde el lado de los *outputs* implica conocer el destino de los recursos extraídos del medio natural, sumados a los que proceden de la importación, que conjuntamente forman el denominado *input* directo de materiales (IDM). El principal destino es, sin duda, el de contribuir a incrementar, en términos netos, el *stock* global de recursos del país, lo que expresa el crecimiento en términos *físicos* de la economía nacional. Aunque aquí podría,

en teoría, incluirse la contribución de los alimentos a la expansión de la población humana y del ganado, las cuentas de flujos de materiales solo hacen referencia a las existencias de bienes físicos formadas por los bienes de consumo duradero y los bienes de capital. Algunos indicadores de la dimensión física de la economía española muestran una notable expansión en el período analizado, ya que, haciendo base 100 en 1995, el índice del *stock* real de capital privado productivo alcanzaba en 2018 un valor de 209, y el de capital público, de 155, mientras que el empleo había crecido un 44% entre ambos años.

Un segundo destino del IDM es la exportación, que, al igual que la importación, ha ganado progresivamente peso en los flujos de materiales de la economía española. Entre las importaciones, destaca la importancia de los combustibles fósiles, mientras que, en las exportaciones, la participación de las distintas categorías es más similar, aunque revisten gran importancia la de *recursos energéticos líquidos y gaseosos* y la de *cultivos primarios*, ya que no hay que olvidar que todas estas magnitudes están valoradas por su peso en toneladas. Un rasgo distintivo del comercio exterior de materiales de la economía española es el rápido crecimiento de las exportaciones, que aun siendo siempre inferiores a las importaciones, han venido creciendo a una tasa superior a la del conjunto de la EU-27, y siempre a la de Alemania, Francia e Italia, especialmente entre 2012 y 2018.

El destino más relevante desde el punto de vista ambiental del IDM es el formado por el denominado *output* nacional procesado (ONP), que recoge todos los materiales que son devueltos al medio natural en forma de emisiones líquidas y gaseosas, en forma de residuos depositados en los vertederos y también como materiales disipados de forma involuntaria, como los residuos producidos por la abrasión de los neumáticos y de los frenos de los vehículos a motor. El componente más importante es, sin duda, el formado por las emisiones de dióxido de carbono, que por sí solas representan el 91% del total del ONP. La disipación de productos, principalmente en forma de fertilizantes, es la segunda partida en orden de importancia. Al igual que para otras grandes magnitudes del AFM, también aquí se observa un perfil temporal de importante crecimiento a comienzos de este siglo, retroceso

en los años de la crisis y recuperación con estabilización posterior. Las emisiones de gases de efecto invernadero —dióxido de carbono, metano, óxido nitroso— preocupan por su contribución al calentamiento global, y en este sentido hay que señalar que ascendieron en España a 334 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2018, lo que representó una disminución del 24% respecto al año 2005, pero un incremento del 15% en relación con 1990, que es el año que suele tomarse como referencia en los compromisos internacionales relacionados con la lucha contra el cambio climático. En España es el sector del transporte el que en mayor medida contribuye a estas emisiones.

Los residuos en vertederos oficiales no se consideran en el AFM como un flujo desde el sistema económico a la naturaleza, sino como una actividad interna al propio sistema económico, y por esa razón, no se integran en las cuentas oficiales de flujo de materiales que elabora Eurostat, que sin embargo sí ofrece información al respecto con carácter complementario. Esta información muestra que en 2008 el volumen de residuos en toneladas per cápita dirigido a vertederos oficiales en España era superior al de países como Alemania, Francia e Italia. La situación en 2016 seguía siendo peor a la de esos países, pero había mejorado en alguna medida y se situaba en niveles similares a la media de la EU-14. Sigue siendo excesivo el porcentaje de residuos que van a parar a vertederos, ya que supone más del 50%, mientras que solo el 13% de los residuos se emplea para obtener energía y el 33% se reutiliza, bien reciclándolos o empleándolos para obtener compost.

El conocimiento de los flujos de materiales y su seguimiento a través de períodos prolongados de tiempo ha ido cobrando una importancia creciente en las economías desarrolladas. Una de las razones que lo explican es el interés por conocer la relación existente entre el crecimiento de determinados agregados económicos, el producto interior bruto (PIB), principalmente, y el uso de recursos extraídos del medio natural. El logro de una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales ayuda a que las generaciones futuras puedan seguir disponiendo de ellos y reduce el impacto negativo de su extracción, utilización y disposición final sobre el medio ambiente. Puede, además, contribuir a disminuir

la volatilidad de sus precios, que en la actualidad está muy condicionada por la disponibilidad a escala mundial de una oferta limitada de materias primas, que muestra, además, un elevado grado de concentración geográfica en cuanto al origen de algunas de ellas. Es por ello por lo que la Unión Europea (UE) pretende desarrollar, a través del Pacto Verde Europeo, una estrategia orientada a conseguir una economía eficiente en el uso de los recursos naturales, y en la que no debería haber emisiones netas de gases de efecto invernadero a partir de 2050. Este tipo de prioridades se ha visto reafirmado en los contenidos del reciente mecanismo europeo de recuperación y resiliencia a financiar con los fondos de Next Generation European Union.

Una distinción conceptualmente básica a la hora de analizar el grado de vinculación entre el uso de los recursos naturales y su impacto ambiental, de un lado, y el crecimiento económico, de otro, es la existente entre *desacoplamiento relativo* y *desacoplamiento absoluto*. El primero se produce cuando el indicador que muestra el crecimiento económico crece con mayor rapidez que el que describe el uso de los recursos naturales o su impacto ambiental, el segundo, en cambio, implica que, aunque se esté incrementando el volumen de producción de bienes y servicios, el uso de recursos naturales o el impacto que su utilización produce sobre el medio ambiente está reduciéndose. No es necesario decir que este segundo tipo de desacoplamiento es poco frecuente, y, cuando se produce, suele coincidir con fases de fuerte desaceleración económica.

El uso de innovaciones que reducen el uso de *inputs* materiales y energía por unidad de *output* ahorra recursos naturales y contribuye, por tanto, a posibilitar el desacoplamiento entre el uso de estos y el crecimiento del PIB. La literatura especializada ha puesto, sin embargo, de relieve que, bajo determinados supuestos de comportamiento de los consumidores, los ahorros de materias primas y energía que es dado obtener de este modo, pueden ser sustancialmente inferiores en la práctica a lo esperado —o incluso inexistentes— si los avances tecnológicos que mejoran la eficiencia en la gestión de los recursos conducen a un abaratamiento en términos de costes y precios que induce, a través de un abara-

tamiento de los bienes o servicios producidos, un incentivo para aumentar su consumo. Es el denominado efecto rebote.

Diversos estudios internacionales han mostrado que los niveles de uso de materiales y energía por habitante difieren profundamente entre países, aunque todos hayan compartido un fuerte incremento en perspectiva histórica. En los países industrializados, dichos niveles superan, en la actualidad, entre cinco y diez veces a los que corresponden a los países en vías de desarrollo, al encontrarse unos y otros en distintas fases de transición desde el sociometabolismo tradicional propio de las sociedades fundamentalmente agrarias al de las sociedades industriales avanzadas. Dentro de estas últimas, puede haber diferencias del doble, o incluso más, en las toneladas de materiales usadas por habitante entre aquellas que mantienen bajos niveles de densidad demográfica, como Australia, Estados Unidos y Finlandia, y aquellas otras, como la japonesa o las de Europa Occidental, en que esta densidad es muy superior. En cuanto al desacoplamiento, existen, asimismo, diferencias entre los enfoques que se han basado en contabilizar la *producción* de materiales y los que han tomado como referencia su *consumo*. El primer tipo de enfoques ha encontrado con frecuencia casos de desacoplamiento relativo, y raramente de desacoplamiento absoluto. En cambio, cuando se ha centrado la atención en el consumo, el desacoplamiento observado en algunos países, pertenecientes, generalmente, al mundo desarrollado, coincide con aumentos de la huella ecológica de estos mismos países, que se manifiesta mediante impactos ambientales que trascienden sus fronteras en virtud del comercio internacional.

El nivel de renta por habitante muestra, generalmente, una correlación positiva y estadísticamente significativa con el consumo nacional de materiales per cápita, pero en el caso concreto de los Estados miembros de la Unión Europea, este tipo de correlación, que era muy fuerte en el año 2000, se había difuminado notablemente en 2019, al aparecer muy fuertes diferencias entre países con niveles similares de renta por habitante.

En España la gran transformación en la extracción nacional de materiales (EN) tuvo lugar después de 1950, con volúmenes actuales que cuadruplican los de dicho año, y también se han registrado cambios notables en su composición, que ha estado

liderada sucesivamente por los metales destinados a la exportación en las primeras décadas del siglo xx, los combustibles fósiles (carbón) hasta 1990, y los materiales de construcción, más recientemente. La gran exportación de productos agrícolas representa mucho en cuanto a su valor comercial, pero ocupa un papel secundario en las cuentas de flujo de materiales, al centrarse en frutas y hortalizas que poseen un peso en materia seca relativamente bajo. En cuanto al consumo nacional de materiales (CNM), en los años sesenta del siglo pasado tuvo lugar una transición desde un consumo centrado principalmente en la biomasa a un consumo donde pasaron a predominar los productos abióticos.

Al igual que en otros países europeos, la experiencia española a lo largo del último medio siglo es la de un desacoplamiento relativo. Sin embargo, cuando la atención se centra en el período posterior al año 2000, los resultados son algo más complejos, al quedar incluidas fases sucesivas de fuerte crecimiento, crisis y recuperación. La imagen de desacoplamiento absoluto que ofrece la economía española en estos años refleja el fuerte impacto de la crisis de 2007-2013, al igual que ocurre en otros países de la eurozona que también atravesaron por dificultades similares, como Grecia, Irlanda, Portugal, Chipre, Italia y Eslovenia. Es destacable, sin embargo, que en la fase posterior de recuperación económica, algunas grandes economías europeas, como Alemania, registren también un desacoplamiento absoluto, cosa que no ocurre en España. Cabe concluir que España ha dado muestras de una moderada reducción en la intensidad del vínculo entre el consumo de materiales y el crecimiento económico en lo que va transcurrido del siglo xxi, aunque menos fuerte que la observada en otros países de su entorno. En todo caso, el grado de acoplamiento entre el uso de materiales y la evolución del PIB es relativamente elevada para los minerales y los combustibles fósiles, mientras que la biomasa muestra una vinculación menos intensa, al estar más ligada la demanda de ese tipo de materiales a variables demográficas que al PIB.

Resulta particularmente interesante el seguimiento del consumo de los combustibles fósiles. Hasta finales de la década de los noventa, su demanda muestra lo que podría denominarse un crecimiento *superacoplado*, ya que el uso de esa fuente de energía

progresa con mayor rapidez que el PIB. Luego, y hasta el comienzo en 2007 de la crisis económico-financiera, ambas magnitudes evolucionan en forma paralela. Después, una vez iniciada la crisis, se abre una brecha que separa ambas trayectorias, sin que la recuperación económica posterior impulse significativamente al alza la demanda de combustibles fósiles, en lo que sin duda ha influido el cambio en el *mix* energético de la economía española a favor de un aumento del peso de las energías renovables, y cierta mejora en la eficiencia energética de la producción.

Para analizar en mayor detalle los factores determinantes de la evolución del uso de la energía final destinada a usos productivos en la economía española, se ha hecho uso en el capítulo 4 de esta monografía de una técnica de análisis de las variaciones anuales en los consumos energéticos basada en el enfoque denominado índice divisia de media logarítmica (LIMDI), que permite una descomposición aditiva y que se ha aplicado a tres tipos distintos de energía: combustibles fósiles, energías renovables y electricidad. De este modo, la variación observada en distintos subperíodos comprendidos entre 1990 y 2019, se ha descompuesto en cinco tipos distintos de efectos o componentes: efecto de los cambios en la composición del consumo energético por fuentes de energía, efecto de los cambios en la estructura productiva, efecto de los cambios en la intensidad energética en la producción de cada sector económico, efecto de las variaciones en el PIB per cápita y, finalmente, efecto de los cambios en la población.

Al aplicar este método de análisis, destaca, en primer lugar, que para los tres tipos de energía considerados —combustibles fósiles, renovables y electricidad— el crecimiento de la renta por habitante y de la población han jugado siempre con signo positivo, impulsando al alza el consumo energético. Ambos efectos son indicativos de la *escala* a la que tiene lugar la actividad económica. Los demás efectos han jugado de un modo distinto sobre el consumo de cada tipo de energía.

En el caso de los combustibles fósiles, cuyo uso es el más sensible desde el punto de vista medioambiental, los efectos que no están directamente relacionados con la dimensión o *escala* de la actividad económica han jugado en contra, de tal modo que aparecen con signo negativo a la hora de explicar las variaciones

anuales del consumo. En primer lugar, porque las otras fuentes de energía han ido ganando peso en la composición del consumo de energía final, y en segundo lugar, porque la industria ha ido reduciendo su participación en el valor añadido bruto (VAB) generado por la economía española, pasando de representar casi el 21% en 1990 al 16% en 2019. Finalmente, también porque los avances tecnológicos y la regulación pública han reducido la intensidad energética de la economía, aunque este último efecto solo ha jugado un papel relevante a partir de 2007. Por sectores económicos, el que ha tenido una mayor influencia en el crecimiento del uso de combustibles fósiles ha sido el de transporte, aunque también la industria ha jugado un papel relevante, especialmente en lo que se refiere, en particular, al consumo de gas natural. Comparando dos períodos de crecimiento económico, como son los años noventa del siglo pasado y el que transcurre entre 2013 y 2019, en el primero el crecimiento medio anual en el consumo de combustibles fósiles como fuente de energía final fue de 1609 miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep), mientras que en el segundo tan solo ascendió a 553.

A las energías renovables —eólica, hidráulica, fotovoltaica, biocombustibles, etc.— les ha favorecido, desde comienzos de siglo, la modificación del *mix* energético, lo que resulta visible en el hecho de que hayan pasado de representar el 2,1% del consumo total de energía final destinada a usos no residenciales en 2000 al 4,8% en 2019. Este ha sido el factor más importante de signo positivo sobre su consumo, más aún que los dos factores de escala. En cambio, las alteraciones en la estructura productiva y en la intensidad energética han actuado como factores reductores del consumo. De otro lado, las energías renovables han ido ganando peso en la generación de electricidad en España, por lo que el efecto favorable de su expansión no se limita a su importancia en la estructura del consumo final de energía, sino también a su papel como energía primaria. La *Ley del Clima y la Transición Ecológica*, aprobada por el Congreso en abril de 2021, prevé que en 2030 el 74% de la producción de electricidad se obtenga de fuentes renovables de energía, frente al 40% actual, y que el 42% del consumo total de energía final —incluyendo ahora en ese consumo el de tipo residencial— proceda de ellas, frente al 20% actual.

El consumo de electricidad se ha visto impulsado por el crecimiento del nivel de vida y de la población, pero la disminución de la intensidad energética ha contribuido a reducir ese consumo a lo largo de los últimos veinte años, y en el mismo sentido ha jugado la transformación de la estructura productiva española, ya que la expansión de los servicios no ha compensado el efecto de la reducción del peso relativo de la industria sobre el uso de la energía eléctrica. En cambio, las modificaciones en la composición del *mix* energético han favorecido el consumo de electricidad, al igual que ha ocurrido en el caso de las energías renovables. La introducción, todavía muy limitada, de los vehículos eléctricos, y el cambio modal a favor del ferrocarril en los sistemas de transporte están contribuyendo, asimismo, a que la electricidad mejore su posición respecto a los combustibles fósiles en la composición de la demanda de energía para usos finales.

Un tema transversal a las distintas fuentes de energía aquí contempladas es el de la eficiencia energética, que constituye el reverso de la intensidad energética de la producción de cada sector económico. La impresión general que se obtiene cuando se examinan los datos correspondientes es que las ganancias de eficiencia energética por parte de la economía española son, cuando se producen, bastante recientes, y que solamente la industria ofrece evidencias claras y significativas de haber reducido su intensidad energética entre 1990 y 2019. La explicación de estas mejoras en el sector industrial cabe encontrarla en los nuevos desarrollos tecnológicos y en las medidas de política económica dirigidas a mejorar la eficiencia energética, pero también en algunos cambios en la composición de la propia producción industrial, como la pérdida de peso en el valor añadido bruto industrial de sectores como el cementero y el siderúrgico, que son muy consumidores de energía y que se vieron afectados por el fin del extraordinario auge de la construcción que tuvo lugar en los primeros años del siglo actual.

El enfoque de descomposición puede aplicarse también para el consumo de energía final no residencial en su conjunto, con lo que desaparece el efecto de composición del consumo energético. En este caso, se trata de descomponer un crecimiento acumulado del consumo que puede cifrarse en 23.240 ktep entre 1990

y 2019. Es una cifra neta, a la que contribuyen con signo positivo los efectos del aumento del nivel de actividad, provocados en parte por el crecimiento del PIB por habitante, y el incremento demográfico. Ambos efectos de *escala* aportan conjuntamente un crecimiento de 38.614 ktep. Contribuyen, en cambio, a restar los efectos derivados de las modificaciones en la estructura productiva, con 8.381 ktep afectados por un signo negativo, y con igual signo, 6992 ktep, como efecto de la reducción de la intensidad energética. Esta última, muy fuertemente concentrada en el sector industrial y, en menor medida, en el del transporte.

9.2. Economía circular y economía sostenible

En relación directa con los flujos de materiales registrados por la economía española, se encuentra el tema de la *dirección* o sentido en que operan dichos flujos, ya que, frente a una concepción *lineal* de los procesos económicos, que los concibe como una secuencia que va desde la extracción de materiales a su desecho final, pasando por su procesamiento y consumo, se plantea en la actualidad como más deseable una *circularidad* de dichos procesos, que sería más sostenible desde el punto de vista medioambiental. Los límites del medio natural para asimilar los desechos que generan las modernas sociedades industriales han contribuido a señalar la insuficiencia de los enfoques lineales y unidireccionales de los sistemas económicos. La Comisión Europea estima que, solamente en términos de generación de residuos derivados de las actividades económicas, los Estados miembros de la Unión Europea generan 2500 millones de toneladas al año.

La búsqueda de una economía circular y de una economía sostenible están fuertemente relacionadas, si bien la concepción de la segunda es más amplia que la de la primera al permitir que sus objetivos se definan de forma más genérica. La economía circular está centrada en la creación de bucles cerrados de circulación de recursos, que permitan reducir las emisiones de gases, partículas, y residuos. El cierre de los ciclos de producción, consumo y eliminación de residuos puede llevarse a cabo de formas muy diversas: reduciendo el uso de materiales, manteniendo, reparando y re-

utilizando los productos, reacondicionándolos o volviéndolos a manufacturar, reciclando sus componentes básicos o, en última instancia, aprovechando los residuos para generar energía.

En el capítulo 5 de esta monografía se ha examinado el marco de monitorización de la economía circular que ha promovido la Comisión Europea mediante un sistema de indicadores desarrollado por Eurostat, su oficina estadística. El Plan de Acción para la Economía Circular adoptado en 2020 por la Comisión Europea establece iniciativas que enlazan con los Objetivos para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

Eurostat ha concebido un sistema de información para facilitar el seguimiento del desarrollo de la economía circular en Europa que consta de 16 indicadores, ocasionalmente con subindicadores, que se dividen en cuatro áreas temáticas: producción y consumo, tratamiento de residuos, materiales brutos secundarios —los que vuelven al sistema económico tras ser reciclados o recuperados—, y competitividad e innovación. Haciendo uso de ellos, se han descrito en el texto de esta obra los avances hacia la economía circular en la UE y en España desde diversas perspectivas, que incluyen el volumen que alcanza la generación de distintos tipos de residuos, el reciclaje, la circularidad en el uso de materiales y el análisis más general de los efectos sobre el conjunto de la economía de la adopción de este tipo de enfoque. Se trata, todavía, de un sistema de indicadores limitado y parcial en algunas áreas, pero debido al papel que el desarrollo de la economía circular está adquiriendo en las políticas medioambientales de la Comisión Europea, se espera que este sistema se amplíe y refleje cada vez de forma más veraz y completa el grado de circularidad del sistema económico y de las actividades humanas en general.

En lo relativo a los residuos urbanos, la evolución en España está siendo positiva, con una importante reducción en kilogramos por habitante desde principios de este siglo, que ha sido más intensa que en los países de nuestro entorno. La situación es menos favorable si los residuos se ponen en relación con el PIB, y aún peor si se comparan con el consumo nacional de materiales. En este último caso, la proporción no ha dejado de aumentar desde 2006. Es posible, por tanto, que el rápido crecimiento de la población haya influido en el indicador que mide la evolución

de los residuos generados por habitante, moderándola, pero la falta de información de detalle, en el caso, por ejemplo, de los residuos alimentarios, impide avanzar más en esa dirección. Es también importante conocer no solo el volumen sino también el tipo de tratamiento que reciben los residuos y, en este terreno, el retraso español es notable, no solamente en relación con los países más avanzados, como Alemania, sino también en relación con la media de la EU-14. En residuos urbanos en España, se recicla el 18%, frente al 49% de Alemania, y en residuos totales, la situación tampoco es buena, aunque las diferencias son menores. Los datos españoles son bastante aceptables en lo que se refiere al reciclaje de envases y embalajes, pero no ocurre lo mismo en lo relativo a los residuos biológicos y a la tasa de recuperación de los residuos de la construcción y demolición.

Un tipo distinto de indicador es el de la *tasa de uso circular de los materiales*, que mide la proporción de materiales recuperados y reciclados que vuelven al sistema económico como *inputs*, calculada sobre el total de los materiales utilizados. Eurostat calcula este indicador dentro del área temática dedicada al uso de materiales brutos secundarios. La tasa española, que era aproximadamente del 7% en 2017, está por debajo no solo de la de Francia, Italia y Alemania, sino también de la media de la EU-27, que supera ligeramente el 11%. Un dato positivo, en cambio, es el peso creciente sobre el VAB y el empleo, aunque todavía en niveles muy bajos, de los sectores dedicados al reciclaje, las reparaciones y la reutilización. En ambos casos se supera, aunque no exageradamente, la media de la EU-27.

Eurostat supervisa la evolución de la economía circular en Europa no solamente haciendo uso del sistema de indicadores a que ya se ha hecho referencia, sino también mediante los denominados *diagramas de Sankey*, que pretenden proporcionar una imagen gráfica del nivel de circularidad en el uso de materiales. Estos diagramas muestran las cantidades de materiales extraídos e importados —incluyendo los residuos que se importan para su tratamiento—, que se reciclan o se eliminan, así como las emisiones relacionadas con los mismos. La parte central del diagrama permite captar el total de materiales procesados y el peso dentro de ellos de las denominadas *materias primas secundarias*, es decir,

los materiales recuperados que vuelven a entrar en el sistema productivo gracias al reciclaje o que son utilizados para operaciones de relleno, por ejemplo, para la recuperación de áreas excavadas. Este peso transmite información sobre el grado de circularidad en la economía, y también lo hace el desglose en el diagrama de la forma en que se tratan los residuos.

Se ha recogido en el texto el *diagrama de Sankey* para España, elaborado con datos de Eurostat para los años 2010 y 2019 y expresado en todas sus magnitudes en toneladas per cápita. El *input* directo de materiales (IDM) de España —que, como se recordará, está formado por la extracción nacional de materiales y por las importaciones—, es inferior a la media de la UE, siendo, en cambio, mayor el peso en porcentaje de las importaciones sobre el IDM. En cuanto a los *outputs* al medio ambiente, las emisiones a la atmósfera son también inferiores en términos per cápita, mientras que los vertidos a las aguas y la disposición de productos son similares.

En lo referente al uso de materiales, tanto la acumulación de los mismos en forma de *stocks* como los residuos generados son inferiores en términos por habitante a la media europea. El destino de los residuos es similar en la EU-27 y en España, ya que entre el 55% y el 60% se destina al reciclaje o al relleno, y el resto van a parar principalmente a vertederos, puesto que la proporción que se incinera es muy reducida, especialmente en España. Entre 2010 y 2019, tanto el IDM como los residuos per cápita se redujeron, y las tasas de reciclaje han mejorado con carácter general, aunque no en todos los casos. La posición es muy favorable en relación con otros países europeos en lo referente al reciclaje de productos electrónicos, pero ocurre lo contrario en los residuos urbanos. En lo que atañe al comercio exterior de materias primas reciclables —residuos para reciclaje— España destaca en el contexto europeo por sus importaciones por habitante, mientras que sus exportaciones por habitante son claramente inferiores.

Los datos evidencian que en España se requieren esfuerzos importantes adicionales para impulsar el desarrollo de la economía circular. Es por ello por lo que se ha aprobado la Estrategia Española de Economía Circular, que persigue impulsar un nuevo modelo de producción y consumo basado en el alargamiento del

ciclo vital de los productos y de los materiales empleados, y la reducción al mínimo de los residuos. Para ello, se ha establecido una serie de objetivos para el año 2030, cuyo seguimiento y evaluación se llevará a cabo haciendo uso de los indicadores definidos a nivel europeo, a los que ya se ha hecho antes referencia, añadiendo los relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero, que se pretenden reducir por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂ equivalente, y mejorando la eficiencia en el uso del agua.

9.3. Cuantificación del *stock* de capital natural

Una información que permite complementar y enriquecer sustancialmente el análisis de los flujos de materiales y el grado de desarrollo de la economía circular en España es el estudio del *stock* disponible de algunos de estos materiales y otros recursos naturales. De hecho, la sostenibilidad en el futuro de los actuales niveles de extracción y producción va a venir determinada por dicho *stock*. Si los niveles de actividad actuales agotan y/o degradan los activos naturales disponibles con una rapidez mayor de la que admite su regeneración, su disponibilidad a largo plazo puede verse comprometida, dando lugar a pérdidas de bienestar futuras. Una forma de abordar el estudio de esa disponibilidad a largo plazo es realizar una valoración del *stock* de capital natural disponible en la actualidad, que permita poner en relación el uso de los recursos naturales y las reservas disponibles de cara al futuro. Ahí radica la importancia de disponer de datos sobre la cuantía de recursos naturales disponibles. Los últimos tres capítulos de esta monografía se dedican, precisamente, a presentar la metodología seguida para realizar la estimación de dichos datos, así como los resultados o conclusiones que pueden extraerse de su análisis.

El cálculo del capital natural permite introducir este concepto en los análisis habituales de crecimiento económico. Estos, basados habitualmente en la evolución del PIB o valor añadido generado por la economía, tan solo contemplan la existencia de los capitales manufacturados o producidos por las personas y su depreciación, dejando de lado la existencia de los capitales naturales y su depreciación como consecuencia de la actividad econó-

mica. Algunos autores consideran que esta es una de las mayores limitaciones del PIB como guía de la política económica (Dasgupta 2009). Desde esta perspectiva, una política centrada en el crecimiento del PIB podría tener como resultado una pérdida de capital natural, que reduzca el bienestar y la riqueza agregada. La estimación de una medida de riqueza o capital natural permitiría incluir criterios de sostenibilidad en los análisis del crecimiento económico que se llevan a cabo habitualmente. Con este objetivo, en la actualidad, diferentes instituciones internacionales (Naciones Unidas, la Comisión Europea, el Fondo Monetario Internacional [FMI], la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] y el Banco Mundial) han desarrollado un marco central para analizar la interacción entre el medio ambiente y la economía, el denominado *SEEA Central Framework* (Naciones Unidas *et al.* 2014), que ofrece los principales conceptos y definiciones sobre contabilidad ambiental y económica y constituye una herramienta básica para la compilación de estadísticas integradas. Entre ellas, se encuentra, de forma muy destacada, la estimación del valor del capital natural. En consonancia con el marco mencionado, han surgido en los últimos años distintas iniciativas dedicadas a la estimación y valoración del capital natural a escala internacional (Banco Mundial 2006, 2011; Lange, Wodon y Carey 2018; UNEP 2018) y nacional (ABS 2012, 2013; Provenzano, Barber-Dueck y Floyd 2016; Provenzano y Barber-Dueck 2017; ONS y Defra 2020; ONS 2020). Además, otros trabajos han incorporado ya estas estimaciones a los análisis de crecimiento tradicionales, mostrando la importancia del capital natural en este ámbito (Brandt, Schreyer y Zipperer 2013, 2014; Cárdenas, Haščič y Souchier 2018). Conviene recordar que ya en su momento la Comisión formada en 2008 en Francia para la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social, liderada por Joseph E. Stiglitz, Amartya Sen y Jean-Paul Fitoussi, recomendó prestar mayor atención a indicadores de bienestar más amplios que el PIB para medir el progreso de los países, basados en otras magnitudes como el consumo, los ingresos o la riqueza, incluyendo en esta última el valor de los recursos naturales (Stiglitz, Sen y Fitoussi 2009).

La estimación realizada en el marco de esta monografía sigue la metodología desarrollada por el Banco Mundial, aunque la utilización de fuentes de información específicas de España, más completas y actualizadas que las utilizadas por el Banco Mundial, hace que, en ocasiones, nuestras estimaciones no coincidan con las de esta institución. La estimación realizada es eminentemente económica, pues valora los recursos naturales disponibles en función de las rentas que generan anualmente o en función de sus precios de mercado cuando estos están disponibles y solamente tiene en cuenta aquellos activos para los que se dispone de suficiente información y de calidad adecuada para llevar a cabo esta estimación.⁶⁰ En concreto, se han considerado siete tipos de recursos naturales: los recursos forestales, madereros y no madereros, las tierras de cultivo, las tierras de pasto, las áreas protegidas, los recursos energéticos y los minerales metálicos. Los cinco primeros pueden considerarse como recursos renovables y los dos últimos, como no renovables. El capítulo 6 detalla la metodología empleada para estimar cada uno de estos recursos.

Los resultados que se desprenden de la estimación realizada indican que el capital natural ascendía en 2018 a 467.558 millones de euros corrientes, lo que equivale a algo más de 9000 de euros por habitante. Sin embargo, estos capitales se han reducido entre 1995 y 2018, ligeramente en términos absolutos (-0,4%) y de forma más intensa en términos per cápita (más de un 15%).

En términos absolutos, dado que el PIB ha crecido más de un 60% de forma acumulada en este mismo período, parece que se ha producido cierto desacoplamiento entre la evolución de ambas magnitudes, pues el intenso crecimiento del PIB no se ha producido a costa de una reducción equivalente de los recursos naturales, sino que estos se han mantenido más o menos constantes. Sin embargo, si esta comparación se hace en términos per cápita, la menor dotación de recursos naturales se hace más evidente al compararla con la evolución de la población, que se incrementó mucho en el período expansivo que va desde 1995 hasta 2008

⁶⁰ A la hora de interpretar los resultados obtenidos, el lector debe tener en cuenta estas limitaciones, así como otras que se han ido exponiendo a lo largo de los capítulos 6, 7 y 8.

gracias a los enormes flujos de población que recibió España del exterior.

El capital natural de España está formado principalmente por tierras de cultivo y de pasto, especialmente por las primeras. Ambos capitales suponían casi el 60% del capital natural total en 2018. El valor de las tierras de cultivo se divide entre secano y regadío prácticamente a partes iguales. Aunque la superficie dedicada a cultivos de secano es mucho mayor, los mayores precios de las tierras de regadío hacen que el peso de ambas en el *stock* sea muy similar. Además, se observa cierta tendencia en los últimos años a la sustitución de cultivos de secano por otros de regadío de tipo más intensivo. Este hecho, junto con el abandono de las tierras menos productivas, explican el declive del *stock* de tierras de cultivo de secano, que ha hecho que este tipo de activo natural pierda ligeramente peso en el período analizado. Aun así, España destaca a nivel europeo por el valor de sus tierras de cultivo. La especialización en la producción agroalimentaria de algunas regiones del país, que se encargan de abastecer a otros países europeos de estos productos, justifica este resultado.

Los recursos forestales son los siguientes en importancia, especialmente los no madereros, pues en 2018 suponían casi una cuarta parte del capital natural español. Sin embargo, este tipo de recursos se ha reducido considerablemente desde 1995, perdiendo más de 12 puntos porcentuales dentro del agregado. Esta pérdida de peso se corresponde casi en su totalidad con la ganancia experimentada por las áreas protegidas, el activo que más ha aumentado en importancia relativa entre 1995 y 2018, tanto en España como en el resto de países de la Unión Europea. La apuesta por la protección del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad por parte de la Comisión Europea a través de la Red Natura 2000 y las distintas normativas nacionales y regionales en lo referente a la designación de espacios naturales protegidos se encuentran detrás de este intenso crecimiento. En 2018 la participación de las áreas protegidas en el capital natural español era de un 16,5%.

Los recursos energéticos y minerales son los menos importantes en el caso español (no alcanzan ni el 1% del total). Salvo algunas excepciones puntuales, tampoco destacan en el contexto de la

Unión Europea. Además, estos recursos han perdido peso con el paso del tiempo en España, debido principalmente a la reducción de los recursos energéticos. La extracción de carbón se abandonó en España en diciembre de 2018 en virtud de la aplicación de la Decisión del Consejo de la UE relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas no competitivas (2010/787/UE), y este hecho significa que, al cesar la extracción de carbón, tampoco es posible obtener rentas a partir de la misma, por lo que la valoración del carbón pasa a ser nula según la metodología que hemos empleado. También la extracción de los otros dos recursos energéticos considerados, gas natural y crudos de petróleo, es modesta en nuestro país. España nunca ha destacado en la extracción en su territorio de este tipo de recursos y, en la actualidad, la mayoría de las concesiones de explotación en este ámbito están llegando al final de su vida útil, con producciones decrecientes y yacimientos prácticamente agotados, por lo que su valor sigue también una pauta descendente. El valor de los minerales metálicos, por el contrario, sí ha seguido un perfil creciente en el período analizado, pero su importancia es mínima si se compara con la de otros recursos, como los forestales o las tierras de cultivo.

Si las dotaciones de capital natural per cápita españolas se comparan con las del resto de países europeos, estas se sitúan en una posición intermedia, por encima de la media de la EU-25 y la EU-14. Sin embargo, su situación relativa ha empeorado desde 1995 debido a la reducción de sus dotaciones relativas, al contrario de lo que ha ocurrido en el agregado EU-25. No obstante, también la EU-14 ha visto cómo sus dotaciones relativas se han reducido con el paso de los años. Desde este punto de vista, el crecimiento del PIB per cápita de estos países, entre los que se incluye España, no podría considerarse como sostenible, pues ha comportado una pérdida relativa de capitales naturales, lo que puede considerarse como una disminución del bienestar potencial de la población, que ya no puede disfrutar de estos recursos.

Sin embargo, el concepto de bienestar abarca diversas facetas y no solo se centra en la medición del PIB o de la riqueza en términos de recursos naturales. Un enfoque bastante más amplio desarrollado por el Banco Mundial (2018) y UNEP (2018) se ha basado en el cálculo de un indicador de riqueza agregada,

que incluye no solo el capital producido, que es el habitualmente considerado en el marco de las cuentas nacionales, sino también otro tipo de capitales que se salen de este marco pero que tienen efectos importantes sobre el crecimiento económico de los países y el bienestar de sus ciudadanos. Entre estos capitales adicionales se encuentra el capital natural, así como el capital humano, el social y, desde nuestro punto de vista, también el capital asociado al valor del suelo urbano, sobre el que se asientan los edificios residenciales, así como los que se utilizan con fines industriales, comerciales, etc., si bien este último tipo de capital no ha sido considerado en los trabajos realizados hasta ahora a nivel internacional.

En esta monografía se ha calculado un indicador de riqueza agregada que contempla el capital producido, el capital natural y el capital humano, para los que se dispone de información a nivel nacional y por comunidades autónomas. También se ha llevado a cabo un cálculo alternativo en el que se ha incluido en la riqueza agregada el valor del suelo urbano para los años en los que esta información está disponible, hasta 2010. Sin embargo, dado que las conclusiones no han variado, se ha preferido, finalmente, no incluirlo en esta medida agregada de bienestar y disponer así de una estimación de la riqueza más cercana en el tiempo al momento presente y comparable internacionalmente. Según esta estimación, la situación económica y la evolución de los niveles de bienestar de la economía española serían peores de los que se infieren de un análisis limitado a la evolución del PIB per cápita, pues mientras este ha aumentado casi un 40% entre 1995 y 2018, la riqueza agregada per cápita ha seguido una evolución mucho más modesta, y ni siquiera ha alcanzado una variación acumulada del 5% en este período. Esta evolución más modesta de la riqueza o capital agregado ha venido determinada, principalmente, por la evolución del capital humano, que se ha reducido en el período analizado, compensando el crecimiento del capital producido (manufacturado) y el práctico estancamiento del capital natural. A pesar de esta evolución tan negativa, el capital humano es el que más peso tiene en la riqueza nacional, como también ocurre en la mayor parte de los países desarrollados (UNEP 2018), mientras

que el peso del capital natural es muy pequeño en España, ya que se sitúa en el entorno del 2%.

A nivel europeo, la riqueza agregada ha aumentado, y lo ha hecho a tasas superiores a las de España (al menos hasta 2014, último año disponible en el caso de los datos internacionales). En la mayoría de los países miembros, esta medida agregada de la riqueza ha crecido por encima del 2% anual, frente al 0,1% en el caso español. Tan solo un país, Grecia, ha experimentado una reducción acumulada de su riqueza agregada entre 1995 y 2014.

Una de las aportaciones más relevantes de esta monografía es la estimación y el análisis del capital natural por regiones, que se lleva a cabo a lo largo del capítulo 8. Aunque comparten características comunes, las dotaciones de capital natural presentan notables diferencias entre las distintas comunidades autónomas españolas. Algunas vienen determinadas por las propias características de cada territorio y otras, por las distintas políticas de gestión de los recursos naturales aplicadas en cada uno de ellos.

Las mayores dotaciones de capital natural suelen corresponder a las regiones de mayor tamaño, como Andalucía y las dos Castillas, mientras que las comunidades de menor extensión suelen presentar una participación en el total nacional más modesta (La Rioja, Illes Balears, Madrid o Cantabria). Este resultado se mantiene durante todos los años analizados, aunque la evolución de los recursos naturales en cada territorio ha sido muy distinta. En algunas regiones han crecido por encima del 10% entre 1995 y 2018 (Cantabria, Principado de Asturias y Extremadura), mientras en otras han caído de forma intensa (más de un 10% en Cataluña y la Comunitat Valenciana).

En términos per cápita, las diferencias regionales también son importantes y, además, se han ampliado desde 1995. En general, las mayores dotaciones relativas se concentran en las comunidades autónomas del centro y sur de la península, caracterizadas por su mayor extensión geográfica y, a la vez, por su menor dinamismo demográfico. En las primeras regiones del *ranking*, Extremadura, Castilla-La Mancha y Castilla y León, las dotaciones por habitante superan los 22.000 euros a precios de 2015, más que duplicando la media nacional (9.000 euros). Mientras tanto, las regiones mediterráneas (excepto Andalucía), y también Madrid y

País Vasco, presentan unas dotaciones inferiores a los 5000 euros por habitante. Por otro lado, si se comparan las dotaciones relativas de 2018 con las de 1995, se observa una reducción generalizada. Al relativizar el capital natural con la población, tan solo cuatro comunidades autónomas aumentan sus dotaciones en este período: Extremadura, Castilla y León, Principado de Asturias y Cantabria. El resto presenta tasas de variación negativas de sus dotaciones per cápita en este período, que en algunos casos (Illes Balears, Canarias y la Región de Murcia) superan el -30%.

Si el valor de los recursos naturales se agrega junto con el del capital humano y el producido, se obtiene un indicador de la riqueza agregada de la que dispone cada territorio, es decir, su base productiva o *stock* de capital agregado sobre el que apoyar su crecimiento presente y futuro. La distribución regional de dicha magnitud es muy diferente a la del capital natural, pues el peso de este último tipo de capitales en el agregado es muy reducido (se mueve entre el 0,2% en la Comunidad de Madrid y el 7,6% en Extremadura), por lo que la distribución regional del resto de capitales es la que más influye en la del agregado. Esto hace que algunas comunidades con escaso peso en términos de recursos naturales avancen posiciones de forma notable cuando se tiene en cuenta el indicador de riqueza agregada. Sucede sobre todo con las regiones más ricas, como es el caso de la Comunidad de Madrid, que son las que acumulan un mayor volumen de capital producido y también de capital humano más cualificado.

Por otro lado, vale la pena resaltar que el peso del capital natural en la riqueza agregada se ha mantenido o ha aumentado ligeramente desde 1995 (tan solo ha perdido peso en dos comunidades autónomas, Illes Balears y Comunitat Valenciana). Esta puede considerarse una buena noticia, pues indica que no se ha producido un declive del capital natural en favor de los otros dos tipos de capitales, un fenómeno bastante habitual en algunos países a medida que atraviesan estadios crecientes de desarrollo (UNEP 2018; Banco Mundial 2018). Sin embargo, el aumento o mantenimiento de su peso en el agregado no implica necesariamente que el capital natural haya aumentado en términos absolutos en el período considerado, pues puede producirse en un contexto de reducción de la riqueza agregada.

Por otro lado, la riqueza de un territorio podría permanecer constante, o incluso aumentar, y aun así estar produciéndose una pérdida importante de capital natural, ya que su caída podría venir teóricamente compensada por un aumento del capital producido o humano. Estaría produciéndose así una sustitución de recursos naturales por otros tipos de activos de capital. Bajo este supuesto, podría haber sostenibilidad del desarrollo económico, pero solo en sentido débil. Recordemos que, según esta versión del concepto de sostenibilidad, esta depende solamente del mantenimiento de la riqueza agregada. Sin embargo, aunque desde un punto de vista estrictamente económico el concepto de sostenibilidad débil resulta implícitamente aceptado con frecuencia, no ocurre lo mismo desde una perspectiva medioambiental, ya que el mantenimiento de ciertos componentes del capital natural resulta imprescindible dado que las funciones que desempeñan, de carácter crítico, no pueden ser llevadas a cabo por otro tipo de capitales. La aceptación de este último enfoque corresponde a una definición de la sostenibilidad en sentido fuerte.

En el caso de las regiones españolas, considerando el período 2000-2018, tan solo cinco comunidades están en un escenario de crecimiento sostenible en sentido fuerte: Canarias, Illes Balears, La Rioja, Galicia y Aragón. Solo en estos territorios el crecimiento de la riqueza agregada ha ido acompañado de un crecimiento del capital natural. Con un crecimiento sostenible, pero en sentido débil (la riqueza agregada ha aumentado, pero el capital natural se ha reducido), aparecen regiones como Comunidad de Madrid, Región de Murcia, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra, Castilla-La Mancha, Comunitat Valenciana y País Vasco. El resto de regiones presenta tasas de variación negativas de la riqueza agregada, por lo que, en esos casos, no es posible hablar de un crecimiento sostenible en ninguna de las dos acepciones en las últimas décadas.

Si este mismo análisis se repite en términos per cápita, tan solo en el caso de Galicia se ha producido un crecimiento sostenible en sentido fuerte, es decir, solo en esta región tanto la riqueza agregada como la natural han aumentado en términos per cápita desde el año 2000. En el resto de comunidades, y en el agregado nacional, la riqueza per cápita ha descendido. Este descenso, sin embargo,

no ha venido determinado únicamente por caídas en las dotaciones relativas de capital natural, sino que se deben, principalmente, a caídas del capital humano. De hecho, el capital natural per cápita aumenta en algunas comunidades autónomas como Canarias, Cantabria, Principado de Asturias, Castilla y León, Extremadura y Galicia. Disponer de esta información sobre el volumen de riqueza o capital disponible, así como su composición, permite ajustar mejor el diseño de políticas de desarrollo y crecimiento, que tengan en cuenta no solo la situación a corto plazo, sino también el crecimiento futuro, así como su sostenibilidad a largo plazo.

Si la evolución de esta medida de la riqueza agregada se compara con la del PIB, se observa cierta correlación entre las tasas de crecimiento de ambas magnitudes. En general, las regiones con mayores tasas de crecimiento del PIB son también las que presentan mayores tasas de crecimiento de la riqueza. Sin embargo, mientras el PIB o el PIB per cápita han crecido en la mayoría de las regiones españolas entre 2000 y 2018, no se puede decir lo mismo de la riqueza agregada. Así, aunque la renta por habitante generada en cada comunidad autónoma ha aumentado, lo que permite mejorar los niveles de bienestar de la población, el análisis de un indicador de bienestar más amplio, como es la riqueza agregada, no ofrece un mensaje tan positivo. La evolución de esta magnitud indica más bien una pérdida de las capacidades básicas sobre las que basar su crecimiento futuro.

El diseño de políticas encaminadas al mantenimiento y conservación del capital natural requiere conocer su composición en las distintas regiones, de forma que sea posible adaptarlas a las características de cada territorio. Esta composición del capital natural también ha sido analizada de forma detallada en el capítulo 8 de esta monografía. En general, como ocurre en el agregado nacional, las tierras de cultivo y de pasto son los recursos naturales más importantes en la mayor parte de las regiones. Destacan, sobre todo, en algunas comunidades caracterizadas por una importante presencia de las actividades agrarias, como Andalucía o la Región de Murcia. En cambio, su peso es menor en otras regiones cuya estructura productiva se basa en mayor proporción en otro tipo de actividades, más relacionadas con los servicios o las manufactu-

ras, como sería el caso del Principado de Asturias, el País Vasco o la Comunidad de Madrid.

En general, el *stock* que supone este tipo de capital en tierras de uso agrario se ha reducido en la mayor parte de las regiones cuando se valora en términos reales. La necesidad de aumentar la productividad y la eficiencia del sector agrario ha propiciado la expansión de la agricultura intensiva, así como el abandono de algunas tierras menos productivas. Ambos factores han hecho que se reduzca la superficie que se destina a tierras de cultivo, reduciendo el capital disponible de este tipo de recursos naturales.

Los recursos forestales constituyen el segundo activo en importancia en la mayoría de las comunidades autónomas, especialmente en las regiones situadas en el centro y norte peninsular, favorecidas por su mayor extensión y sus condiciones climáticas. Sin embargo, este recurso natural ha perdido peso con el paso del tiempo en todas las regiones sin excepción. A pesar de que su *stock* ha crecido en la mayor parte de las regiones, lo ha hecho con menor intensidad que otros recursos naturales.

Al igual que en España, el capital que suponen las áreas protegidas es el que más ha aumentado en todas las regiones sin excepción desde 1995. En general, este tipo de recursos tiene una mayor participación en el capital natural agregado en las comunidades del noroeste peninsular y en Cataluña. También es importante en Canarias. Como ya se ha comentado, la expansión de la Red Natura 2000 a nivel europeo, así como las distintas figuras legales de protección de espacios naturales que se han desarrollado en las últimas décadas, explican el dinamismo del capital natural representado por las áreas protegidas. Esta expansión no solamente es relevante desde una perspectiva ambiental, ya que no hay que perder de vista los efectos económicos que la designación de nuevas áreas protegidas puede tener sobre el territorio, pues pueden convertirse en motores de generación de actividad y riqueza en ciertas zonas rurales. La gestión de los espacios naturales protegidos, así como el desarrollo de infraestructuras turísticas sostenibles en los alrededores, pueden generar empleos en zonas deprimidas afectadas por la despoblación.

Los recursos energéticos y minerales han seguido una evolución opuesta a la experimentada por las áreas protegidas, pues

han perdido peso en el agregado en todas las comunidades autónomas entre 1995 y 2018. El progresivo abandono de las actividades de minería en muchas regiones, especialmente del norte y centro peninsular, apoyado con distintos planes de reconversión y reactivación de estas zonas, así como los distintos planes de transición energética que fomentan el abandono de las energías fósiles, explican este comportamiento, que ha afectado, sobre todo, a los recursos energéticos (carbón, petróleo y gas natural).

Aunque la evolución de los minerales metálicos no ha sido tan negativa, ya que se observan tasas de variación positiva en algunas regiones, hay que tener en cuenta que tienen un peso muy reducido en el capital natural agregado de todas las regiones. En Andalucía, región en la que este tipo de recursos tiene una mayor participación en el total, ni siquiera alcanzan el 2,5%. Esta comunidad autónoma, junto con el Principado de Asturias, es la que concentraba la mayor parte de estos recursos en 2018, último año disponible.

En conclusión, podría decirse que en España existen muchas diferencias territoriales en el ámbito del capital natural, pues tanto su evolución como su composición puede llegar a ser muy distinta en cada región. Este resultado justifica la necesidad de abordar el análisis de las necesidades de conservación de este tipo de recursos desde un punto de vista regional, que permita diseñar políticas específicas para cada territorio de acuerdo con sus características y circunstancias.

9.4. Recomendaciones en relación con las políticas públicas

Al llegar al final de estas páginas cobra sentido una breve reflexión en cuanto a las lecciones que pueden desprenderse de lo que se ha venido analizando en esta monografía en relación con las políticas públicas en nuestro país. En primer lugar, y desde un punto de vista conceptual, se pone en evidencia el hecho de que dichas políticas deberán reconocer y aceptar que, a lo largo de las últimas décadas, se ha ido modificando el paradigma tradicional en cuanto a las relaciones entre Economía y medio ambiente. El crecien-

te consenso a favor de una concepción circular de los procesos económicos en que el entorno natural deja de ser meramente un lugar de extracción de recursos y sumidero de desechos constituye una referencia fundamental. La transición desde el tradicional enfoque lineal del ciclo de vida de los productos —producción, consumo y eliminación de residuos— a la economía circular implica una atención creciente a la durabilidad, las posibilidades de remanufactura y la reciclabilidad de los productos. Las políticas dirigidas a otorgar garantías a los consumidores en cuanto a la seguridad de los productos y el derecho a poder exigir su reparación siempre que esta sea factible cobran aquí pleno sentido y cuentan con el aval de la Comisión Europea. También gana fuerza la posibilidad de potenciar la prestación de servicios de alquiler o utilización compartida de los bienes de consumo duradero como vía para su aprovechamiento y disfrute, frente a la alternativa tradicional basada en el acceso a la propiedad individual de los mismos como única forma de disfrutar de su uso.

En segundo lugar, es preciso mencionar la introducción del capital natural como categoría de activos que amplía el concepto de riqueza nacional en las cuentas nacionales y conduce, en aras de la sostenibilidad, a la determinación de umbrales críticos para ciertos elementos de esta nueva categoría de capital. Una vez traspasados dichos umbrales, por agotamiento o deterioro de los elementos correspondientes, las sociedades humanas entrarían en una situación de alto riesgo y solo un exceso de optimismo tecnológico permitiría hacer pensar en la posibilidad de lograr una completa sustitución de los mismos por activos manufacturados.

Los trabajos dirigidos a la concreción y cuantificación del concepto de capital natural que se han abordado en esta monografía enlazan perfectamente con la línea de investigación desarrollada por economistas, académicos e instituciones públicas internacionales en respuesta a la insatisfacción producida por el uso del producto interior bruto como factor casi exclusivo de determinación del bienestar social. A lo largo de las últimas décadas, todo un conjunto de publicaciones especializadas han alertado sobre la necesidad de hacer uso de información adicional a la representada por el valor de la producción de bienes y servicios para calibrar los niveles de bienestar social, tanto en relación con la percepción

subjetiva de la calidad de vida que tienen las personas como sobre aspectos físicos relacionados con la sostenibilidad medioambiental. Estos últimos indicadores deberían avisar anticipadamente de la proximidad a niveles peligrosos de daño ambiental y, entre ellos, se contarían los asociados a la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, el agotamiento de recursos hídricos, la erosión o la reducción masiva de la biodiversidad.

Todavía en el ámbito conceptual, cabe destacar la aportación intelectual que representa, por parte de la literatura académica internacional, la concepción de las actividades de producción y consumo como parte del metabolismo socioeconómico de las sociedades humanas. Hemos contado en esta obra con esas aportaciones teóricas porque constituyen un marco interesante para estudiar la interrelación entre dichas actividades y el capital natural. En el terreno empírico, el análisis del flujo de materiales se ha configurado como el instrumento apropiado para que las estadísticas nacionales elaboradas por los distintos países contribuyan a hacer operativo dicho marco interpretativo.

Entrando en el terreno de las recomendaciones prácticas que podrían derivarse para las políticas públicas en nuestro país, la primera debería de ser la de dar continuidad a los esfuerzos que desde hace tiempo vienen produciéndose, principalmente desde el Instituto Nacional de Estadística y en colaboración con Eurostat, para ampliar y mejorar las bases de datos del análisis del flujo de materiales. Para ello, será necesario añadir a la información ya existente, y elaborada con unidades de medida en términos de masa de los distintos tipos de materiales, un mayor nivel de detalle en cuanto a la descomposición de los agregados sobre los que se trabaja, y también desarrollar la construcción de indicadores que permitan ponderar el nivel de riesgo ambiental de cada uno de ellos, ya que su importancia cuantitativa no tiene por qué siempre coincidir con la importancia del riesgo o daño ambiental a que pueden dar lugar. En esa línea, sería también conveniente contar con estimaciones más detalladas desde instancias oficiales respecto al grado de traslación de carga ambiental hacia otros países que puede producirse a través de las operaciones de comercio exterior incluidas en el AFM, para evitar que una mejora aparente de los impactos ambientales a nivel nacional tenga su correlato en

una ampliación de la huella ecológica sobre el resto del mundo. En cualquier caso, el sistema de indicadores para la economía circular construido por Eurostat, en colaboración con las agencias estadísticas nacionales, y los diagramas de Sankey, muy visuales y efectivos, constituyen ya en la actualidad una valiosa aportación que debe seguir mejorando en el futuro.

Todavía en aras de una mayor concreción, es necesario mencionar que en España sigue habiendo una situación más preocupante que en otros países europeos en lo relativo al volumen de residuos que acaban en vertederos. Esta es, posiblemente, la opción menos favorable dentro de la jerarquía de medidas posibles en cuanto al destino de dichos residuos desde una perspectiva medioambiental. La proporción de residuos que se recicla es aun claramente insatisfactoria.

En otro orden de cosas, y en el plano de la estimación que hemos llevado a cabo en relación con el valor del capital natural en España, cabe destacar no solo el elevado peso de las tierras de uso agrícola, algo perfectamente esperable, sino también la importancia que han ido adquiriendo dentro del valor de ese agregado los espacios naturales protegidos, impulsados por las políticas europeas de potenciación de la Red Natura y por las diversas fórmulas legales de protección de que han hecho uso las comunidades autónomas. Un área de trabajo relevante para las Administraciones españolas sería profundizar en la evaluación del valor ecológico de estas áreas y estimar también de forma individualizada para cada una de ellas su contribución económica potencial al desarrollo de las áreas circundantes. En el contexto de una creciente preocupación por parte de la opinión pública de nuestro país por la desertización de amplias zonas rurales, cobra pleno sentido explorar todas las posibilidades de aprovechamiento de aquellos usos ambientales y económicos que resulten plenamente compatibles en dichos espacios protegidos y su entorno inmediato.

Una nota positiva que se desprende de los análisis efectuados en esta obra es la constatación de que la sociedad española se encuentra inmersa en un proceso de descarbonización, y también que, tras la crisis económico-financiera de los años 2007-2013, ha disminuido la vinculación existente entre el crecimiento económico y el uso de energía final, aunque sin alcanzar un desacopla-

miento entre las correspondientes magnitudes. Aun representando este hecho una buena noticia, no debe hacer olvidar que, tras él, se encuentran en gran medida los cambios en la composición de la estructura productiva española a favor de los servicios, y que las mejoras en materia de eficiencia energética se han producido fundamentalmente en los últimos quince años y de forma bastante desigual por ramas de la producción. Existen ya en España las bases normativas para seguir avanzando mediante medidas concretas en la dirección de reducir la intensidad energética de la producción de bienes y servicios, y en este sentido es fundamental tener en cuenta el papel determinante en nuestro país del consumo energético en el sector del transporte. Moderarlo exige, entre otras medidas, acelerar la transición desde el transporte por carretera al transporte por ferrocarril, fomentar el transporte público y favorecer el uso de automóviles eléctricos. En cualquier caso, y como ha indicado la Agencia Europea del medio ambiente, tanto en España como en otros países europeos, los esfuerzos dirigidos a frenar la elevación del consumo de energía final deberán ser más intensos que los registrados en los últimos quince años si se pretende alcanzar los objetivos marcados para 2030, y lo mismo puede decirse en cuanto al control de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por último solo cabe insistir, una vez más, en la necesidad de mejorar la información estadística existente sobre temas medioambientales, procurando, además, regionalizarla en la medida de lo posible. Solo así será posible en el futuro seguir avanzando y profundizando en el conocimiento de los aspectos que han sido objeto de la presente monografía.

APÉNDICES

A.1. Lista de códigos NACE Rev. 2 relacionados con los sectores de reciclaje, reparación y reutilización

Código NACE	Actividad	Sector
C 33.11	Reparación de productos metálicos	Reparación
C 33.12	Reparación de maquinaria	Reparación
C 33.13	Reparación de equipos electrónicos y ópticos	Reparación
C 33.14	Reparación de equipos eléctricos	Reparación
C 33.15	Reparación y mantenimiento naval	Reparación
C 33.16	Reparación y mantenimiento aeronáutico y espacial	Reparación
C 33.17	Reparación y mantenimiento de otro material de transporte	Reparación
C 33.19	Reparación de otros equipos	Reparación
E 38.11	Recogida de residuos no peligrosos	Reciclaje
E 38.12	Recogida de residuos peligrosos	Reciclaje
E 38.31	Separación y clasificación de materiales	Reciclaje
E 38.32	Valorización de materiales ya clasificados	Reciclaje
G 45.20	Mantenimiento y reparación de vehículos de motor	Reutilización
G 45.40	Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus repuestos y accesorios	Reutilización
G 46.77	Comercio al por mayor de chatarra y productos de desecho	Reciclaje
G 47.79	Comercio al por menor de artículos de segunda mano en establecimientos especializados	Reciclaje
S 95.11	Reparación de ordenadores y equipos periféricos	Reparación
S 95.12	Reparación de equipos de comunicación	Reparación
S 95.21	Reparación de aparatos electrónicos de audio y vídeo de uso doméstico	Reparación
S 95.22	Reparación de aparatos electrodomésticos y de equipos para el hogar y el jardín	Reparación
S 95.23	Reparación de calzado y artículos de cuero	Reparación
S 95.24	Reparación de muebles y artículos de menaje	Reparación
S 95.25	Reparación de relojes y joyería	Reparación
S 95.29	Reparación de otros efectos personales y artículos de uso doméstico	Reparación

A.2. Lista de códigos CPC (Clasificación Cooperativa de Patentes) relacionados con el reciclaje y las materias primas secundarias

Y02W 10/00 - Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales

- Y02W 10/10 - Tratamiento biológico de agua, aguas de deshecho o aguas residuales
 - Y02W 10/12 - Procesos anaeróbicos con reciclaje, captura o quema de biogás
 - Y02W 10/15 - Procesos aeróbicos
 - Y02W 10/18 - Humedales artificiales
- Y02W 10/20 - Procesamiento de lodos
 - Y02W 10/23 - Procesos anaeróbicos con reciclaje, captura o quema de biogás
 - Y02W 10/27 - Procesos aeróbicos
- Y02W 10/40 - Valorización de subproductos de procesamiento de aguas de desecho, aguas residuales o lodos
 - Y02W 10/45 - Obtención de biopolímeros

Y02W 30/00 - Tecnologías para el manejo de desechos sólidos

- Y02W 30/10 - Relacionado con la recolección de desechos, el transporte, el almacenamiento, por ejemplo, recogida segregada de basura, propulsión eléctrica o híbrida
- Y02W 30/20 - Relacionado con el procesamiento o separación de desechos
- Y02W 30/40 - Procesamiento de fracciones bio-orgánicas; producción de fertilizantes a partir de la fracción orgánica de residuos o rechazos.
 - Y02W 30/43 - Fermentación aeróbica, por ejemplo, compostaje
 - Y02W 30/47 - Fermentación anaeróbica, por ejemplo, metanización combinada con captura, reciclaje o quema
- Y02W 30/50 - Tecnologías de reutilización, reciclaje o recuperación
 - Y02W 30/52 - Desmantelamiento o procesamiento mecánico de desechos para la recuperación de materiales durante la separación, desmontaje, preprocesamiento o actualización
 - Y02W 30/54 - Reciclaje de metales
 - Y02W 30/56 - Desmontaje de vehículos para la recuperación de piezas rescatables
 - Y02W 30/58 - Desechos de construcción o demolición
 - Y02W 30/60 - Reciclaje de vidrio
 - Y02W 30/62 - Reciclaje de plásticos
 - Y02W 30/64 - Reciclado de papel
 - Y02W 30/66 - Desintegración de artículos textiles que contienen fibra para obtener fibras para su reutilización
 - Y02W 30/68 - Reciclaje de residuos de caucho
 - Y02W 30/70 - Recuperación de polímeros que no sean plásticos o cauchos
 - Y02W 30/72 - Recuperación de materiales luminiscentes
 - Y02W 30/74 - Recuperación de grasas, aceites grasos, ácidos grasos u otras sustancias grasas, por ejemplo, lanolina o ceras
 - Y02W 30/76 - Recuperación de agentes curtientes de cuero
 - Y02W 30/78 - Reciclaje de desechos de madera o muebles
 - Y02W 30/80 - Reutilización o reciclaje de embalajes
 - Y02W 30/82 - Reciclaje de residuos de equipos eléctricos o electrónicos
 - Y02W 30/84 - Reciclaje de baterías
 - Y02W 30/86 - Reciclado de pilas de combustible
 - Y02W 30/88 - Reprocesamiento de combustible nuclear
 - Y02W 30/90 - Tecnologías de reutilización, reciclaje o recuperación transversales a diferentes tipos de residuos

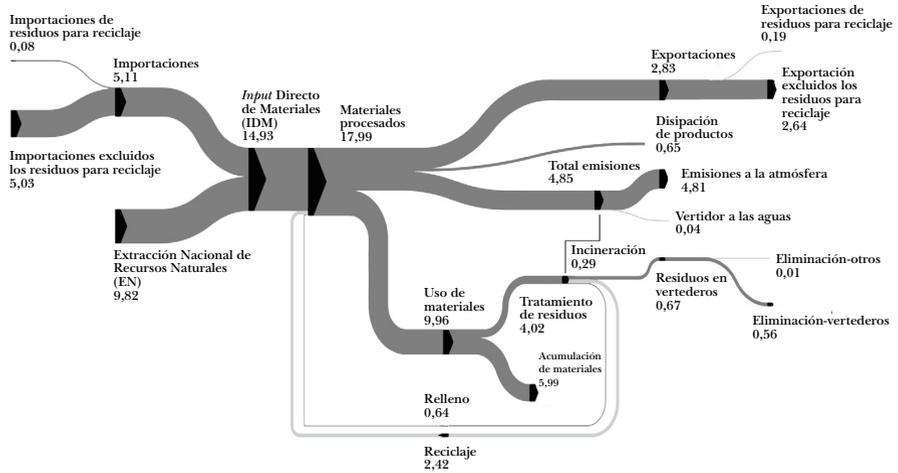
Y02W 90/00 - Tecnologías o tecnologías de apoyo con una contribución potencial o indirecta a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero

- Y02W 90/20 - Sistemas o métodos informáticos especialmente adaptados para la reducción o el reciclado de residuos de materiales o mercancías

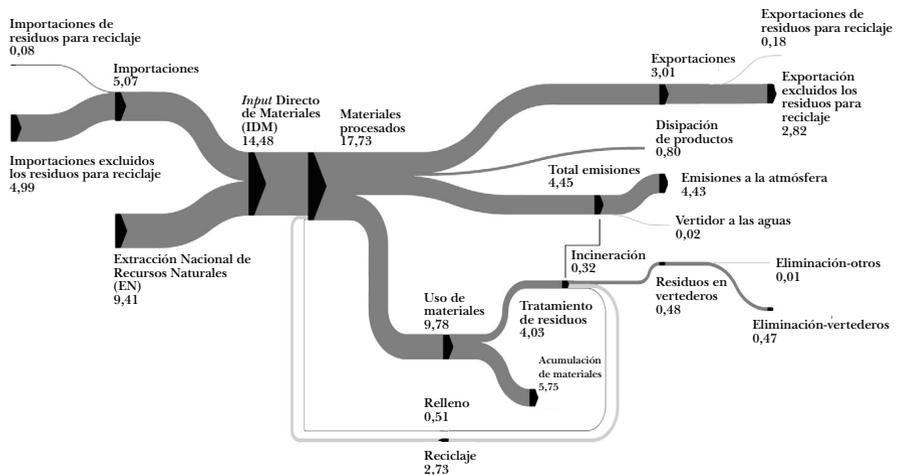
A.3. Diagramas de Sankey de Francia, Alemania e Italia

FIGURA A.3.1: Diagrama de Sankey de flujos materiales de Francia, 2010 y 2019
(toneladas per cápita)

a) 2010



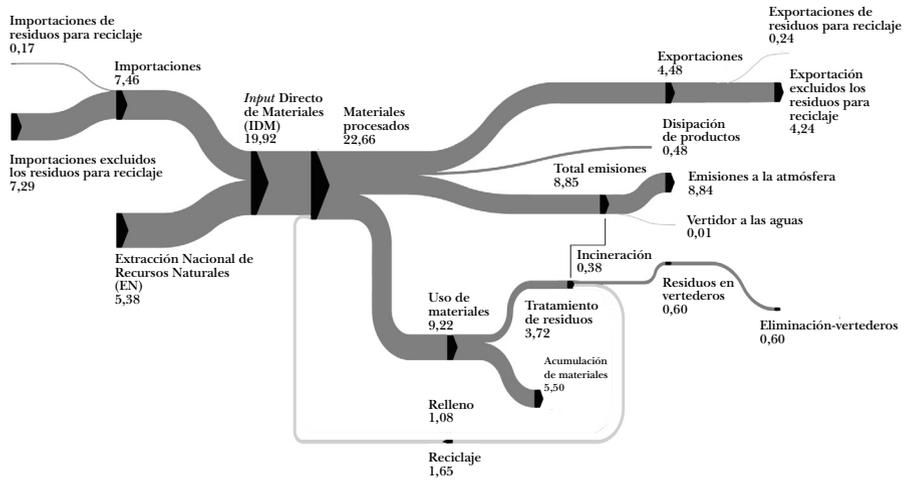
b) 2019



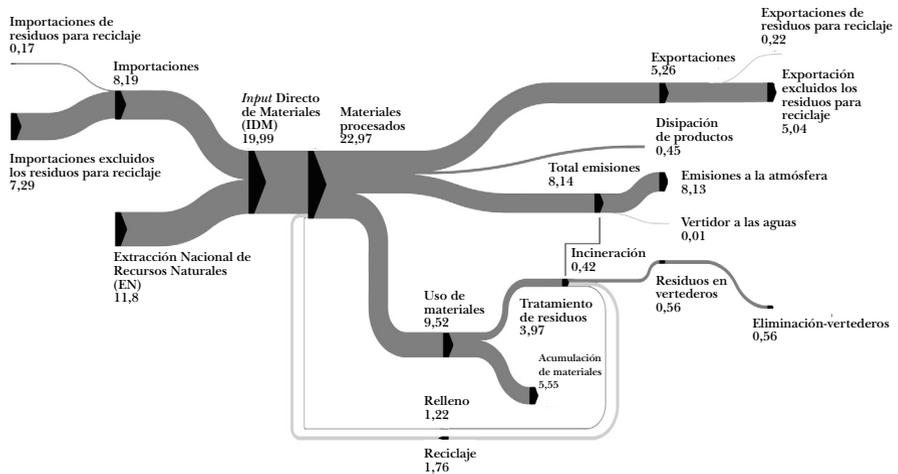
Fuente: Eurostat.

FIGURA A.3.2: Diagrama de Sankey de flujos materiales de Alemania, 2010 y 2019
(toneladas per cápita)

a) 2010



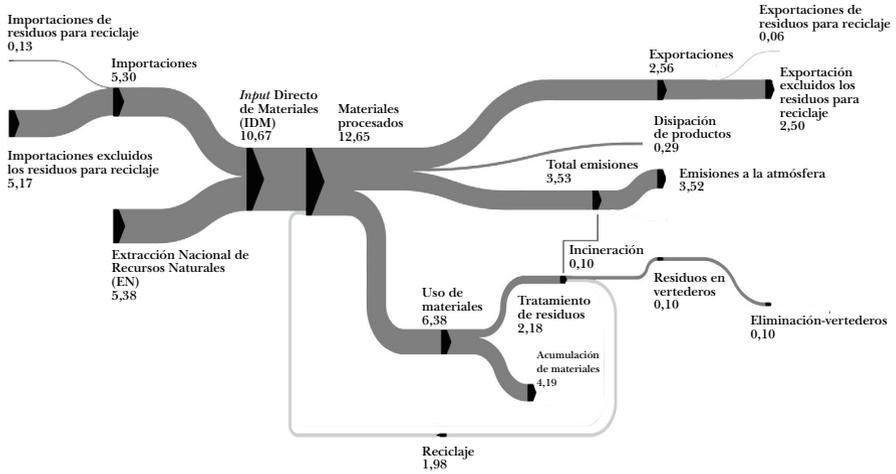
b) 2019



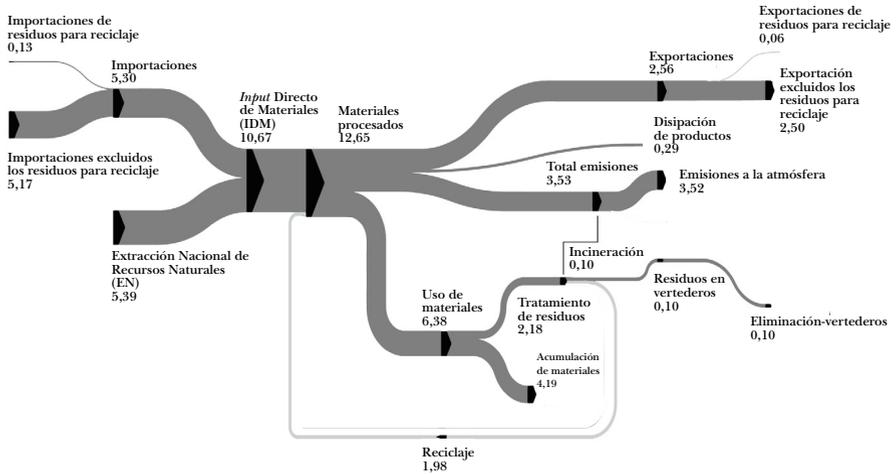
Fuente: Eurostat.

FIGURA A.3.3: Diagrama de Sankey de flujos materiales de Italia, 2010 y 2019
(toneladas per cápita)

a) 2010



b) 2019



Fuente: Eurostat.

A.4. Implicaciones de considerar una vida infinita para los recursos forestales madereros

Como se expuso en el apartado 6.3.1 del capítulo 6 de esta monografía, los recursos madereros se valoran de acuerdo con el valor actual descontado de esas rentas de la producción de madera durante la vida útil esperada de los recursos madereros en pie. Este valor, $RFMT_t$, viene dado por la siguiente ecuación:

$$RFMT_t = \sum_{i=t}^{t+T-1} \frac{\bar{R}_i}{[1+r]^i} \quad (\text{A.4.1})$$

donde \bar{R}_i es la renta derivada de la producción de recursos madereros en el año t ; r es la tasa de descuento (se supone un 4%); y T es el horizonte temporal de la valoración de activos.

Si se considera que los recursos forestales tienen una vida infinita (como parece ser el caso de España si se comparan las tasas de extracción y de crecimiento natural de los recursos madereros), la ecuación (A6.1.1) puede expresarse de la siguiente forma:

$$RFMT_j = \sum_{i=j}^{2018} \frac{\bar{R}_i}{[1+r]^i} + \frac{\bar{R}_{2018}}{r} \frac{(1+r)}{[1+r]^{2018-j+1}} \quad (\text{A.4.2})$$

La fórmula (A.4.2) tiene dos sumandos. El primero refleja la suma de rentas observadas descontadas correspondientes a los años para los que se dispone de información. Así, para $j=1995$ se dispone de 28 observaciones de rentas futuras (hasta 2018);

en cambio, para $J=2018$ la única renta observada es la de dicho año, que no viene afectada por ningún descuento. A partir de 2019, los rendimientos a precios constantes de 2018 se mantienen fijos para todos los años, por lo que el segundo sumando refleja la suma de los rendimientos esperados en los años posteriores a 2018. Este segundo sumando corresponde a la suma de los términos de una progresión geométrica infinita, que es igual al valor inicial, dividido por 1 menos la razón, es decir, $1-1/(1+r) = (1+r)/r$. El numerador del segundo sumando es el valor inicial que corresponde a 2019, que es distinto para cada uno de los años considerados. Así, para 1995, el valor inicial es igual a la renta de 2018, después de sufrir descuentos a lo largo de 29 años, mientras que para 2018 solo tiene el descuento de 1 año.

A.5. Indicador de riqueza agregada regional: efectos de la inclusión del valor del suelo urbano

UN indicador alternativo al producto interior bruto (PIB) para analizar la evolución de los niveles de desarrollo económico y bienestar de distintos territorios es la *riqueza agregada* de la que dispone cada uno de ellos. Esta riqueza o capital puede entenderse como la base productiva que se utiliza en cada país o región para generar anualmente renta, es decir, para generar el PIB.

El Banco Mundial (2018) define este indicador como la agregación del valor de los recursos naturales, el capital humano y el capital producido. No considera el capital social por falta de información, razón por la que este tampoco se tiene en cuenta en los ejercicios llevados a cabo en esta monografía. Sin embargo, el Banco Mundial no incluye en su definición el valor del suelo urbano. Desde nuestro punto de vista, este debería incluirse si se quiere disponer de una medida de la riqueza lo más amplia posible para hacer comparaciones entre distintos territorios. El problema, no obstante, es la falta de información al respecto. En el caso español, la Fundación BBVA y el Ivie hicieron un esfuerzo en el pasado para obtener una estimación de este valor en las regiones españolas (Uriel y Albert 2012). Sin embargo, dicha información se queda bastante desfasada, pues el último año disponible en esa base de datos es 2010. Por esa razón, el valor del suelo no se ha incluido en el segundo epígrafe del capítulo 8. Sin embargo, vale la pena comprobar cuáles son los efectos de la inclusión del valor del suelo urbano sobre el indicador de riqueza agregada. A este objetivo se dedica precisamente este anexo, que compara los resultados que se obtienen al considerar o no el valor del suelo en

la estimación de riqueza o capital agregado. Esta comparación se lleva a cabo para los años en los que se dispone del valor del suelo (2000-2010).

El gráfico A.5.1 muestra el valor de la riqueza según se considere o no el valor del suelo urbano en 2010, último año con información disponible. Evidentemente, el efecto de la inclusión del suelo es un aumento del valor de la riqueza acumulada en todas las comunidades autónomas (la riqueza agregada aumenta alrededor de un 16% en España), aunque la incorporación de este tipo de capital no va a afectar con la misma intensidad a todos los territorios. Aquellas regiones en las que los capitales inmobiliarios son más importantes o sus precios más elevados experimentan mayores incrementos de su riqueza. Es el caso de los dos archipiélagos y también del País Vasco.⁶¹ En otras regiones, por el contrario, este aumento es más modesto (La Rioja o Castilla-La Mancha).

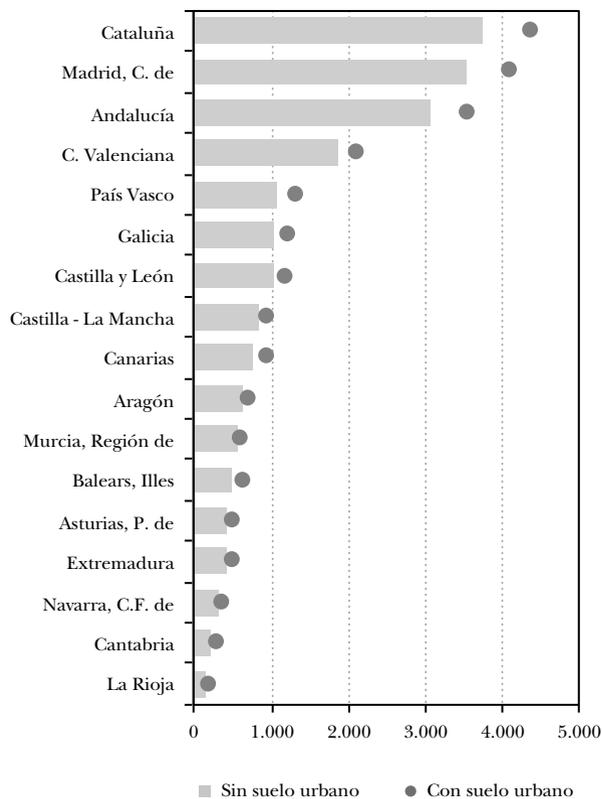
El gráfico A.5.2 compara la distribución regional del capital agregado en España en 2000 y 2010 según se excluya (panel *a*) o integre (panel *b*) el capital suelo en la definición. Como se aprecia, la diferencia en lo que se refiere a la distribución de la riqueza por comunidades es mínima. Así pues, la inclusión del valor del suelo en la definición del capital agregado apenas tiene efectos sobre la distribución regional del mismo. Los únicos cambios son el avance de Castilla-La Mancha e Illes Balears, que al incluir el suelo avanzan un puesto en el *ranking* nacional, superando a Canarias y a la Región de Murcia, respectivamente.

En términos per cápita, la ordenación de comunidades autónomas presenta más diferencias, pues algunas comunidades avanzan posiciones en el *ranking* regional mientras otras las pierden (gráfico A.5.3). La mayor o menor importancia del valor del suelo en cada uno justifica estos cambios. Sin embargo, exceptuando el caso de La Rioja, que pasa de estar por encima de la media nacional a situarse por debajo de esta, el resto de regiones mantienen su posición relativa respecto al promedio nacional. El mapa A.5.1

⁶¹ El País Vasco era la comunidad autónoma con los precios más elevados de la vivienda en 2010 (Uriel [dir.] 2009).

GRÁFICO A.5.1: Capital agregado. Comunidades autónomas, 2010

(miles de millones de euros de 2015)

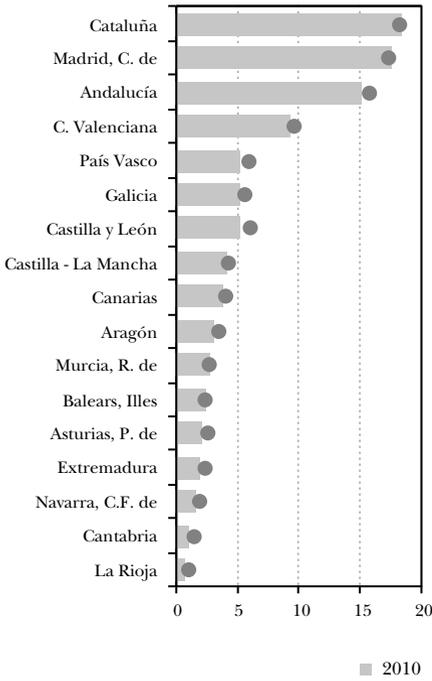


Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2012, 2021a, 2021b) y elaboración propia.

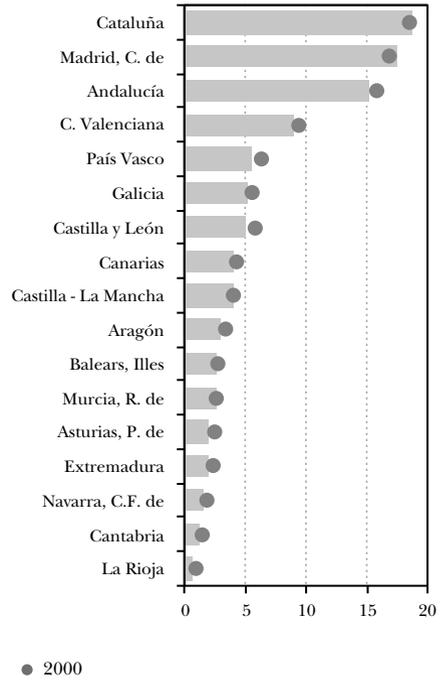
corrobora este hecho, pues los colores asignados a cada región en función de su situación relativa respecto a la media nacional no cambian, salvo para La Rioja, cuando se considera el valor del suelo como parte de la riqueza. Así pues, la comparación de la riqueza agregada entre las regiones españolas no presenta cambios importantes al introducir en la definición de la misma el valor del suelo urbano. Por esta razón, y debido a que la estimación de la riqueza que prescinde del valor del suelo puede realizarse hasta 2018, un año más cercano al momento actual, se ha preferido optar por esta segunda definición a lo largo del capítulo 8.

GRÁFICO A.5.2: Distribución territorial del stock de capital agregado, 2000 y 2010
(porcentaje)

a) Capital agregado sin incluir el valor del suelo urbano



b) Capital agregado incluyendo el valor del suelo urbano



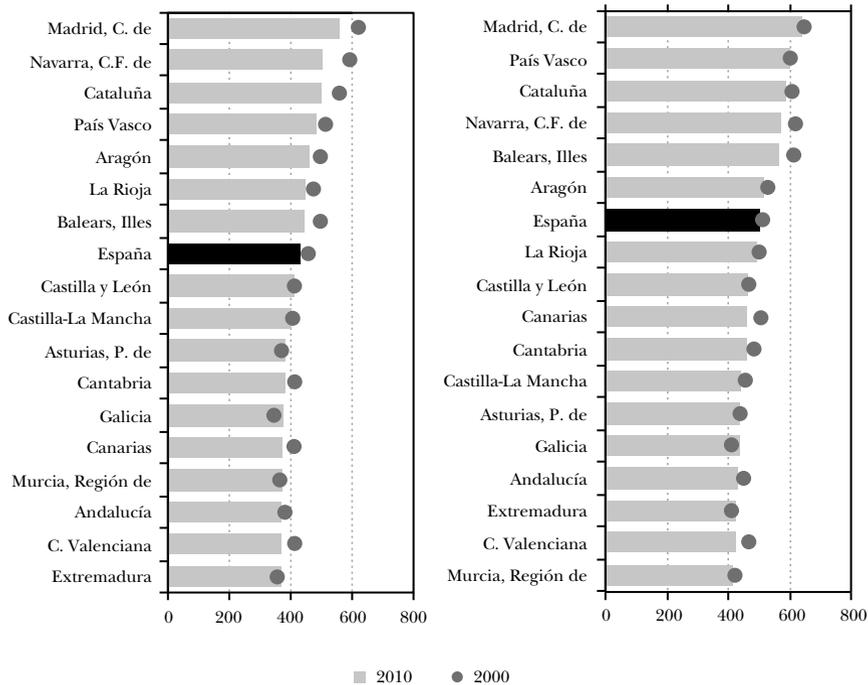
Fuente: Fundación BBVA e Ivie (2012, 2021a, 2021b) y elaboración propia.

GRÁFICO A.5.3: Stock de capital agregado per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2010

(miles de euros de 2015 por habitante)

a) Capital agregado sin incluir el valor del suelo urbano per cápita

b) Capital agregado incluyendo el valor del suelo urbano per cápita



Fuente: Eurostat (2021a), Fundación BBVA e Ivie (2012, 2021a, 2021b) y elaboración propia.

MAPA A.5.1: **Stock de capital agregado per cápita. Comunidades autónomas, 2010**
(España=100)

a) Capital sin incluir el valor del suelo urbano



b) Capital incluyendo el valor del suelo urbano



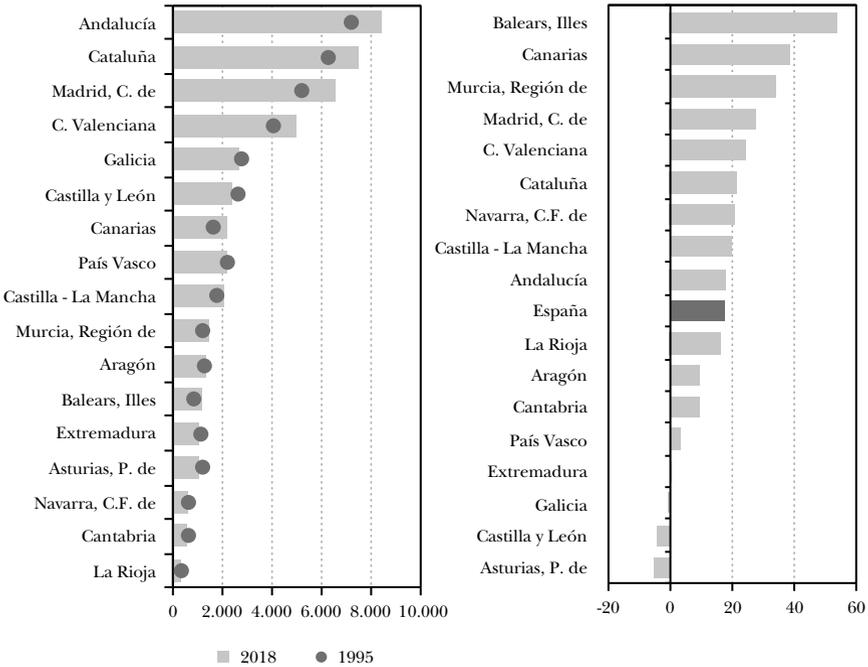
Fuente: Eurostat (2021a), Fundación BBVA-Ivie (2012, 2021a, 2021b) y elaboración propia.

A.6. Distribución regional de la población y el PIB

GRÁFICO A.6.1: Población. Comunidades autónomas, 1995-2018

a) Miles de personas, 1995 y 2018

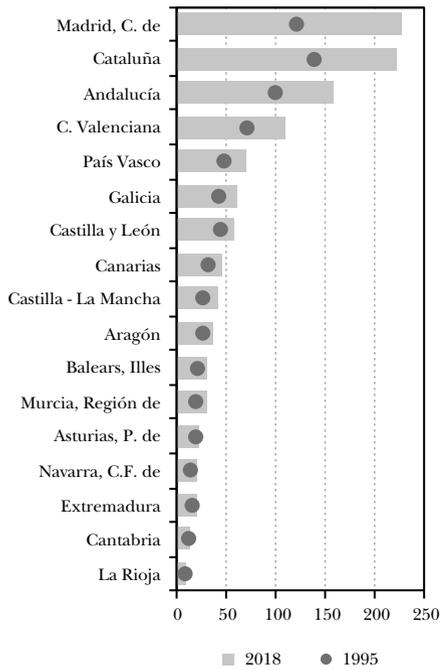
b) Tasa de variación acumulada, 1995-2018 (porcentaje)



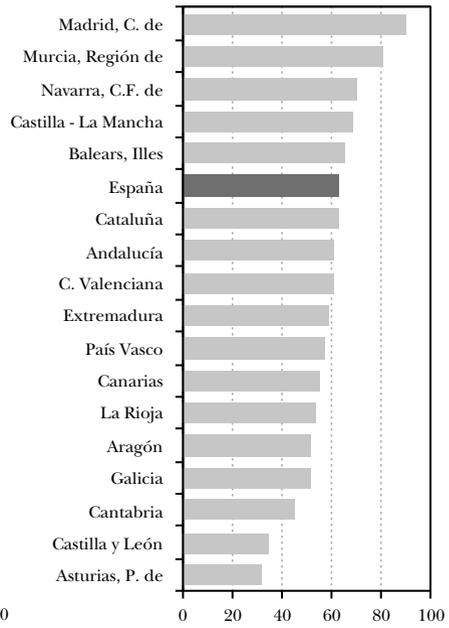
Fuente: Eurostat (2021e) y elaboración propia.

GRÁFICO A.6.2: PIB a precios de 2015. Comunidades autónomas, 1995-2018

a) Miles de millones de euros de 2015, 1995 y 2018



b) Tasa de variación acumulada, 1995-2018 (porcentaje)



Fuente: Eurostat (2021f) y elaboración propia.

Bibliografía

- ABS (Australian Bureau of Statistics). *Completing the picture. Environmental Accounting in Practice*. Belconnen (Australia), 2012.
- . *Information Paper: Towards the Australian Environmental-Economic Accounts 2013*. Belconnen (Australia), 2013.
- ALLESCH, Astrid y Paul H. BRUNNER. «Material Flow Analysis as a Decision Support Tool for Waste Management: A Literature Review» *Journal of Industrial Ecology* 19, n.º 5 (octubre de 2015): 753-764. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jiec.12354>
- ANAND, Sudhir y Amartya SEN. «Human Development and Economic Sustainability». *World Development* 28, n.º 12 (diciembre de 2000): 2029-2049. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00071-1)
- ANG, Beng W. «The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide». *Energy Policy* 33, n.º 7 (mayo de 2005): 867-871. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.010>
- AYRES, Robert U. y Allen V. KNEESE. «Production, consumption and externalities». *The American Economic Review* 59, n.º 3 (junio de 1969): 282-297. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1808958>
- BADURA, Tomas, Silvia FERRINI, Mathew AGARWALA y Kerty TURNER. *Valuation for Natural Capital and Ecosystem Accounting. Synthesis report*. Bruselas: Comisión Europea, DG Environment, 2017.
- BANCO MUNDIAL. *Where is the wealth of nations? Measuring capital for the 21st Century*. Washington D. C., 2006.
- . *The changing wealth of nations: Measuring sustainable development in the New Millennium*. Washington D. C., 2011. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/2252>
- . *Building the World Bank's Wealth Accounts: Methods and Data*. Washington D. C., 2018a.
- . *The changing wealth of nations 2018: building a sustainable future*. Washington D. C., 2018b. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/29001>
- . *Wealth Accounts*. Washington D. C. Disponible en: <https://databank.worldbank.org/source/wealth-accounts> [consulta: noviembre de 2020].
- BECKER, Barbara. *Sustainability assessment: A Review of values, concepts and methodological approaches*. Washington D. C.: Consultative Group on International Agriculture Research (CGIAR), 1997 (Issues in Agriculture n.º 10).

- BERNARD, Hannah, Carolina SPAINI, Paresa MARKIANIDOU y Asele DORANOVA. *EU Eco-Innovation Index: 2019 version. Technical note*. Bruselas: Comisión Europea, Eco-innovation Observatory, 2020.
- BOLT, Jutta y Jan L. VAN ZANDEN. «The Maddison Project: collaborative research on historical national accounts». *The Economic History Review* 67, n.º 3 (agosto de 2014): 627-651. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1468-0289.12032>
- BRANDT, Nicola, Paul SCHREYER y Vera ZIPPERER. «Productivity Measurement with Natural Capital and Bad Outputs». OECD Economics Department Working Papers n.º 1154. París: OECD Publishing, 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/5jz0wh5t0ztd-en>
- . «Productivity measurement with natural capital». *The Review of Income and Wealth* 63, n.º s1 (febrero de 2017): S7-S21. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/roiw.12247>
- BRAUNGART, Michael, William McDONOUGH y Andrew BOLLINGER. «Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design». *Journal of Cleaner Production* 15, n.º 13-14 (septiembre de 2007): 1337-1348.
- BRINGEZU, Stefan y Raimund BLEISCHWITZ (eds.). *Sustainable resource management: global trends, visions and policies*. Sheffield (Reino Unido): Greenleaf, 2009.
- CANSINO, José M., Antonio SÁNCHEZ y María RODRÍGUEZ. «Driving forces of Spain's CO₂ emissions: A LMDI decomposition approach». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48 (agosto de 2015): 749-759.
- CARAVELLI, Helen. «A comparative analysis on intensification and extensification in Mediterranean agriculture: dilemmas for LFAs policy». *Journal of Rural Studies* 16, n.º 2 (abril de 2000): 231-242.
- CÁRDENAS, Miguel, Ivan HAŠČIĆ y Martin SOUCHIER. «Environmentally Adjusted Multifactor Productivity: Methodology and Empirical Results for OECD and G20 Countries». *Ecological Economics* 153 (noviembre de 2018): 147-160.
- CARPINTERO, Óscar. *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. Tahiche (Las Palmas): Fundación César Manrique, 2005.
- COMISIÓN DE EXPERTOS SOBRE TRANSICIÓN ENERGÉTICA. *Estrategia temática sobre el uso sostenible de los recursos naturales. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones*. Bruselas, 2005 (COM/2005/0670 final).
- . *Análisis y propuestas para la descarbonización*. Madrid: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, 2018.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. *Trabajando juntos por el crecimiento y el empleo. Relanzamiento de la estrategia de Lisboa. Comunicación del Presidente Barroso de común acuerdo con el Vicepresidente Verheugen*. Bruselas, 2005 (COM/2005/0024 final).
- COMISIÓN EUROPEA. *Innovating for sustainable growth: A bioeconomy for Europe*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2012.
- . *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas, 2015 (COM [2015] 614 final).
- . *Adquisiciones ecológicas: Manual sobre la contratación pública ecológica*. 3.ª edición. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2016a.

- . Próximas etapas para un futuro europeo sostenible: Acción europea para la sostenibilidad. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrasburgo (Francia), 2016b (COM[2016] 739 final).
 - . Measuring progress towards circular economy in the European Union -Key indicators for a monitoring framework. Accompanying the document. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on a monitoring framework for the circular economy. Estrasburgo (Francia), 2018a (SWD[2018] 17 final).
 - . Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre un marco de seguimiento para la economía circular. Estrasburgo (Francia), 2018b (COM[2018] 29 final).
 - . Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo. Bruselas, 2019a (COM/2019/640 final).
 - . The Environmental Implementation Review 2019: Country Report Spain. Bruselas, 2019b (SWD[2019] 132 final).
 - . Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y competitiva. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Bruselas, 2020a (COM [2020] 98 final).
 - . A European Green Deal: Striving to be the first climate-neutral continent. Bruselas. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [consulta: noviembre de 2020b].
 - . The Eco-Innovation Scoreboard (Eco-IS) and the Eco-Innovation Index. Bruselas. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/indicators/index_en [consulta: noviembre de 2020c].
 - . Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council on a General Union Environment Action Programme to 2030. Bruselas, 2020d (COM[2020] 652 final).
 - . *Towards an 8th EAP monitoring framework*. Bruselas, 2021. Disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/system/files/2021-02/210217%20Consultative%20paper%20EAP%20monitoring%20final%20for%20publication.pdf>
- CONSEJO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO. *Estamos gastando más de lo que poseemos. Capital natural y bienestar humano. Declaración del Consejo*. Nueva York: Naciones Unidas, 2005a. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.440.aspx.pdf>
- . *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*. Nueva York: Naciones Unidas, 2005b. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- CORRADO, Carol, Jonathan HASKEL, Cecilia JONA-LASINIO y Massimiliano IOMMI. «Intangible investment in the EU and US before and since the Great Recession and its contribution to productivity growth». En *Investment and Investment Finance in Europe. Financing productivity growth*. Luxemburgo: European Investment Bank (noviembre de 2016): 73-102 (European Investment Bank Report). Disponible en: <http://www.intaninvest.net/papers-and-documentation/>

- COYLE, Diane. GDP: A brief but affectionate history. Princeton: Princeton University Press, 2015.
- DASGUPTA, Partha. «The welfare economic theory of green national accounts». *Environmental and Resource Economics*, 42 (2009): 3.
- DEGUIGNET, Marine, Andy ARNELL, Diego JUFFE-BIGNOLI, Yichuan SHI, Heather BINGHAM, Brian MACSHARRY y Naomi KINGSTON. «Measuring the extent of overlaps in protected area designations». *PLoS ONE* 12, n.º 11 (2017): e0188681.
- DELLINK, Rob, Christine ARRIOLA, Ruben BIBAS, Elisa LANZI y Frank VAN TONGEREN. «The long-term implications of the Covid-19 pandemic and recovery measures on environmental pressures: a quantitative exploration». *OECD Environment Working Papers*, No. 176. París: OECD Publishing, 2021.
- DÍAZ, Sandra, Sebsebe DEMISSEW, Julia CARABIAS, Carlos JOLY, Mark LONSDALE, Neville ASH, Anne LARIGAUDERIE, Jay R. ADHIKARI, Salvatore ARICO, Andrés BALDI et al. «The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people». *Current opinion in environmental sustainability* 14 (2015): 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINA. La energía en España 2001. Madrid: Ministerio de Hacienda, 2002.
- EEA (Agencia Europea del medio ambiente). Integration of environment into EU agriculture policy. The IRENA indicator-based assessment report. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2006 (EEA Report n.º 2/2006).
- . Circular economy in Europe: Developing the knowledge base. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2016 (EEA Report n.º 2/2016).
- . Trends and projections in Europe 2020. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2020 (EEA Report n.º 13/2020).
- EIA (US Energy Information Administration). International Energy Statistics. Washington D. C. Disponible en: [https://www.eia.gov/international/data/world#/?](https://www.eia.gov/international/data/world#/) [consulta: abril de 2021].
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION y MCKINSEY CENTER FOR BUSINESS AND ENVIRONMENT. Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. Bonn (Alemania): SUN (Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit), 2015.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes (Reino Unido), 2013.
- . Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers. Cowes (Reino Unido), 2015.
- ESA (European Space Agency). GlobCover 2009 (Global Land Cover Map). Released on 21st December 2010. Disponible en: http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php [consulta: febrero de 2021].
- ESPAÑA. «Real Decreto 341/2021, de 18 de mayo, por el que se regula la concesión directa de ayudas para la restauración ambiental de zonas afectadas por la transición energética en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia correspondiente a proyectos de zonas degradadas a causa de la minería del carbón». *Boletín Oficial del Estado* n.º 119, de 19 de mayo de 2021: 59585-59598.
- ESTEBAN, Fernando. «Valoración de los activos naturales de España». *Ambienta: La revista del Ministerio de medio ambiente* n.º 91, 2010: 76-92. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3274948>

- EU KLEMS. EU KLEMS Growth and Productivity Accounts: November 2009 Release, updated March 2011. 2011. Disponible en: <http://www.euklems.net/euk09ii.shtml>
- . EU KLEMS Growth and Productivity Accounts: Data in the ISIC Rev. 4 industry classification. 2012 EU KLEMS Release. 2012. Disponible en: <http://www.euklems.net/eukISIC4.shtml>
- EUROSTAT. *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2001.
- . *Material use in the European Union 1980-2000: Indicators and analysis*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2002.
- . *Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2013*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2013.
- . *Economy-wide material flow accounts handbook. 2018 edition*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2018 (Manuals and guidelines).
- . Circular economy. Indicators. Luxemburgo: Comisión Europea. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators> [consulta: noviembre de 2020a].
- . Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity. Luxemburgo. Disponible en: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en [consulta: septiembre de 2020b].
- . Trade in recyclable raw materials by waste. Luxemburgo. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wastrd/default/table?lang=en [consulta: septiembre de 2020c].
- . Air emissions accounts. Luxemburgo. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/data/database> [consulta: septiembre de 2020d].
- . Material flows accounts (MFA). Luxemburgo. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/material-flows-and-resource-productivity> [consulta: febrero de 2021a].
- . GDP and main components (output, expenditure and income). Luxemburgo. Disponible en: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nama_10_gdp&lang=en [consulta: febrero de 2021b].
- . National Accounts (NA) ESA 1995 NACE Rev. 2. Luxemburgo. Información obtenida bajo petición [consulta: febrero de 2021c].
- . Population. Luxemburgo. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/data/database> [consulta: febrero de 2021d].
- . Regional demographic statistics (reg_dem). Area by NUTS 3 region. Luxemburgo. Disponible en: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_r_d3area&lang=en [consulta: febrero de 2021e].
- . Regional economic accounts (reg_eco10). Luxemburgo. Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/reg_eco10_esms.htm [consulta: febrero de 2021f].
- FARBER, Stephen C., Robert COSTANZA y Matthew A. WILSON. «Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services». *Ecological Economics* 41, n.º 3 (junio de 2002): 375-392. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5)
- FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias). Estrategia local de economía circular: Hacia una Estrategia Local de Desarrollo Sostenible. Madrid, 2019.
- FISCHER-KOWALSKI, Marina, ERNST ULRICH VON WEIZSÄCKER, Yong REN, Yuichi MORIGUCHI, Wendy CRANE, Fridolin KRAUSMANN, Nina EISENMENGER, Stefan GILJUM,

- Peter HENNICKE, Rene KEMP et al. *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working*. París: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (UNEP), 2011. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9816>
- FITTER, Alastair, Erwin BULTE, Thomas ELMQVIST, Andrea RINALDO, Heikki SETÄLÄ, Susanna STOLL-KLEEMANN, Martin ZOBEL y John MURLIS. *Ecosystem services and biodiversity in Europe*. Londres: EASAC (European Academies Science Advisory Council), 2009 (EASAC policy report 09). Disponible en: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/24927/EASAC_Ecosystems.pdf?sequence=2
- FONT, David, René KEMP y Ester VAN DER VOET. «How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach». *Energy Policy* 94 (julio de 2016): 114-125.
- FREEMAN III, A. Myrick, Joseph A. HERRIGES y Catherine L. KLING. *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*. Abingdon (Reino Unido); Nueva York: RFF Press, 2014 (3 edición).
- FREEMAN, Mark C., Ben GROOM y CHANTRY EDUCATIONAL SERVICES. *Discounting for Environmental Accounts. Report for the Office for National Statistics*. November 2016. Newport: UK Statistics Authority, Office for National Statistics, 2016.
- FUNDACIÓN BANCAJA e IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas). Capital Humano en España y su distribución provincial. València, enero de 2014. Base de datos disponible: <http://www.ivie.es/es/banco/caphum/series.php> [consulta: febrero de 2021].
- FUNDACIÓN BBVA e IVIE (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas). El stock de capital en viviendas y en otras construcciones en España y su distribución territorial. Madrid, agosto de 2012. Base de datos disponible en: http://www.fbbva.es/TLFU/tlfu/esp/areas/econosoc/bbdd/capital_vivienda.jsp [consulta: febrero de 2021].
- . Crisis económica, confianza y capital social. Series de capital social. Madrid, junio de 2015. Disponible en: https://www.ivie.es/es_ES/bases-de-datos/diferencias-economicas-y-sociales-de-los-territorios/capital-social/ [consulta: febrero de 2021].
- . El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial y sectorial (1964-2017). València, julio de 2020. Base de datos disponible en: http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/stock09/fbbva_stock08_index.html [consulta: septiembre de 2020].
- . El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial y sectorial (1964-2018). València, 2021a. Base de datos disponible en: http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/stock09/fbbva_stock08_index.html [consulta: junio de 2021a].
- . El valor económico del capital humano en España (2000-2018). Bilbao: València. Base de datos disponible en: <https://www.fbbva.es/bd/valor-economico-capital-humano-espana/> [consulta: mayo de 2021b].
- FUNDACIÓN MATRIX. Mapas de Fundación MATRIX. Pontevedra: Universidad de Vigo, Laboratorio de Ecología Evolutiva y de la Conservación. Disponible en: <https://fundacionmatrix.es/mapas-de-fundacion-matrix/> [consulta: mayo de 2021].
- GARCÍA, Santiago. *Beneficios económicos de la Red Natura 2000 en España*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, 2019.
- GEISSDOERFER, Martin, Paulo SAVAGET, Nancy M.P. BOCKEN y Erik J. HULTINK. «The Circular Economy – A new sustainability paradigm?». *Journal of Cleaner Production* 143 (febrero de 2017): 757-768.

- GEYER, Roland, Brandon KUCZENSKI, Trevor ZINK y Ashley HENDERSON. «Common Misconceptions about Recycling». *Journal on Industrial Ecology* 20, n.º 5 (octubre de 2016): 1010-1017.
- GHISELLINI, Patrizia, Catia CIALANI y Sergio ULGIATI. «A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems». *Journal of Cleaner Production* 114 (febrero de 2016): 11-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- GOBIERNO DE ESPAÑA. *Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030*. Madrid, 2020. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532.pdf
- . *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Madrid, abril 2021. Disponible en: https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/30042021-Plan_Recuperacion_%20Transformacion_%20Resiliencia.pdf
- GOERLICH, Francisco J., Francisco RUIZ, Pilar CHORÉN y Carlos ALBERT. *Cambios en la estructura y localización de la población: Una visión de largo plazo (1842-2011)*. Bilbao: Fundación BBVA, 2015.
- GROOT, Rudolf S de, Matthew A. WILSON y Roelof M.J. BOUMANS. «A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services». *Ecological Economics* 41, n.º 3 (junio de 2002): 393-408.
- GUINÉE, Jeroen B. (ed.), Marieke GORREE, Reinout HEIJUNGS, Gjalt HUPPES, Renée KLEIJN, Arjan DE KONING, Lafran VAN OERS, Anneke W. SLEESWIJK, Sangwon SUH, Helias A. UDO DE HAES et al. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- HABERL, Helmut, Dominik WIEDENHOFER, Doris VIRÁG, Gerald KALT, Barbara PLANK, Paul BROCKWAY, Tomer FISHMAN, Daniel HAUSKNOT, Fridolin KRAUSMANN, Bartholomäus LEON-GRUCHALSKI *et al.* «A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: Synthesizing the insights». *Environmental Research Letters* 15, n.º 6 (2020): 065003.
- HABERL, Helmut. «The energetic metabolism of societies, part I: Accounting concepts». *Journal of Industrial Ecology* 5, n.º 1 (enero de 2001): 11-33.
- HARTWICK, John M. «Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources». *The American Economic Review* 67, n.º 5 (diciembre de 1977): 972-974.
- HEDIGER, Werner. «Ecological economics of sustainable development». *Sustainable Development* 5, n.º 3 (diciembre de 1997): 101-109.
- . «Reconciling “weak” and “strong” sustainability». *International Journal of Social Economics* 26, n.º 7/8/9 (1999): 1120-1143.
- . «Weak and strong sustainability, environmental conservation and economic growth». *Natural Resource Modeling* 19, n.º 3 (2006): 359-394.
- HUANG, Chu-Long, Jonathan VAUSE, Hwong-Wen MA y Chang-Ping YUA. «Using material/substance flow analysis to support sustainable development assessment: A literature review and outlook». *Resources, Conservation and Recycling* 68 (noviembre de 2012): 104-116.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). *Estrategía de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Plan de acción 2008-2012*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007.

- ___ Balance del Consumo de energía final. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Disponible en: <http://sieeweb.idae.es/consumofinanal/> [consulta: marzo de 2021].
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). Panorama Minero. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación. Disponible en: <http://www.igme.es/PanoramaMinero/PMLin.htm> [consulta: junio de 2021a].
- ___ Estadística Minera. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovación. Disponible en: <http://info.igme.es/estminera/default.aspx> [consulta: junio de 2021b].
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). Datos de superficie. Información obtenida bajo petición [consulta: febrero de 2021].
- INE (Instituto Nacional de Estadística). *Cuentas de flujos de materiales. Serie 1995-2010. Base 2010. Metodología*. Madrid, 2012. Disponible en: <https://www.ine.es/daco/daco42/ambiente/aguasatelite/metflujos10.pdf>
- ___ Cuentas de flujos de materiales. Serie 1995-2010. Madrid. Disponible en: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/t26/p067/p02/flujo/1995-2010/&file=pcaxis&L=0> [consulta: septiembre de 2020].
- ___ contabilidad nacional Anual de España: principales agregados. 1995-2019. Madrid. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177057&menu=ultiDatos&idp=1254735576581 [consulta: febrero de 2021a].
- ___ contabilidad nacional trimestral de España: principales agregados (CNTR). Madrid. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736164439&menu=ultiDatos&idp=1254735576581 [consulta: febrero de 2021b].
- ___ Contabilidad Regional de España. Madrid. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=ultiDatos&idp=1254735576581 [consulta: febrero de 2021c].
- ___ Balances de activos no financieros: Stocks de capital fijo por activos y ramas de actividad. Madrid. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=32913> [consulta: febrero de 2021d].
- INFANTE, Juan, David SOTO, Eduardo AGUILERA, Roberto GARCÍA, Gloria GUZMÁN, Antonio CID y Manuel GONZÁLEZ. «The Spanish transition to industrial metabolism. Long-term material flow analysis (1860-2010)». *Journal of Industrial Ecology* 19, n.º 5 (octubre de 2015): 866-876. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jiec.12261>
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2007. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf
- ___ *Calentamiento global de 1,5 °C: Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial (OMM); Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), 2019.

- ITJ (Instituto para la Transición Justa). *Marco de actuación para la minería del carbón y las comarcas mineras en el período 2013-2018*. Madrid: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013. Disponible en:
https://www.transicionjusta.gob.es/reactivacion_comarcas/common/Nuevo-Marco-2013-2018.pdf
- . *Acuerdo Marco para una Transición Justa de la Minería del Carbón y el desarrollo Sostenible de las Comarcas Mineras para el período 2019-2027*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, 2018. Disponible en: https://www.transicionjusta.gob.es/reactivacion_comarcas/common/Acuerdo-Marco-para-una-transicion-justa-de-la-mineria-del-carbon-2019.pdf
- JORGENSEN, Dale W. *Productivity. Volumen I: Postwar U.S. Economic Growth*. Cambridge (EE. UU.): MIT Press, 1995.
- . «Production and welfare: progress in economic measurement». *Journal of Economic Literature* 56, n.º 3 (septiembre de 2018): 867-919. Disponible en:
<https://doi.org/10.1257/jel.20171358>
- KALLIS, Giorgos, Erik GÓMEZ y Christos ZOGRAFOS. «To value or not to value? That is not the question». *Ecological Economics* 94 (octubre de 2013): 97-105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.002>
- KHAN, Jawed y Peter GREENE. «Selecting discount rates for natural capital accounting». Issue Paper 2.4 valuation for accounting seminar. 2013. Disponible en:
<https://www.iwlearn.net/resolueuid/70170e0e-e33e-483c-b1f4-d2dff0dc40e5>
- KIRCHHERR, Julian, Denise REIKE y Marko HEKKERT. «Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions». *Resource, Conservation and Recycling* 127 (diciembre de 2017): 221-232. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- KORHONEN, Jouni, Antero HONKASALO y Jyri SEPPÄLÄ. «Circular economy: The concept and its limitations». *Ecological Economics* 143 (enero de 2018): 37-46. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- KOVANDA, Jan y Jan WEINZETTEL. «The importance of raw material equivalents in economy-wide material flow accounting and its policy dimension». *Environmental Science & Policy* 29 (mayo de 2013): 71-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.01.005>
- KRAUSMANN, Fridolin, Christian LAUK, Willi HAAS y Dominik WIEDENHOFER. «From resource extraction to outflows of wastes and emissions: the socioeconomic metabolism of the global economy, 1900-2015». *Global Environmental Change* 52 (septiembre de 2018): 131-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>
- KRAUSMANN, Fridolin, Heinz SCHANDL, Nina EISENMENGER, Stefan GILJUM y Tim JACKSON. «Material flow accounting: Measuring global material use for sustainable development». *Annual Review of Environment and Resources* 42 (2017): 647-675. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-102016-060726>
- KRAUSMANN, Fridolin, Marina FISCHER-KOWALSKI, Heinz SCHANDL y Nina EISENMENGER. «The global sociometabolic transition: Past and present metabolic profiles and their future trajectories». *Journal of Industrial Ecology* 12, n.º 5/6 (octubre-diciembre de 2008): 637-656. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00065.x>

- KRAUSMANN, Fridolin, Simone GINGRICH, Nina EISENMENGER, Karl-Heinz ERB, Helmut HABERL y Marina FISCHER-KOWALSKI. «Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century». *Ecological Economics* 68, n.º 10 (agosto de 2009): 2696-2705.
- LANGE, Glenn-Marie, Quentin WODON y Kevin CAREY. *The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future*. Washington D. C.: Banco Mundial, 2018.
- LE QUÉRÉ, Corinne, Jan I. KORSBAKKEN, Charlie WILSON, Jale TOSUN, J., Robbie ANDREW, Robert J. ANDRES, Josep G. CANADELL, Andrew JORDAN, Glen P. PETERS y Detlef P. VAN VUUREN. «Drivers of declining CO₂ emissions in 18 developed economies». *Nature Climate Change* 9 (marzo de 2019): 213-219.
- LEHNI, Markus. *Eco-efficiency. Creating more value with less impact*. Ginebra (Suiza): WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), 2000. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0419-7>
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). *Anuario de Estadística*. Madrid, varios años. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/>
- . *Anuario de Estadística Forestal*. Madrid, varios años. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/forestal_anuarios_todos.aspx
- . Inventario Forestal Nacional. Madrid. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/inventario-forestal-nacional/default.aspx> [consulta: noviembre de 2020].
- . Precios medios anuales de las tierras de uso agrario: Encuesta de Precios de la Tierra. Madrid. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/economia/encuesta-precios-tierra/> [consulta: febrero de 2021].
- MAS, Matilde, Lorenzo SERRANO, Francisco PÉREZ, Ezequiel URIEL (dirs.), Eva BENAGES, Juan C. ROBLEDO y Consuelo MÍNGUEZ. «Ciclo económico, acumulación de capital en España y crecimiento regional (en el siglo XXI)». Documento de Trabajo n.º 1/2018. Bilbao: Fundación BBVA, 2018. Disponible en: <https://www.fbbva.es/publicaciones/ciclo-economico-acumulacion-capital-espana-crecimiento-regional-siglo-xxi/>
- MAS, Matilde, Javier QUESADA (dirs.), Marta SOLAZ, Laura HERNÁNDEZ y Eva BENAGES. *La economía intangible en España: Evolución y distribución por territorios y sectores (1995-2016)*. Madrid: Fundación Cotec para la innovación; València: Ivie, 2019. Disponible en: <https://cotec.es/observacion/economia-intangible-2017/53c874e7-e8db-4ddb-9808-75c6f5088e05>
- MAUDOS, Joaquín y Jimena SALAMANCA. *Observatorio sobre el sector agroalimentario de las regiones españolas. Informe 2019*. Almería: Cajamar Caja Rural, 2021.
- MAYER, Andreas, Willi HAAS, Dominik WIEDENHOFER, Fridolin KRAUSMANN, Philip NUSS y Gian A. BLENGINI. «Measuring Progress towards a Circular Economy: A Monitoring Framework for Economy-wide Material Loop Closing in the EU28». *Journal of Industrial Ecology* 23, n.º 1 (febrero de 2019): 62-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jiec.12809>
- MINCOTUR (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo). DataComex. Estadísticas del comercio exterior español. Madrid. Disponible en: http://datacomex.comercio.es/principal_comex_es.aspx [consulta: septiembre de 2020]
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. *Plan estatal marco de gestión de residuos (PEMAR) 2016-2022*. Madrid: Secretaría de Estado de medio

- ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, 2015. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/pemarpromovido6noviembrecon-dae_tcm30-170428.pdf
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD. *Estrategia española de Bioeconomía: Horizonte 2030*. Madrid, 2016. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/estrategiaenbioeconomia23_12_15_tcm30-560119.pdf
- MIRAMONTES, Ángel. «La industria de la madera en Galicia, la significación del subsector del mueble» [Tesis de Doctorado]. Santiago de Compostela: Universidade. Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, 2009. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/2614>
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. *Perfil Ambiental en España 2018: Informe basado en indicadores*. Madrid, 2019.
- MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Estrategia de transición justa*. Madrid, 2019 (Marco estratégico de energía y clima). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/pae2018_tcm30-504010.pdf
- . *Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero: Comunicación al Secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Edición 2020 (Serie 1990-2018)*. Madrid, 2020a.
- . *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Madrid, 2020b. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>
- . *La energía en España 2018*. Madrid: Secretaría de Estado para la Energía, 2020c.
- . *Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050: Estrategia a largo plazo para una economía española, moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050*. Madrid, 2020d (Marco estratégico de energía y clima).
- MORATÓ, Jordi, Luis M. JIMÉNEZ, Nicola TOLLIN, Brent VILLANUEVA, Atalya E. MONTAYA, Duván HERNÁN, José L. DE LA CRUZ et al. *Situación y evolución de la economía circular en España: Informe 2019*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación, 2019.
- MORATÓ, Jordi, Nicola TOLLIN, Luis M. JIMÉNEZ, Brent VILLANUEVA, Mireia PLÀ, Carlos BETANCOURTH, José L. DE LA CRUZ et al. *Situación y evolución de la economía circular en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación, 2017.
- MOREAU, Vicent, Catarina AMARANTE DE OLIVEIRA y François VUILLE. «Is decoupling a red herring? The role of structural effects and energy policies in Europe». *Energy Policy* 128 (mayo de 2019): 243-252. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.028>
- MUNDA, Giuseppe. *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy*. Berlín: Springer, 2008. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73703-2>
- NACIONES UNIDAS, COMISIÓN EUROPEA, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), FMI (Fondo Monetario Internacional), OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y BANCO MUNDIAL. *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework*. Nueva York: Naciones Unidas, 2014. Disponible en: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/seea_cf_final_en.pdf
- NACIONES UNIDAS. *System of Environmental-Economic Accounting— Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. White cover publication, pre-edited text subject to official editing. Nueva

- York, septiembre de 2021. Disponible en: <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>
- NESS, David A. y Ke XING. «Toward a resource-efficient built environment: a literature review and conceptual model». *Journal of Industrial Ecology* 21, n.º 3 (junio de 2017): 572-592. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jiec.12586>
- NEUMAYER, Eric. «Human Development and Sustainability». *Journal of Human Development and Capabilities* 3, n.º 4 (2012): 561-579. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19452829.2012.693067>
- NORDHAUS, William D. y James TOBIN. «Is Economic Growth Obsolete?». En M. Moos (ed.). *The measurement of economic and social performance*. Nueva York: National Bureau of Economic Research (1973): 509-564.
- NUSS, Philip y Gian A. BLENGINI. «Towards better monitoring of technology critical elements in Europe: Coupling of natural and anthropogenic cycles». *Science of the Total Environment* 613-614 (febrero de 2018): 569-578. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.117>
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). *Eco-Efficiency*. París: OECD Publishing, 1998. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264040304-en>
- . *OECD Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century. Adopted by OECD Environment Ministers. 16 May 2001*. París, 2001. Disponible de: <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/1863539.pdf>
- . *Measuring Material Flows and Resource Productivity: Volume I. The OECD Guide*. París, 2008a.
- . *Measuring Material Flows and Resource Productivity: Volume II: The Accounting Framework*. París, 2008b.
- . *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*. París: OECD Publishing, 2019a. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264307452-en>
- . *Trends and Drivers of Agri-environmental Performance in OECD Countries*. París: OECD Publishing, 2019b. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/b59b1142-en>
- . RE-CIRCLE: resource efficiency and circular economy. París. Disponible en: <https://www.oecd.org/environment/waste/recircle.htm> [consulta: noviembre de 2020].
- ONS (Office for National Statistics) y DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). UK natural capital accounts: 2019. Disponible en: <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/uknaturalcapitalaccounts/2019> [consulta: noviembre de 2020].
- ONS (Office for National Statistics). UK natural capital accounts methodology guide: October 2019. Disponible en: <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/methodologies/uknaturalcapitalaccountsmethodologyguideoctober2019> [consulta: noviembre de 2020].
- OTLE (Observatorio del Transporte y la Logística en España). *Informe Anual 2018*. Madrid: Ministerio de Fomento, 2019. Disponible en: https://observatoriortransporte.mitma.es/recursos_otle/informe_otle_2018.pdf
- PAULIUK, Stefan y Edgar C. HERTWICH. «Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies». *Ecological Economics* 119 (noviembre de 2015): 83-93. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.08.012>

- PEARCE, David W. y Giles D. ATKINSON. «Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability». *Ecological Economics* 8, n.º 2 (octubre de 1993): 103-108. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)
- PEARCE, David W. y R. Kerry TURNER. *Economía de los Recursos Naturales y del medio ambiente*. Madrid: Colegio de Economistas: Celeste, 1995.
- PEARCE, David W., Giles D. ATKINSON y W. Richard DUBOURG. «The economics of sustainable development». *Annual Review of Energy and the Environment* 19, n.º 1 (1994): 457-474. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.eg.19.110194.002325>
- PÉREZ, Francisco, Ezequiel URIEL (dirs.), Eva BENAGES, Alicia GÓMEZ y Laura HERNÁNDEZ. *Más allá del PIB. El valor de la producción doméstica y el ocio en España*. Bilbao: Fundación BBVA, 2023. Disponible en: <https://www.fbbva.es/publicaciones/mas-alla-del-pib/>
- PÉREZ, Francisco, Matilde MAS (dirs.), Eva BENAGES, Juan C. ROBLEDÓ e Iván VICENTE. «El stock de capital en España y sus comunidades autónomas. Ajuste de la inversión pública y reducción del déficit». Documento de Trabajo n.º 1/2020. Bilbao: Fundación BBVA, 2020. Disponible en: <https://www.fbbva.es/publicaciones/el-stock-de-capital-en-espana-y-sus-comunidades-autonomas-ajuste-de-la-inversion-publica-y-reduccion-del-deficit/>
- PIÑERO, Pablo, Mari HEIKKINEN, Ilmo MÄENPÄÄ y Eva PONGRÁCZ. «Sector aggregation bias in environmentally extended input output modeling of raw material flows in Finland». *Ecological Economics* 119 (noviembre de 2015): 217-229. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.002>
- PROVENZANO, Marco y Conrad BARBER-DUECK. *The Natural Resources Satellite Accounts: Sources and Methods*. Toronto (Canadá): Statistics Canada, 2017. Disponible en: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13-604-m/13-604-m2017086-eng.htm#analysis>
- PROVENZANO, Marco, Conrad BARBER-DUECK y Joseph FLOYD. *The Natural Resources Satellite Accounts: Feasibility study*. Toronto (Canadá): Statistics Canada, 2016. Disponible en: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13-604-m/13-604-m2016082-eng.htm>
- PwC (PriceWaterhouseCoopers). *El futuro del sector agrícola español: Claves para construir un sector sostenible económica, social y medioambientalmente*. Madrid: Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas (AEPLA), 2019. Disponible en: <https://www.pwc.es/es/publicaciones/assets/informe-sector-agricola-espanol.pdf>
- REE (Red Eléctrica Española). Avance del Informe del sistema eléctrico español 2020. Madrid. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema/avance-del-informe-del-sistema-electrico-espanol-2020> [consulta: mayo de 2021].
- REIG, Ernest. *La sostenibilidad del crecimiento económico en España*. Madrid: FUNCAS (Fundación de las Cajas de Ahorros), 2011. Disponible en: <https://www.funcas.es/libro/la-sostenibilidad-del-crecimiento-economico-en-espana-diciembre-2011/>
- RENDA, Andrea, Jacques PELKMANS, Christian EGENHOFER, Lorna SCHREFLER, Giacomo LUCHETTA, Can S. BALLESTEROS y Anne C. ZIRNHEL. *The uptake of green public procurement in the EU27*. Bruselas: Comisión Europea, 2012. Disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/CEPS-CoE-GPP%20MAIN%20REPORT.pdf>

- ROMÁN, Rocío y M^a José COLINET. «Energy efficiency's key role in explaining the performance of energy consumption in Andalusia (Spain)». *Environmental Science and Pollution Research* 28 (2021): 20188-20208. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11829-2>
- SAGOFF, Mark. «The quantification and valuation of ecosystem services». *Ecological Economics* 70, n.º 3 (enero de 2011): 497-502. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.10.006>
- SANTOS, Fernando, Carlos MONTES, Berta MARTÍN, José A. GONZÁLEZ, Mateo AGUADO, Javier BENAYAS, Concepción PIÑEIRO, Jorge NAVACERRADA, Pedro ZORRILLA, Marina GARCÍA et al. *Ecosystems and biodiversity for human wellbeing*. Spanish National Ecosystem Assessment. Synthesis of key findings. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente, 2014. Disponible en: <http://www.ecomilenio.es/ecosystems-and-biodiversity-for-human-wellbeing-snea-synthesis-of-key-findings-download/3661>
- SCHANDL, Heinz, Marina FISCHER-KOWALSKI, James WEST, Stefan GILJUM, Monika DITTRICH, Nina EISENMENGER, Arne GESCHKE et al. *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. París: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (UNEP), 2016.
- SCHMIDHEINY, Stephan. *Changing course: A global business perspective on development and the environment*. Cambridge (EE. UU.): MIT-Press, 1992.
- SCHÜTZ, Helmut y Aton STEURER. *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
- SCHWARZLMÜLLER, Elmar. «Human appropriation of aboveground net primary production in Spain, 1955-2003: An empirical analysis of the industrialization of land use». *Ecological Economics* 69, n.º 2 (diciembre de 2009): 282-291. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.016>
- SECRETARÍA GENERAL DE TURISMO. *El turismo de naturaleza en España y su plan de impulso. Estudios de productos turísticos*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Secretaría General de Turismo, 2004.
- SGAPC (Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación). «El turismo de naturaleza en España». Análisis y prospectiva, Serie medio ambiente n.º 9. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y medio ambiente, julio de 2017. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/seriemedioambiente9_turismodenaturalezaenespana_tcm30-419763.pdf
- SIKAMÁKI, Juha, Francisco J. SANTIAGO-ÁVILA y Peter VAIL. «Global Assessment of Non-Wood Forest Ecosystem Services: Spatially Explicit Meta-Analysis and Benefit Transfer to Improve the World Bank's Forest Wealth Database». Working Paper. Washington D. C.: PROFOR (Program on Forests), 2015. Disponible en: <https://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/kc/Global%20Assessment%20of%20Non-Wood%20Forest%2025-16%20281%29.pdf>
- SINGHAL, Deepak, Sushanta TRIPATHY y Sarat K. JENA. «Remanufacturing for the circular economy: Study and evaluation of critical factors». *Resources, Conservation and Recycling* 156 (mayo de 2020). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104681>
- SERRANO, LORENZO, Carlos ALBERT y Ángel SOLER. *El valor económico del capital humano en España y sus regiones*. Bilbao: Fundación BBVA, 2022. <https://www.fbbva.es/publicaciones/el-valor-economico-del-capital-humano-en-espana-y-sus-regiones/>

- SOLOW, Robert M. «A contribution to the theory of economic growth». *The Quarterly Journal of Economics* 70, n.º 1 (1956): 65-94. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1884513>
- . «Technical change and the aggregate production function». *Review of Economics and Statistics* 39, n.º 3 (agosto de 1957): 312-330. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1926047>
- . «On the intergenerational allocation of natural resources». *The Scandinavian Journal of Economics* 88, n.º 1 (marzo de 1986): 141-149.
- SORRELL, Steve y John DIMITROPOULOS. «The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions». *Ecological Economics* 65, n.º 3 (abril de 2008): 636-649. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.013>
- SORRELL, Steve, John DIMITROPOULOS y Matt SOMMERVILLE. «Empirical estimates of the direct rebound effect: A review». *Energy Policy* 37, n.º 4 (abril de 2009): 1356-1371. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.026>
- SPANGENBERG, Joachim H. «Economic sustainability of the economy: concepts and indicators». *International Journal of Sustainable Development* 8, n.º 1-2 (2005): 47-64. Disponible en: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSD.2005.007374>
- STEGER, Sören y Raimund BLEISCHWITZ. «Drivers for the use of materials across countries». *Journal of Cleaner Production* 19, n.º 8 (mayo de 2011): 816-826.
- STEINBERGER, Julia K., Fridolin KRAUSMANN, Michael GETZNER, Heinz SCHANDL y Jim WEST. «Development and Dematerialization: An International Study». *PLOS One* 8, n.º 10 (octubre de 2013): e70385.
- STEINERT, Margrethe D., Hannah BERNARD, Paresa MARKIANIDOU y Asel DORANOVA. «EU Eco-Innovation Index 2019». EIO Brief. Bruselas: Comisión Europea, Eco-Innovation Observatory, julio de 2020. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/sites/default/files/eio_brief_eu_eco-innovation_index_2019.pdf
- STIGLITZ, Joseph E., Amartya SEN y Jean P. FITOUSSI. «Report of the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress». 2009. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8131721/8131772/Stiglitz-Sen-Fitoussi-Commission-report.pdf> [consulta: mayo de 2021].
- TURNER, R. Kerry. «Economics and ecosystem services: A positive contribution to environmental management». En M. Potschin, R. Haines-Young, R. Fish y R. K. Turner. *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Londres; Nueva York: Routledge, Taylor & Francis Group (2016): 115-118.
- UNEMADERA (Unión Empresarial de la Madera y el Mueble de España). *Estudio del Sector de la Madera y del Mueble en España: Informe 2018*. Madrid, 2019. Disponible en: https://unemadera.es/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-Sector-Madera-y-Mueble-2018_def.pdf
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente). *Inclusive Wealth Report 2018: Measuring Sustainability and Well-Being*. Nairobi (Kenia), 2018. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/inclusive-wealth-report-2018>
- UNEP-WCMC (Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente). *2018 United Nations List of Protected Areas. Supplement on protected area management effectiveness*. Cambridge (Reino Unido), 2018. Disponible en: <https://www.sprep.org/attachments/VirLib/Global/2018-list-protected-areas.pdf>
- . *Protected Planet*. Cambridge (Reino Unido). Disponible en: <https://www.protectedplanet.net/en> [consulta: febrero de 2021].

- UNIÓN EUROPEA. «Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos del EEE)». Diario Oficial de la Unión Europea n.º 312, 22 de noviembre de 2008.
- . «Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (refundición) (Texto pertinente a efectos del EEE)». Diario Oficial de la Unión Europea n.º 197, 24 de julio de 2012.
- UNIVERSITY OF GRONINGEN. Maddison Historical Statistics. Groningen (Países Bajos). Disponible en: <https://www.rug.nl/ggdc/historicaldevelopment/maddison/> [consulta: junio de 2021].
- URIEL, Ezequiel y Carlos ALBERT. *El stock de capital en viviendas (1990-2010) y en otras construcciones en España (1990-2009), y su distribución territorial*. Bilbao: Fundación BBVA, 2012 (Colección Informes 2012 Economía y Sociedad). Disponible en: https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2012_Ivie_stock_capital_viviendas_2010.pdf
- VALLEJO, Roberto. Proyecto VANE, Valoración de los Activos Naturales de España. Junta de Castilla y León, Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Disponible en: <https://pfcyl.es/biblioteca/proyecto-vane-valoracion-activos-naturales-espana> [consulta: mayo de 2021].
- WCED (World Commission on Environment and Development). *Our common future*. Oxford; Nueva York: Oxford University Press, 1987. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- WIEDENHOFER, Dominika, Elena ROVENSKAYA, Willi HAAS, Fridolin KRAUSMANN, Irene PALLUA y Marina FISCHER-KOWALSKI. «Is there a 1970s síndrome? Analyzing structural breaks in the metabolism of industrial economies». *Energy Procedia* 40 (2013): 182-191. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.08.022>
- WIJLMAN, Anders y Kristian SKANBERG. *The circular economy and benefits for society: Swedish case study shows jobs and climate as clear winners*. Roma (Italia): The Club of Rome; Gland (Suiza): MAVA, Fondation pour la Nature; Estocolmo (Suecia): Swedish Recycling Industries' Association, 2015. Disponible en: <https://groenomstilligh.erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/media/final-version-swedish-study-13-04-15-till-tryck-ny.pdf>
- ZHANG, Wei, TAYLOR H. RICKETTS, CLAIRE KREMEN, Karen CARNEY y Scott M. SWINTON. «Ecosystems services and dis-services to agricultura». *Ecological Economics* 64, n.º 2 (diciembre de 2007): 253-260. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>

Índice de cuadros

CUADRO 2.1:	Cuenta resumen de flujos de materiales en la economía	67
CUADRO 3.1:	Composición de la extracción doméstica según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018	86
CUADRO 3.2:	Tasa de variación de las exportaciones per cápita. Comparación internacional, 2000-2018	93
CUADRO 3.3:	Composición de las importaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018	96
CUADRO 3.4:	Composición de las exportaciones de materiales según tipo de materiales. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018	100
CUADRO 3.5:	Resumen de indicadores de flujos de materiales. Comparaciones internacionales, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018	102
CUADRO 3.6:	Síntesis de indicadores de dimensión. España, 1995, 2000, 2007, 2013 y 2018	105
CUADRO 3.7:	Composición del <i>output</i> nacional procesado según tipo de emisiones y residuos. España, 2000, 2007, 2013 y 2016	108
CUADRO 4.1:	Perfil metabólico global de los regímenes sociometabólico agrario e industrial. 2000	144
CUADRO 4.2:	Resumen de indicadores. España, 1970, 1980, 1995 y 2019	147
CUADRO 4.3:	Coefficientes de acoplamiento entre CNM per cápita por componentes y el PIB real per cápita. Comparación internacional, 1970-2019	157
CUADRO 4.4:	Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica	166
CUADRO 4.5:	Descomposición del crecimiento total acumulado del consumo de energía final	173
CUADRO 4.6:	Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo	176
CUADRO 4.7:	Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo de energía y sector productivo	180
CUADRO 4.8:	Potencia instalada del sistema eléctrico nacional	187
CUADRO 4.9:	Intensidad energética (consumo de energía final/PIB real) por sectores	191

CUADRO 5.1:	Principales características y factores instrumentales de una economía circular.....	198
CUADRO 5.2:	Cuadro de mando de la economía circular en España.....	263
CUADRO 6.1:	Clasificación de los activos ambientales del SEEA 2012.....	277
CUADRO 6.2:	Clasificación de activos del Banco Mundial (2018).....	278
CUADRO 6.3:	Estimación del valor por hectárea de los servicios prestados por los recursos forestales no madereros según Siikamäki, Santiago-Ávila y Vail (2015)	284
CUADRO 6.4:	Correspondencia entre la clasificación de cultivos de la Encuesta de Precios de la Tierra y la del Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	288
CUADRO 8.1:	Composición del valor de los recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	419

Índice de esquemas, figuras y mapas

ESQUEMA 2.1:	Principales magnitudes del AFM y sus relaciones	68
FIGURA 5.1:	Sistema industrial basado en la economía circular	199
FIGURA 5.2:	Objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas	216
FIGURA 5.3:	Marco de monitorización de la economía circular	217
FIGURA 5.4:	Diagrama de Sankey de flujos materiales de la EU-27, 2010 y 2019	254
FIGURA 5.5:	Diagrama de Sankey de flujos materiales de España, 2010 y 2019	257
FIGURA 5.6:	Objetivos de la Estrategia Española de Economía Circular para el año 2030	261
FIGURA 5.7:	Ejes de actuación de la Estrategia de Economía Circular y sus Planes de Acción	268
FIGURA A.3.1:	Diagrama de Sankey de flujos materiales de Francia, 2010 y 2019	469
FIGURA A.3.2:	Diagrama de Sankey de flujos materiales de Alemania, 2010 y 2019	470
FIGURA A.3.3.:	Diagrama de Sankey de flujos materiales de Italia, 2010 y 2019	471
MAPA 8.1:	Tasa de variación real acumulada del capital natural. Comunidades autónomas, 1995-2018	361
MAPA 8.2:	Capital natural per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	364
MAPA 8.3:	Tasa de variación real acumulada del capital natural por habitante. Comunidades autónomas, 1995-2018	365
MAPA 8.4:	Capital natural por km ² . Comunidades autónomas, 1995 y 2018	367
MAPA 8.5:	Tasa de variación real acumulada del capital natural por km ² . Comunidades autónomas, 1995-2018	368
MAPA 8.6:	Capital natural/PIB. Comunidades autónomas, 1995 y 2018 ..	370

MAPA 8.7:	Tasa de variación real acumulada del capital natural/PIB. Comunidades autónomas, 1995-2018	371
MAPA 8.8:	Capital agregado (natural + producido + humano) per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2018	377
MAPA 8.9:	Capital en tierras de cultivo y pastos/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	389
MAPA 8.10:	Capital en recursos forestales/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	391
MAPA 8.11:	Capital en áreas protegidas/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	393
MAPA 8.12:	Capital en recursos energéticos y minerales/Capital natural total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	394
MAPA 8.13:	Tasa de variación real acumulada del capital natural en recursos forestales. Comunidades autónomas, 1995-2018 ..	400
MAPA 8.14:	Tasa de variación real acumulada del capital natural en tierras de cultivo y pasto. Comunidades autónomas, 1995-2018	400
MAPA 8.15:	Tasa de variación real acumulada del capital natural en áreas protegidas. Comunidades autónomas, 1995-2018	401
MAPA 8.16:	Tasa de variación real acumulada del capital natural en recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995-2018	401
MAPA A.5.1:	<i>Stock</i> de capital agregado per cápita. Comunidades autónomas, 2010.....	480

Índice de gráficos

GRÁFICO 3.1:	<i>Input</i> directo de materiales. Comparación internacional, 1995-2018	81
GRÁFICO 3.2:	Consumo nacional de materiales y sus componentes (extracción doméstica, importaciones y exportaciones de materiales). España, 1995-2018.....	83
GRÁFICO 3.3:	Extracción doméstica (utilizada). Comparación internacional, 1995-2018	85
GRÁFICO 3.4:	Composición de la extracción doméstica. Comparación internacional, 1995-2018	90
GRÁFICO 3.5:	Composición de la extracción doméstica. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2018	91
GRÁFICO 3.6:	Balance comercial físico: Importaciones y exportaciones de materiales. España, 1995-2018	94
GRÁFICO 3.7:	Importaciones y exportaciones de materiales. Comparación internacional, 1995-2018.....	95
GRÁFICO 3.8:	Evolución del peso de las importaciones de materiales sobre el <i>input</i> directo de materiales. Comparación internacional, 1995-2018	104
GRÁFICO 3.9:	<i>Output</i> nacional procesado. Comparación internacional, 2000-2017.....	110
GRÁFICO 3.10:	<i>Output</i> nacional procesado. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2016	111
GRÁFICO 3.11:	Composición del <i>output</i> nacional procesado. Comparación internacional, 2000-2016	116
GRÁFICO 3.12:	Composición del <i>output</i> nacional procesado. Comparación internacional, 2000, 2007 y 2016	118
GRÁFICO 3.13:	Residuos en vertederos controlados. Comparación internacional, 2000-2016.....	120
GRÁFICO 4.1:	Representación estilizada del desacoplamiento respecto a los recursos y respecto a los impactos ambientales.....	130
GRÁFICO 4.2:	Consumo nacional de materiales per cápita y PIB real per cápita. Comparación internacional, 2000 y 2019	141

GRÁFICO 4.3:	Consumo nacional de materiales y PIB real. Tasa de variación media anual. EU-14, 1970-2019	149
GRÁFICO 4.4:	Consumo nacional de materiales y PIB real. Tasa de variación media anual. EU-27, 2000-2019	151
GRÁFICO 4.5:	Evolución del consumo nacional de materiales según tipo de materiales y el PIB real. España, 1970-2019	159
GRÁFICO 4.6:	Consumo de energía final por tipos de energía y PIB real. 1900-2019	171
GRÁFICO 4.7:	Variación media anual del consumo de energía final por tipos de energía y subperiodos	175
GRÁFICO 4.8:	Descomposición del crecimiento medio anual del consumo de energía final según tipo	177
GRÁFICO 4.9:	Consumo de energía final/PIB real	190
GRÁFICO 5.1:	Generación de residuos urbanos per cápita. Comparación internacional, 1995-2018	233
GRÁFICO 5.2:	Generación de residuos totales sin incluir los principales residuos minerales sobre el PIB. Comparación internacional, 2004-2016	234
GRÁFICO 5.3:	Generación de residuos totales sin incluir los principales residuos minerales sobre el consumo nacional de materiales (CNM). Comparación internacional, 2004-2016	235
GRÁFICO 5.4:	Tasa de reciclaje de los residuos urbanos. Comparación internacional, 1995-2018	237
GRÁFICO 5.5:	Tasa de reciclaje de los residuos totales excluyendo los principales residuos minerales. Comparación internacional, 2010, 2012, 2014 y 2016	238
GRÁFICO 5.6:	Tasa de reciclaje de residuos de envases y embalajes por tipo. Comparación internacional, 1997-2017	239
GRÁFICO 5.7:	Tasa de reciclaje de residuos electrónicos. Comparación internacional, 2009-2017	240
GRÁFICO 5.8:	Reciclaje de residuos biológicos per cápita. Comparación internacional, 2000-2018	241
GRÁFICO 5.9:	Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición. Comparación internacional, 2010-2016	242
GRÁFICO 5.10:	Tasa de uso circular de materiales. Comparación internacional, 2010-2017	243
GRÁFICO 5.11:	Importaciones de materias primas reciclables per cápita. Comparación internacional, 2004-2019	244
GRÁFICO 5.12:	Exportaciones de materias primas reciclables per cápita. Comparación internacional, 2004-2019	245
GRÁFICO 5.13:	Evolución de la importancia de los sectores de reciclaje, reparaciones y reutilización. Comparación internacional, 2008-2017	248
GRÁFICO 5.14:	Patentes relacionadas con el reciclaje y las materias primas secundarias. Comparación internacional, 2000-2015	250
GRÁFICO 5.15:	Índice de Ecoinnovación europeo.	266
GRÁFICO 7.1:	<i>Stock</i> de capital natural agregado. España, 1995-2018	302
GRÁFICO 7.2:	<i>Stock</i> de capital natural per cápita. España, 1995-2018	303

GRÁFICO 7.3:	Evolución del <i>stock</i> de capital natural y actividad económica. España, 1995-2018	304
GRÁFICO 7.4:	<i>Stock</i> de capital natural y <i>stock</i> de capital producido (activos SCN). España, 1995-2018	305
GRÁFICO 7.5:	<i>Stock</i> de capital agregado (natural + producido + humano) per cápita (pc) y PIB real per cápita. España, 1995-2018.....	307
GRÁFICO 7.6:	Estructura del capital agregado (natural + producido + humano). España, 1995-2018	308
GRÁFICO 7.7:	<i>Stock</i> de capital agregado ampliado (natural + producido + humano + suelo urbano). España, 1995-2018	311
GRÁFICO 7.8:	<i>Stock</i> de capital natural según tipo de activo. España, 1995-2018	312
GRÁFICO 7.9:	Valor y precios de los recursos forestales según tipo. España, 1995-2018	317
GRÁFICO 7.10:	Valor de las tierras de cultivo y pastos. España, 1995-2018	318
GRÁFICO 7.11:	Evolución de la superficie y los precios de la tierra dedicada a cultivos y pastos. España, 1995-2018	319
GRÁFICO 7.12:	Evolución del valor de la tierra dedicada a cultivos de secano y regadío. España, 1995-2018	321
GRÁFICO 7.13:	Evolución de la superficie y los precios de la tierra dedicada a cultivos de secano y regadío. España, 1995-2018	321
GRÁFICO 7.14:	Evolución del valor de la tierra según tipo de cultivo. España, 1995-2018	322
GRÁFICO 7.15:	Evolución de la superficie y los precios de la tierra según tipo de cultivo. España, 1995-2018	324
GRÁFICO 7.16:	Valor de los recursos energéticos y minerales. España, 1995-2018	327
GRÁFICO 7.17:	Valor de los recursos energéticos según tipo. España, 1995-2018	328
GRÁFICO 7.18:	Valor de los recursos minerales metálicos según tipo. España, 1995-2018	329
GRÁFICO 7.19:	Valor del capital natural per cápita. Comparación internacional, 1995 y 2014.....	332
GRÁFICO 7.20:	Valor del capital natural per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	333
GRÁFICO 7.21:	Capital natural y PIB per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	335
GRÁFICO 7.22:	Capital agregado (natural + humano + producido). Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014.....	337
GRÁFICO 7.23:	Composición del capital natural por tipo de recurso. Comparación internacional: Unión Europea, 2014	339
GRÁFICO 7.24:	Valor de los recursos forestales per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	341
GRÁFICO 7.25:	Valor de los recursos forestales por km ² . Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	342
GRÁFICO 7.26:	Valor de las tierras de cultivo per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	343

GRÁFICO 7.27:	Valor de las tierras de cultivo por km ² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	345
GRÁFICO 7.28:	Valor de las tierras de pastos per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	346
GRÁFICO 7.29:	Valor de las tierras de pastos por km ² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	347
GRÁFICO 7.30:	Valor de las áreas protegidas per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	348
GRÁFICO 7.31:	Valor de las áreas protegidas por km ² de superficie total. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	349
GRÁFICO 7.32:	Valor de los recursos energéticos y minerales per cápita. Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	351
GRÁFICO 7.33:	Valor de los recursos energéticos y minerales por km ² . Comparación internacional: Estados miembros de la UE, 1995 y 2014	352
GRÁFICO 8.1:	Distribución territorial del capital natural, 1995 y 2018	359
GRÁFICO 8.2:	Tasa de variación real acumulada del capital natural. Comunidades autónomas, 1995-2018	360
GRÁFICO 8.3:	Capital natural per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	363
GRÁFICO 8.4:	Capital natural por km ² . Comunidades autónomas, 1995 y 2018	366
GRÁFICO 8.5:	Capital natural/PIB. Comunidades autónomas, 1995 y 2018 ...	369
GRÁFICO 8.6:	Distribución territorial del <i>stock</i> de capital agregado (natural + producido + humano), 2000 y 2018	373
GRÁFICO 8.7:	<i>Stock</i> de capital agregado (natural + producido + humano) per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2018	375
GRÁFICO 8.8:	Composición del <i>stock</i> de capital agregado (natural + producido + humano). Comunidades autónomas, 2000 y 2018	376
GRÁFICO 8.9:	Tasa de variación acumulada del <i>stock</i> de capital agregado vs. tasa de variación de sus componentes. Comunidades autónomas, 2000-2018	379
GRÁFICO 8.10:	Tasa de variación acumulada del <i>stock</i> de capital agregado (natural + producido + humano) y PIB real. Comunidades autónomas, 2000-2018	382
GRÁFICO 8.11:	Tasa de variación acumulada del <i>stock</i> de capital agregado per cápita vs. tasa de variación de sus componentes per cápita. Comunidades autónomas, 2000-2018	384
GRÁFICO 8.12:	Composición del <i>stock</i> de capital natural según tipo de activo. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	388
GRÁFICO 8.13:	Evolución real del <i>stock</i> de capital natural según tipo de activo. Comunidades autónomas, 1995-2018	397

GRÁFICO 8.14:	Composición del valor de los recursos forestales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	403
GRÁFICO 8.15:	Distribución regional del valor de los recursos forestales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	404
GRÁFICO 8.16:	Valor de los recursos forestales per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	406
GRÁFICO 8.17:	Valor de los recursos forestales por km ² . Comunidades autónomas, 1995 y 2018	408
GRÁFICO 8.18:	Composición del valor de las tierras de cultivos y pastos. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	410
GRÁFICO 8.19:	Distribución regional del valor de las tierras de cultivo y pastos. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	411
GRÁFICO 8.20:	Valor de las tierras de cultivo y pastos per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	412
GRÁFICO 8.21:	Valor de las tierras de cultivo y pastos por km ² de superficie total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	414
GRÁFICO 8.22:	Distribución regional del valor de las áreas protegidas. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	417
GRÁFICO 8.23:	Valor de las áreas protegidas per cápita y por km ² de superficie total. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	418
GRÁFICO 8.24:	Distribución regional del valor de los recursos energéticos y minerales. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	421
GRÁFICO 8.25:	Valor de los recursos energéticos y minerales per cápita. Comunidades autónomas, 1995 y 2018	422
GRÁFICO 8.26:	Valor de los recursos energéticos y minerales por km ² . Comunidades autónomas, 1995 y 2018	424
GRÁFICO A.5.1:	Capital agregado. Comunidades autónomas, 2010	477
GRÁFICO A.5.2:	Distribución territorial del <i>stock</i> de capital agregado, 2000 y 2010.....	478
GRÁFICO A.5.3:	<i>Stock</i> de capital agregado per cápita. Comunidades autónomas, 2000 y 2010	479
GRÁFICO A.6.1:	Población. Comunidades autónomas, 1995-2018	481
GRÁFICO A.6.2:	PIB a precios de 2015. Comunidades autónomas, 1995-2018..	482

Índice alfabético

- abono, 72, 107, 112, 127
- ABS (Australian Bureau of Statistics), 45, 275, 447
- acervo genético, 46
- activos
- ambientales, 14, 16, 34, 45, 47, 55, 271, 276, 276n, 277c, 281, 291, 304
 - físicos, 16, 28, 31, 65-66, 305
 - intangibles, 26, 305
 - medioambientales. *V.* activos ambientales.
 - naturales, 30, 45, 271, 276n, 281, 292, 326, 330, 387, 396, 420, 446. *V. t.* activos ambientales.
 - producidos, 27-28, 275, 281-282, 301, 305-306, 337, 353, 378, 386
- Acuerdo de París, 260, 264
- acumulación
- de capital, 15, 256, 372, 385
 - de materiales, 252, 258
- África, 40
- subsahariana, 29, 49
- Agenda 2030, 29, 127, 215-216, 216f, 260, 268n
- agro-ecosistema, 33
- ALBERT, Carlos, 14, 52, 301, 309-310, 381n, 475
- Alemania, 31, 70n, 80, 84, 93, 106, 115, 117, 121, 148, 150, 153, 155-156, 174, 231, 236, 242-243, 246, 249, 256n, 262, 264-265, 332, 340, 343, 433-435, 438, 444, 470f
- AMARANTE DE OLIVEIRA, Catarina, 172
- Análisis del ciclo de vida (*life cycle analysis*), 37, 59
- ANAND, Sudhir, 23
- Andalucía, 189, 358-359, 361, 365-366, 371, 373-374, 376, 380-383, 387, 390, 392, 395, 402-403, 407, 410, 413, 415-416, 418, 423, 425, 427-428, 430, 452, 455, 457
- ANS (acumulación neta de *stocks, net additions to stock*), 73-74
- Aragón, 330, 359, 361, 365, 380, 383, 390, 392, 395, 402-403, 407, 415, 417, 420, 423, 425, 427, 454
- árboles frutales, 89, 105, 323
- cítricos, 323, 325
 - no cítricos, 287, 320n, 323, 325
- archipiélagos, 366, 375, 383, 390, 395, 407, 415, 476
- área protegida, 45, 248, 289-291, 289n-290n, 313-314, 319n, 338, 346, 348, 348g-349g, 350, 353-355, 387, 392, 393m, 396, 401m, 402, 417-420, 417g-418g, 429-430, 448-449, 456
- Asturias, Principado de, 330, 361, 363, 373, 380-383, 385, 390, 392, 395-396, 402, 409-410, 413, 416, 419-420, 423, 425-428, 430, 452-453, 455, 457
- ATKINSON, Giles D., 28, 380
- Australia, 136, 155, 275, 331, 437
- Austria, 70n, 164, 265, 333
- AYRES, Robert U., 59-60
- BADURA, Tomas, 44, 272, 274
- Balears, Illes, 360, 362-363, 365, 368, 371, 378, 380-383, 387, 396, 402, 416,

- 419-420, 425, 427, 452-454, 476. *V. t.*
archipiélagos.
- Banco Mundial, 12-13, 26, 28-29, 44-45,
47, 49-50, 272, 274-279, 278c, 281-283,
285-286, 291-293, 303n, 306, 306n,
308-309, 313, 330-332, 336, 350, 353,
355, 372n, 378, 386, 427, 447-448,
450, 453, 475
- BARBER-DUECK, Conrad, 45, 275, 447
- bauxita, 291-292
- BECKER, Barbara, 21, 203
- Bélgica, 332, 334, 344, 350
- Berlín, 39
- BERNARD, Hannah, 265
- bienes
de consumo, 20, 60-61, 66, 77, 104,
124, 128, 202, 210, 267n, 432, 343,
458
duraderos, 60-61, 66, 77, 104, 154,
163, 202, 210, 212, 432, 434, 458
- bienestar
humano, 24, 32-33, 46n, 52, 129, 203
indicador de, 428, 455
material, 20, 26, 54, 139
niveles de, 21, 44, 47-48, 50-51, 54-55,
300-301, 306-307, 309, 352-353,
357, 381, 386, 427-428, 451, 455,
458
social, 14, 24, 28-29, 47, 209, 458
- biodiversidad, 28, 31, 34, 46, 57, 120,
124, 127, 260, 291, 320, 349, 429, 449,
459
- BLEISCHWITZ, Raimund, 39, 143, 153
- BLENGINI, Gian A., 253n
- BOLLINGER, Andrew, 208
- bosque, 27-29, 33, 64, 158, 160, 202, 208,
275, 276n, 283-285, 285n, 315, 340,
354, 405, 416
- BOUMANS, Roelof M. J., 31
- BRANDT, Nicola, 49-50, 300, 303n, 308,
447
- Brasil, 40, 139
- BRAUNGART, Michael, 208
- BRINGEZU, Stefan, 39, 153
- Bulgaria, 333-334, 341, 343
- cadena de valor, 57, 93, 154, 210, 214,
230
- calidad de vida, 24-25, 35, 273, 458
- cambio
climático, 31, 54, 57, 113, 127, 186,
194, 204, 223, 230, 260, 269, 297,
435
tecnológico, 62, 132, 134
- Canadá, 275, 331
- Canarias, 363, 365, 368, 371, 380, 382-
383, 385, 387, 390, 402, 416, 420, 427,
429, 453-456, 476. *V. t.* archipiélagos.
- CANSINO, José M., 188
- Cantabria, 360-361, 363, 368, 373, 380-
382, 385, 390, 395-396, 402, 405, 407,
409, 413, 416, 420, 423, 425-427,
452-453, 455
- capital
humano, 14, 26, 28-30, 44, 48-49, 55,
275, 300-301, 306-310, 336, 338,
353, 358, 372, 374, 378, 380-381,
381n, 385-386, 426-427, 451, 453,
455, 475
intangible, 26
- CARAVELI, Helen, 344
- carbono, 28, 32, 46, 64-65, 73, 106-107,
111-112, 114, 215, 225n, 291, 434-435
- CÁRDENAS, Miguel, 50, 303n, 372n, 447
- CAREY, Kevin, 13, 45, 48, 50, 274, 447
- CARPINTERO, Óscar, 147
- Castilla y León, 330, 358, 361, 363, 366,
376, 380-383, 392, 402, 413, 415, 418-
420, 423, 425, 427, 452-453, 455
- Castilla-La Mancha, 330, 358, 369, 371,
374-376, 381, 392, 402, 415, 420, 427,
452, 454, 476
- Cataluña, 359, 361-362, 365, 368, 371,
373, 373, 376, 381-382, 392, 396, 402,
407, 409, 415, 420, 423, 426-427, 429,
452, 454, 456
- Ceuta, 357n, 395
- Chantry Educational Service, 281
- Checa, República, 354n
- Chile, 331
- China, 40, 139, 143, 153, 331
- Chipre, 150, 164, 332, 354n, 438
- CIALANI, CATIA, 259
- cinc, 291-293, 326
- CMT (consumo material total), 74, 77
- CNM (consumo nacional de materiales,
domestic material consumption), 15, 53,
71, 74, 77, 80, 82, 83g, 99, 135, 140,

- 141g, 147-148, 149g, 151g-152g, 155, 159g, 161, 222, 227, 231, 235g, 252, 433, 437-438, 443
- CO₂ (dióxido de carbono), 28, 33, 57, 64-65, 73, 106-107, 111-112, 165, 187, 194, 202, 225n, 434-435, 446
- COLINET, M.^a José, 188
- Colombia, 331
- comercio exterior, 65, 69, 76-79, 82, 92, 160, 246, 256, 262, 293, 434, 445, 459
- Comisión Brundtland, 21, 202
- Comisión de Expertos sobre Transición Energética, 264, 291
- Comisión de las Comunidades Europeas, 126
- Comisión Estadística de las Naciones Unidas, 34
- Comisión Europea, 13, 16, 44, 126-127, 164-165, 194, 213, 215, 220n, 223, 232, 251, 264, 265n, 267, 272, 297, 349, 442-443, 447, 449, 458
- Comisión Interministerial de Economía Circular, 268
- compost, 72, 117, 121, 197, 225, 240, 435
- Consejo de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 33, 35, 46n
- CONSTANZA, Robert, 31
- consumo final, 59, 70, 77, 124, 154, 164, 252, 440
- contabilidad ambiental, 32, 34, 44, 272, 447
- Contabilidad nacional, 27, 61, 64-65, 72, 105, 280, 293
- Corea del Sur, 40, 48
- CORES (Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos), 294, 294n, 297n
- CORRADO, Carol, 228n
- COYLE, Diane, 300
- crecimiento
 - demográfico, 82, 175, 385
 - sostenible, 49, 127, 213, 215, 302, 304, 353, 368, 380-381, 385, 427, 454
- Croacia, 334, 344
- cultivo
 - de regadío, 78, 287, 320, 323, 449. *V. t.* tierras de regadío.
 - de secano, 287, 320, 354, 449. *V. t.* tierras de secano.
 - daño ambiental, 25, 28, 40, 42, 124-125, 432, 459
- DASGUPTA, Partha, 273, 347
- DE GROOT, Rudolf S., 31
- Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs), 45, 275, 447
- DEGUIGNET, Marine, 290n
- DELLINK, Rob, 155
- dependencia de la trayectoria (*path dependence*), 43
- depreciación, 24, 196, 273, 305, 446
- desacoplamiento (*decoupling*), 13, 15, 54, 125-126, 128-132, 130g, 14, 137-138, 148, 150, 153, 155-156, 158, 160, 162, 170, 371, 436-438, 448, 460
- desmaterialización, 38-39, 128, 147-148
- despoblación, 392, 407, 456
- DÍAZ, Sandra, 35
- digitalización, 213, 228n, 230
- DIMITROPOULOS, John, 133-134
- Dinamarca, 265, 333, 338, 340, 350
- dinamismo demográfico, 363, 415, 426, 452
- disipación de productos, 72, 107, 115, 117, 121, 255-256, 434
- DUBOURG, Richard, 380
- durabilidad, 42, 200, 207, 213, 223, 230, 249, 458
- ecodiseño, 212, 228, 230
- ecoinnovación, 230, 232, 265, 265n, 266g, 267, 274
- ecología, 12, 30, 36, 205, 289, 291
- economía
 - colaborativa (*sharing economy*), 41, 202, 230, 249, 251
 - nacional, 13, 37, 53, 59, 61, 63-65, 71, 73, 75, 82, 168-169, 432-433
- ecosistema, 12, 19, 21-22, 29, 31-36, 41, 46, 46n, 52, 127, 129, 160, 203-204, 236, 260, 275, 279n, 283, 289, 291, 314, 405
- acuático, 277-278
 - forestal, 33, 285
 - natural, 22, 34, 41, 78, 160, 204, 208, 279n
- Ecosistemas del Milenio, 33, 35, 46n, 52, 279n
- EEA (Agencia Europea del medio

ambiente, *European Environment Agency*), 164, 173, 209-210, 219, 320, 461

EEEC (Estrategia Española de Economía Circular), 16, 259-261, 260n, 261f, 264, 267-269, 267n, 445

efecto rebote, 43, 62, 132-133, 207, 211, 437

eficiencia

- energética, 62, 134, 162, 164-165, 169, 172-173, 183, 189-192, 325, 402, 439, 441, 461
- mejoras en, 39, 132, 173, 211, 461

EIA (US Energy Information Administration), 294, 296n-297n

Ellen MacArthur Foundation, 197, 228, 230

emisiones atmosféricas, 20, 106-107, 114-115, 117, 129, 154, 250, 253, 255

Encuesta de precios de la tierra, 286-287, 288c, 291

energía final, 54, 144, 162, 164-174, 171g, 175g, 176c, 177g, 179, 180c-182c, 183-186, 188-189, 190g, 191c, 192, 439-441, 460-461

enfoque de la cosecha, 64

ENM (extracción nacional de materiales), 15, 80, 433, 437, 445

ENNU (extracción nacional no usada), 74

erial, 287

erosión, 39, 46, 72, 121, 283, 291, 459

ESA (European Space Agency), 284

Eslovenia, 150, 164, 334, 338, 438

Estados Unidos, 39-40, 49, 136, 138, 146, 284, 437

estaño, 291-293, 327

ESTEBAN, Fernando, 275

Estrategia de Transición Justa, 269

Estrategia Española de Bioeconomía, 269

EU-14, 84, 106, 117, 148, 149g, 230-231, 236, 238, 249, 260, 262, 331, 338, 340, 344, 347, 350, 354, 435, 444, 450

EU-25, 332, 338, 340, 344, 347, 350, 354-355, 450

EU-27, 80, 93, 140, 151g-152g, 230-231, 236, 238-240, 242-243, 246-247, 251-252, 254f, 255-256, 258, 260, 262, 264, 332, 354n, 434, 444-445

Europa, 40, 113-114, 143, 162, 173, 209, 215, 223, 226, 241, 348, 350, 443-444 del Este, 140, 333

- Occidental, 84, 136, 138-139, 437

Eurostat (Oficina Estadística Europea), 12, 62, 66-67, 70, 72, 79, 107, 117, 147, 214, 217, 223, 225, 230, 232, 240, 250-251m 435, 443-445, 459-460

explotación

- forestal, 67-68, 280. *V. t.* silvicultura.
- minera, 69, 294-296, 423

extracción de recursos, 38, 41, 64, 66, 105, 128, 137, 153, 193-194, 196, 212, 252, 255, 340, 458

Extremadura, 359, 361-363, 366, 368, 373-374, 376, 380-383, 385, 390, 392, 395-396, 402-403, 407, 409, 413, 419-420, 423, 426-427, 452-453, 455

FARBER, Stephen C., 31

FCC (fracción de cabida cubierta), 285

FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias), 269

ferrocarril, 115, 185, 192, 441, 461

fertilizantes, 15, 34, 72, 98, 106-107, 121, 135, 160, 211, 434

filtración de aire, 49, 279n

Finlandia, 136, 161, 164, 256, 333, 338, 437

FISCHER-KOWALSKI, Marina, 128, 136

FITOUSSI, Jean P., 12-13, 25, 43, 273, 300, 447

FITTER, Alastair, 32, 34

FLOYD, Joseph, 45, 275, 447

flujos

- de agua, 63, 282
- físicos, 42, 65, 73, 77, 140

FMI (Fondo Monetario Internacional), 44, 272, 447

FONT, David, 62

Forest Europe, 285

fósil

- combustible, 15, 63, 84, 88, 94, 98, 112-113, 124, 129, 135, 142, 146, 156, 158, 162-163, 170, 172, 174-175, 178-179, 183, 185-186, 194, 210, 252, 255, 259, 433-434, 438-441

- energía, 68, 167, 325, 395, 402, 430, 457
- FRA (Forest Resource Assessment), 285
- Francia, 13, 43, 70n, 84, 89, 106, 117, 121, 153, 155-156, 174, 187, 231, 238, 241-243, 246, 256n, 262, 273, 332, 340, 350, 433-435, 444, 447, 469f
- FREEMAN, Mark C., 281
- FREEMAN III, A. Myrick, 274
- Fundación Bancaja, 301
- Fundación BBVA, 14, 52, 282, 301, 306, 310n, 372, 475
- Fundación Matrix, 275
- Galicia, 359, 371, 380, 383, 385, 390, 392, 402, 405, 407, 409, 413, 416, 418, 420, 423, 425, 427, 429, 545-455
- ganancias ambientales, 43, 132, 190, 210-211, 441
- GARCÍA, Santiago, 314n, 392
- gas natural, 68, 72, 94, 98-99, 112, 143, 160, 183, 189, 291, 293, 294n, 297, 297n, 313, 326, 403, 430, 440, 450, 457
- GEI (gases de efecto invernadero), 25, 57, 107, 111-113, 163, 325, 395, 459
- concentración atmosférica, 25, 459
- emisiones, 54, 107, 111-112, 115, 124, 127, 129, 137, 154, 164-165, 183, 186, 192-193, 209, 229, 259, 264, 325, 395, 435-436, 446, 461
- GEISSDOERFER, Martin, 205
- GEYER, Roland, 258
- GHISELLINI, Patrizia, 259
- Globcover, 284
- Gobierno de España, 259, 330n, 423n
- GÓMEZ, Erik, 36
- grado de circularidad, 221, 253n, 267, 431, 443, 445
- Grecia, 148, 150, 334, 337, 341, 438, 452
- GREENE, Peter, 281
- GROOM, Ben, 281
- GUINÉE, Jeroen B., 37
- Haber-Bosch, procesos, 73
- HABERL, Helmut, 137, 143, 154, 163
- hábitat, 31-33, 133, 283, 348, 350
- HARTWICK, John M., 27
- HAŠČIĆ, Iván, 50, 303n, 372n,
- HEDIGER, Werner, 32, 205, 380
- HERRIGES, Joseph A., 274
- HERTWICH, Edgar C., 58, 196
- hidrocarburos, 293, 296-297, 325
- hierro, 98, 194, 227, 291-293, 327
- HONKASALO, Antero, 42, 211
- HUANG, Chu-Long, 38
- Hungría, 343-344, 350
- I+D, 265, 305
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), 183
- IDM (*input* directo de materiales, *direct material input*), 15, 70-71. 74. 77. 79-80. 81g, 82, 99, 104g, 250, 252, 255-256, 433-434, 445
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España), 293, 295
- impactos
- ambientales, 21, 36, 38, 54, 76-77, 107, 125-126, 128-130, 130g, 132, 134, 137, 162, 194, 203, 206, 209-210, 220, 223, 227, 253n, 436-437, 459
- medioambientales. *V.* impactos ambientales.
- incendios, 46, 112, 119, 160, 289
- India, 40, 139, 331
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 70, 74, 79, 275, 280, 293, 301, 459
- INFANTE, Juan, 145-146
- input*
- material, 61, 255, 432, 436
- productivo, 11, 50, 303, 372n
- intensidad energética, 162, 168-169, 172, 178-179, 183-185, 189-192, 191c, 439-442, 461
- International Energy Statistics, 294, 296n-297n
- International Resource Panel, 62
- IPBES (Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), 35-36
- IPCC (Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático), 107, 113
- Irlanda, 48, 72, 150, 334, 338, 344, 438
- Italia, 80, 84, 106, 117, 121, 150, 153, 155-156, 231, 236, 238, 242-243, 246-247, 249, 256n, 332, 334, 340-341,

- 344, 433-435, 438, 444, 469a, 471f
- ITJ (Instituto para la Transición Justa), 330n, 423n
- ITM (*input* total de materiales), 74, 77-78
- Ivie (Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas), 52, 282, 301, 306, 308, 310n, 372, 475
- IWI (índice de riqueza inclusiva), 29-31, 275, 306
- Japón, 40, 49, 136, 146, 437
- JENA, Sarat K., 201
- JORGENSEN, Dale W., 50, 300, 300n
- KALLIS, Giorgio, 36
- KEMP, René, 62
- KHAN, Jawed, 281
- KLING, Catherine L., 274
- KNEESE, Allen V., 59-60
- KORHONEN, Jouni, 42, 211
- KOVANDA, Jan, 77
- KRAUSMANN, Fridolin, 61, 135-136, 143, 153, 193-194
- La Rioja, 297, 326, 360-361, 373, 375, 380, 382, 387, 390, 392, 395-396, 402-403, 407, 416, 419-420, 423, 425, 427, 430, 452, 454, 476-477
- LANGE, Glenn-Marie, 13, 45, 48, 50, 274, 447
- LE QUERÉ, Corinne, 192
- LEHNI, Markus, 206
- Letonia, 48, 70n, 164, 343, 350
- Ley
 - de Cambio Climático y Transición Energética, 269, 297
 - de la conservación de la materia. V. segunda ley de la termodinámica.
 - de la termodinámica, primera, 37
 - de la termodinámica, segunda, 42, 59, 61, 210, 432
- lignito, 39, 153
- LIMDI (índice divisiva de la media logarítmica), 15, 167, 169, 172, 174, 439
- Lituania, 70n, 164, 334, 343
- lodos, 72
- Luxemburgo, 265, 334, 338, 340, 344-345
- Madrid, Comunidad de, 360, 362, 365, 368-369, 371, 373-374, 376, 381-383, 385, 390, 392, 395-396, 402, 407, 415, 420, 425-428, 452-455
- Malta, 48, 70n, 164, 338, 344, 350
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 268n, 280, 284-287, 288c
- Marco Estratégico de Energía y Clima, 269
- MAS, Matilde, 228, 305, 338, 386, *mass balancing principle*, 37
- materias primas
 - no renovables, 147
 - reciclables, 227, 242-243, 244g-245g, 246, 262, 445
 - secundarias, 213, 226-228, 241-242, 246, 249, 250g, 252, 255, 258, 264, 444, 467a
- MAUDOS, Joaquín, 342, 390, 413, 417
- MAYER, Andreas, 251, 253, 253n
- MCDONOUGH, William, 208
- Melilla, 357n, 395
- mercancías, 95, 115, 183, 188
- metabolismo
 - social, 136, 140, 163
 - técnico, 208
 - tradicional, 136, 437
- metano, 107, 111-114, 119, 225n, 435
- MINCOTUR (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo), 99, 268
- minería, 39, 69, 136, 156, 161, 222, 295-296, 330n, 430, 433, 457
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente, 269
- Ministerio de Economía y Competitividad, 269
- Ministerio para la Transición Ecológica, 117, 121, 314
- MIRAMONTES, Ángel, 407
- MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), 16, 112, 164, 190-191, 259, 294n, 330n, 402, 423n
- MORATÓ, Jordi, 269
- MOREAU, Vicent, 172
- MS (metabolismo socioeconómico), 13, 37, 52, 54, 58-59, 66, 75, 134, 140, 147, 196, 253, 267, 432, 459
- MUNDA, Giuseppe, 36

- Murcia, Región de, 363, 365, 368-369, 371, 381-382, 387, 390, 395-396, 402, 407, 415-416, 419-420, 427-428, 453-455, 476
- Naciones Unidas, 29, 34-35, 44-47, 46n, 49-50, 52, 62, 113, 127, 215-216, 216f, 272, 274, 276n, 279n, 281, 282n, 285, 290, 299, 306, 309, 313, 353, 358n, 443, 447
- Navarra, Comunidad Foral de, 369, 371, 373, 381-382, 390, 395-396, 402, 405, 409, 415-416, 427, 454
- NESS, David A., 196
- NEUMAYER, Eric, 204
- nitrógeno, 73, 111-112, 114, 119, 183
- NORDHAUS, William D., 300
- Norteamérica, 40, 139
- Noruega, 331
- NTM (necesidad total de materiales), 74, 77
- Nuss, Philip, 253n
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), 12, 37, 62, 66, 74-75, 77, 126, 134, 193-194, 206, 230, 320, 372n, 447
- ODS (objetivos de desarrollo sostenible),
- OECD WPEI (Working Party on Environmental Information), 50
- OECD (Other Effective area-based Conservation Measures), 289-290, 289n
- olivar, 287, 320n, 323, 325
- ONP (*output* nacional procesado), 15, 71-74, 106-107, 108c-109c, 110g-111g, 115, 116g, 118g-119g, 434
- ONS (Office for National Statistics), 45, 275, 447
- ONT (*Output* Nacional Total), 74
- OTLE (Observatorio del Transporte y la Logística en España), 115, 179
- óxido de dinitrógeno. V. óxido nitroso.
- óxido nitroso, 107, 111-112, 115, 435
- País Vasco, 360-362, 365, 368, 375-376, 381, 383, 385, 390, 395, 402, 405, 407, 409, 413, 415-416, 426-429, 453-455, 476n
- Países Bajos, 70n, 153, 332, 338, 340, 344
- Países Bálticos, 333
- países miembros, 35, 49, 62, 173, 194, 216, 226-227, 229, 256, 340, 344, 355, 452
- pastizales, 286-287, 291, 316, 416
- PAULUK, Stefan, 58, 196
- PE (partidas equilibradoras, *balancing items*), 64, 73
- PEARCE, David W., 28, 41, 195, 380
- PEMAR (Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos), 269
- pérdidas disipadas, 30, 38, 72, 107, 115, 117, 121, 219, 271, 273, 378, 380, 426, 446
- PÉREZ, Francisco, 272, 300, 305-306
- petróleo, 63, 68, 94, 98, 129, 142-143, 160, 165, 167, 170, 172, 189, 291, 293, 297, 297n, 313, 326, 350, 430, 440, 450, 457
- PIB, evolución del, 132, 155, 158, 162, 303, 307, 353, 382-383, 426, 438, 446, 451
- PIÑERO, Pablo, 77
- plaga, 34
- plata, 291-293, 327-328
- plomo, 114, 291-293, 327-328
- PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima), 164, 191, 269
- política
- agraria, 39
- de lucha contra la pobreza, 23
- de protección ambiental, 42
- económica, 39, 51, 55, 117, 137, 153, 267, 269, 273-274, 441, 447, 455
- medioambiental, 34, 42, 46, 49, 51, 53-55, 60, 75, 117, 125, 137, 139, 153, 161, 189, 191-192, 215, 220, 229-230, 268-269, 331, 340, 257-258, 362, 386, 425, 428, 443, 452, 455, 457, 459-460
- Polonia, 121, 150, 164, 334, 343
- Portugal, 70n, 99, 148, 150, 332, 438
- PROVENZANO, Marco, 45, 275, 447
- proyecto VANE. V. Vallejo, Roberto.

proyecto Viura, 297, 326, 403
 PTF (productividad total de los factores), 28, 50, 134, 300, 372n
 PVE (Pacto Verde Europeo), 127, 213, 260, 436
 PwC (PriceWaterhouseCoopers), 342
ranking
 de países de la UE 333-334, 340, 344, 346, 350
 regional, 359, 361-362, 365, 368, 407, 409, 415-416, 419-420, 452, 476
 recursos
 agotamiento, 11-12, 19, 21, 25, 27, 29, 47, 51, 161, 195, 274, 292, 330, 402, 423, 458-459
 biológicos, 45, 203, 269n, 276
 cultivados, 64, 107
 naturales
 no renovables, 11-12, 19, 24, 27, 195, 313, 387
 renovables, 27
 no renovables, 20, 41, 139
 pesqueros, 25, 277, 358n

 Red Natura 2000, 290, 314n, 348, 349, 449, 456, 460
 REE (Red Eléctrica Española), 186
 REIG, Ernest, 319, 344, 416
 Reino Unido, 84, 132, 275
 RENDA, Andrea, 232
 renta por habitante, 39, 140, 148, 153, 172, 354, 383, 428, 437, 439, 455
 República Democrática Alemana. V. Alemania.
 República Francesa. V. Francia.
 requerimientos totales de materiales, 39, 147
 residuos
 biológicos, 202, 225, 240, 241g, 444
 de construcción y demolición, 225, 240, 242g
 electrónicos, 224, 239, 240g, 262
 eliminación de, 38, 41, 59, 132, 431, 442, 458
 flujos de, 65, 224, 269n
 generación de, 13, 194-195, 215, 218-219, 221-222, 231-232, 233g-235g, 236, 253n, 258, 261, 264, 442
 gestión de, 53, 60, 112, 221, 229, 269
 reciclables, 242, 246
 reciclados, 224, 227, 236, 240, 242, 251
 reciclaje de, 38, 60, 219, 223-225, 236, 239g-241g, 240
 riqueza
 global, 30, 48
 nacional, 26, 43, 47, 49, 51, 275, 353, 451, 458
 agregada, 48-49
 per cápita, 30, 48, 383, 385, 427, 454
 roca de fosfato, 291-292
 RODRÍGUEZ, María, 188
 ROMÁN, Rocío, 188
 Rumanía, 72, 164, 333, 338, 340-341, 350
 Rusia, 331

 SAGOFF, Mark, 36
 SALAMANCA, Jimena, 342, 390, 413, 417
 SÁNCHEZ, Antonio, 188
 Sankey, diagramas de, 52, 250-253, 252n-253n, 254f, 256, 256n, 257f, 258, 444-445, 460, 469f-471f
 SANTIAGO-ÁVILA, Francisco J., 283, 284c, 285-286, 315
 SANTOS, Fernando, 33
 SCHANDL, Heinz, 40, 62
 SCHMIDHEINY, Stephan, 126
 SCHREYER, Paul, 50, 300, 303n, 447
 SCHÜTZ, Helmut, 62
 SCN (sistema de cuentas nacionales), 13, 47, 272-273, 279n, 282n, 289, 300, 305
 Secretaría General de Turismo, 314
 SEEA
 Central Framework, 44, 272, 276n, 281, 358n, 447
 Ecosystem Accounting, 44, 46, 272, 276n, 279n
 SEN, Amartya, 12-13, 23, 25, 43, 273, 300, 447
 SEPPÄLÄ, Jyri, 42, 211
 SERRANO, Lorenzo, 309, 381n
 servicios
 culturales, 33
 de apoyo, 38
 de aprovisionamiento, 33-34
 de regulación, 33
 recreativos, 47, 279n, 282, 285n, 315, 354, 405

- SGAPC (Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación), 314
- siglo XXI, 39, 137, 146, 150, 153, 156, 160-161, 194, 327, 438
- SIIKAMÄKI, Juha, 283, 284c, 285-286, 315
- silvicultura, 69, 280. *V. t.* explotación forestal.
- Singapur, 48
- SINGHAL, Deepak, 201
- software*, 77, 305
- SOLER, Ángel, 309, 381n
- SOLOW, Robert M., 27, 50, 300n
- SOMMERVILLE, Matt, 134
- SORRELL, Steve, 133-134
- sostenibilidad
- ambiental. *V.* sostenibilidad medioambiental.
 - débil, 31, 204, 378, 380-381, 426-427, 454
 - del crecimiento económico, 21-22, 26, 52, 57, 271, 273, 380, 426, 431. *V. t.* sostenibilidad del desarrollo económico.
 - del desarrollo económico, 30, 36, 303, 378, 454. *V. t.* sostenibilidad del crecimiento económico
 - económica. *V.* sostenibilidad del crecimiento económico.
 - fuerte, 31, 204, 380, 426
 - medioambiental, 21-22, 25, 52-53, 193, 210, 212, 273
 - social, 22
- SOUCHIER, Martin, 50, 303n, 372n, 447
- SPANGENBERG, Joachim H., 204
- STEGER, Sören, 143
- STEINBERGER, Julia K., 136, 138, 148, 155
- STEINERT, Margrethe D., 265
- STEURER, Aton, 62
- STIGLITZ, Joseph E., 12-13, 25, 43, 273, 300, 447
- Sudeste Asiático, 40
- Suecia, 148, 161, 265, 333-334, 338, 350
- tasa
- de circularidad. *V.* tasa de uso circular de materiales.
 - de reciclaje, 219, 238
 - de residuos biológicos urbanos, 225
 - de residuos de envases por tipo de envase, 224, 237-238, 239g
 - de residuos electrónicos, 224, 239, 240g
 - de residuos urbanos, 223, 236, 237g
 - de residuos, excluyendo los principales residuos minerales, 224, 238g
 - de recuperación de residuos de construcción y demolición, 225, 242g, 444
 - de uso circular de materiales, 213, 226-227, 241-242, 243g, 246, 253, 258, 262
- tierras
- de cultivo, 30, 45, 158, 277, 286-287, 289, 310, 313-314, 316, 318g, 319-320, 323, 326 338, 341, 343g, 344, 345g, 350, 353-355, 386-387, 389m, 390, 392, 396, 400m, 402, 410, 410g-412g, 413, 414g, 415-416, 428, 448-450, 455-456
 - de pasto, 31, 45, 158, 160, 286-287, 310, 313-314, 316, 318g-319g, 319, 319n, 338, 344-345, 346g-347g, 353-355, 387, 389m, 390, 396, 400m, 402, 410g-412g, 413, 414g, 415-146, 428, 448-449, 455
 - de regadío, 121, 160, 287, 320, 320n, 323, 354, 416-417, 449. *V. t.* cultivo de regadío.
 - de secano, 320, 320n, 321g, 323, 325, 416-417, 449. *V. t.* cultivo de secano.
- TOBIN, James, 300
- tráfico aéreo, 62, 115, 154, 183, 207
- transporte
- aéreo. *V.* tráfico aéreo.
 - por carretera, 114, 183, 461
 - público, 192, 461
- TRIPATHY, Sushanta, 201
- TURNER, R. Kerry, 41, 195, 274
- ULGIATI, Sergio, 259
- UNEmadera (Unión Empresarial de la Madera y el Mueble de España), 316
- UNEP (Programa del medio ambiente de las Naciones Unidas), 48-50, 275,

- 290, 306, 308, 353, 372n, 374, 378,
383, 386, 426-427, 447, 450-451, 453
- UNEP-WCMC (Centro de Monitoreo de
la Conservación del Ambiente), 290
- UNESCO (Organización de las Naciones
Unidas para la Educación, la Ciencia
y la Cultura), 290
- University of Groningen, 193
- URIEL, Ezequiel, 14, 52, 300-301, 310,
475, 476n
- uso circular de materiales, 226, 242, 264.
V. *t.* tasa de uso circular de materiales.
- VAB (valor añadido bruto), 169-170, 183-
185, 188-189, 191, 228, 247, 262, 264,
440, 444
- VAIL, Peter, 283, 284c, 285-286, 315
- Valenciana, Comunitat, 359, 361-362,
365, 368, 371, 373, 378, 381, 383, 387,
392, 395-396, 407, 415-416, 420, 426-
427, 452-454
- VALLEJO, Roberto, 275
- valor
de la riqueza, 27, 374, 476
del suelo, 475-477
artificial, 48
urbano, 48, 300, 310, 310n, 374,
376, 451, 475-477
- valoración del capital natural, 13, 16, 31,
36, 47, 51, 54, 274, 276, 358n, 447
- VAN (valor actual neto), 47, 274, 283
- VAN DER VOET, Ester, 62
- vapor de agua, 63, 71, 73, 113
- vertederos controlados, 15, 64-65, 72,
106-107, 117, 120g, 250, 255, 258, 434
- vertidos, 60, 72, 117, 119-120, 124, 129,
197, 208-209
a las aguas, 72, 107, 119, 252, 255-256,
445
ilegales, 72
incontrolados, 65
- viajes aéreos. V. tráfico aéreo.
- viñedo, 287, 320n, 323, 325
- VUILLE, François, 172
- WCED (World Commission on
Environment and Development), 21,
202
- WDPA (World Database on Protected
Areas), 289-290, 289n-290n
- Wealth Accounts, 45, 275
- WEINZETTEL, Jan, 77
- WIEDENHOFER, Dominika, 142
- WILSON, Matthew A., 31
- WODON, Quentin, 13, 45, 48, 50, 274,
447
- wolframio, 292-293, 327
- XING, Ke, 196
- ZHANG, Wei, 34
- ZIPPERER, Vera, 46-50, 300, 303n, 308,
447
- ZOGRAFOS, Christos, 36

Nota sobre los autores

Dirección

Ernest Reig Martínez
(Universidad de Valencia e Ivie)

Ezequiel Uriel Jiménez
(Universidad de Valencia e Ivie)

Investigadores

Eva Benages Candau
(Universidad de Valencia e Ivie)

José Antonio Franco Vila
(Conselleria de Agricultura. Generalitat Valenciana)

Juan Carlos Robledo Domínguez
(Ivie)

Edición

Maricruz Ballesteros González
(Ivie)

Susana Sabater Millares
(Ivie)

Documentación

Belén Miravalles Pérez
(Ivie)

ERNEST REIG MARTÍNEZ es doctor en Ciencias Económicas por la Universidad de Valencia y catedrático de Economía Aplicada en dicha universidad (1987-2021). Profesor emérito de la Universidad de Valencia desde 2021 y profesor investigador del Ivie desde su fundación, sus campos de especialización son la economía regional y agraria, y el análisis microeconómico de la eficiencia y la productividad, en particular el cálculo de índices de sostenibilidad y de ecoeficiencia. Es autor y coautor de diversos libros e informes y ha publicado alrededor de cincuenta artículos en revistas especializadas. En 1997 la Societat Catalana d'Economia le concedió el VI Premi Catalunya d'Economia. Fue director general de Economía de la Generalitat Valenciana entre 1991 y 1995.

EZEQUIEL URIEL JIMÉNEZ es profesor emérito de la Universidad de Valencia y profesor investigador del Ivie. Ha sido profesor invitado en la Harvard School of Business en 1979, *visiting fellow* en la Universidad de Warwick durante el curso 1988-1989 y *visiting scholar* en la Universidad de Berkeley (2000-2001). Los campos de su especialización son el mercado de trabajo, los sistemas de información estadísticos, las cuentas nacionales, el análisis regional y las técnicas de predicción. Es autor de más de cien artículos en revistas especializadas y ha publicado más de sesenta libros, tanto propios como en colaboración, sobre métodos estadísticos y econométricos, análisis regional, sistemas de información estadística y mercado de trabajo.

EVA BENAGES CANDAU es licenciada en Economía por la Universidad de Valencia (Premio Extraordinario 2004 y Premio al Rendimiento Académico 2003-2004). En 2003 realizó un curso de posgrado de Especialización Profesional en Bolsas y Mercados Financieros, y en 2007 obtuvo la suficiencia investigadora por la Universidad de Valencia, con especialización en el área de integración y desarrollo económico. Forma parte del equipo técnico del Ivie desde 2003. Es profesora asociada de la Universidad de Valencia. Ha participado en más de treinta proyectos nacionales e internacionales (EU KLEMS, PREDICT, SPINTAN, etc.) y es coautora de numerosos libros, artículos e informes especializados. Sus campos de especialización son capitalización, productividad y estudios de impacto económico.

JOSÉ ANTONIO FRANCO VILA es licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Valencia (1983). Funcionario técnico de administración general de la Generalitat Valenciana, es jefe del Servicio de Estudios y Estadística Agraria de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica desde 1995. Ha colaborado con la Comisión Europea, Eurostat y FAO para la adopción y adaptación de la normativa estadística agraria europea en diversos países (Hungría, Rumania) y regiones del mundo (África).

JUAN CARLOS ROBLEDO DOMÍNGUEZ es licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Valencia (1993) y trabaja como técnico de investigación en el Ivie desde 1994. Sus campos de especialización son la capitalización, la productividad, el crecimiento, la economía regional y las nuevas tecnologías, en los que ha publicado numerosos trabajos. Ha participado también en varios proyectos financiados por la Unión Europea (EU KLEMS, DICTA, PREDICT, INDICSER y SPINTAN). Es coautor de diversos libros y artículos en revistas especializadas.

Alcanzar un modelo de desarrollo sostenible se ha convertido en la principal prioridad política a escala global como condición necesaria para mejorar el bienestar de la sociedad y la supervivencia del planeta a largo plazo. Este modelo de desarrollo requiere compatibilizar un crecimiento económico sostenido con la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. No obstante, las interacciones de las actividades económicas con el medio ambiente y sus efectos sobre el bienestar de la sociedad son ámbitos donde aún persisten importantes carencias de conocimiento, lo que dificulta soportar decisiones públicas y privadas robustas en favor de la sostenibilidad. Este libro viene a cubrir esta laguna de conocimiento, poniendo al alcance del lector un conjunto de nuevas herramientas propias del análisis económico que permiten profundizar en la relación entre economía y medio ambiente. Así, se desarrollan dos enfoques analíticos muy útiles para el monitoreo de la sostenibilidad: el análisis del flujo de materiales (AFM) y la economía circular, que proporcionan información sobre las presiones medioambientales que genera el sistema productivo, y la valoración monetaria del *stock* de capital natural, que permite disponer de medidas de riqueza nacional y del nivel de bienestar más precisas que el clásico producto interior bruto (PIB). Y lo más importante, ambos enfoques se implementan de manera concreta a los casos de España y sus diferentes comunidades autónomas, ofreciendo una imagen precisa y actual de la sostenibilidad en el ámbito nacional. Por todo lo anterior, este libro resulta imprescindible para el reciclaje de analistas económicos, técnicos y directivos de empresas y administraciones, así como de decisores políticos, en la medida que estos contenidos les orientarán para realizar con éxito los procesos de transición ecológica en su ámbito de competencias.

José A. Gómez-Limón Rodríguez

Catedrático del Departamento de
Economía Agraria, Finanzas y Contabilidad
Universidad de Córdoba

Una excelente contribución a la comprensión de las relaciones economía-naturaleza en nuestro país. A la vez que continúa y actualiza con rigor los esfuerzos previos de otros investigadores en el campo de la contabilidad de flujos de materiales, esta obra aporta de manera novedosa la primera estimación del llamado *stock* de capital natural de la economía española desagregado por comunidades autónomas. Todo ello da idea de la gran calidad de una aportación que integra de manera coherente la valiosa información física y monetaria disponible, y que será de obligada consulta para cualquier economista o responsable político que quiera gestionar de manera sostenible nuestros precarios, y también preciados, recursos naturales.

Óscar Carpintero Redondo

Catedrático de Economía Aplicada
Universidad de Valladolid



www.fbbva.es